

**Exemples d'intervention du CCFD avec des partenaires locaux**

Dans la région de Kayes à l'ouest du **Mali**, le CCFD accompagne une expérience d'appui à l'initiative de migrants qui vise depuis 1999 à développer les aménagements hydrauliques et les activités qui s'y rattachent comme le maraîchage et l'élevage. L'expertise des populations locales a été sollicitée pour le forage de nouveaux puits et la réalisation des abreuvoirs et d'un château d'eau. Les bénéficiaires ont été formés à l'exploitation des installations hydrauliques et à leur maintenance. La gestion des ressources en eau a fait l'objet d'un apprentissage collectif. L'irrigation de petits bassins maraîchers a été prise en main par les groupements féminins. L'organisation de voyages Sud - Sud avec le Sénégal et le reste du Mali a permis de faire connaître cette expérience. Il a été décidé de faire payer l'eau aux consommateurs de façon à constituer un budget de maintenance des ouvrages. Le surpâturage pose encore problème mais les responsables locaux avaient bon espoir de convaincre les éleveurs : la dynamique est créée.

A l'ouest du **Niger**, le CCFD aide un partenaire qui agit d'abord pour renforcer la sécurité alimentaire : nous aidons les agriculteurs à se former, à accéder aux intrants, à commercialiser leur production. Il a également des actions de reboisement et met en oeuvre des techniques de conservation des eaux de surface et de restauration des sols.

Le CCFD intervient au sud-est de la **Tunisie** pour lutter contre le dépérissement de l'oasis de Chenini. La réhabilitation est à la fois écologique et économique. Après une phase de lutte contre la pollution industrielle et la restauration des 1 000 ha de sols agricoles (compost issu du broyage des déchets des palmiers dattiers), les 1 800 paysans de l'oasis sont revenus à une agriculture plus traditionnelle en diminuant l'emploi des engrais et pesticides et en abandonnant la monoculture et ont introduit de nouvelles variétés d'animaux d'élevage. Acheminée par pompage mécanique aux canaux d'irrigation, l'eau est désormais payante pour économiser la consommation de cette ressource si rare en milieu désertique. Les acteurs associatifs locaux des oasis ont créé le Raddo, Réseau Associatif pour le Développement Durable des Oasis.

Sur les 6 millions d'habitants d'**Israël**, 1,2 million sont des palestiniens restés en Israël en 1948. Le partenaire du CCFD, Ahali Community Center essaie de rassembler les paysans palestiniens autour de problèmes communs (accès à l'eau, aux subventions et aux terres et absence d'autorisation d'élevage), afin de trouver des solutions collectives. À travers un soutien financier et la mise en place de structures communautaires, l'association tente de leur donner les moyens de faire respecter leurs droits. Cela passe notamment par l'instauration de comités locaux représentatifs. Ahali leur fournit également les conseils, les techniques, les outils et compétences nécessaires au développement de projets agricoles. De nombreux paysans sont aujourd'hui rassemblés en comités. Ahali les conseille et les guide également dans leurs actions de lobbying auprès des structures sociales et politiques du pays.

A **Haïti**, le CCFD intervient en partenariat avec l'ONG haïtienne Concert-Action par exemple pour construire des aménagements hydrauliques. Le manque de terres et la forte croissance démographique (2,8 % par an) font partie des graves problèmes qu'Haïti doit résoudre pour nourrir ses citoyens. Actuellement, chaque famille dispose de moins de moins d'un hectare sur lequel elle doit faire vivre en moyenne 7 personnes. Le mode de transmission de l'héritage (partage à égalité) renforce le morcellement des parcelles (de 1 à 1/2 hectare par famille) de génération en génération. Concert Action a été créé en 1997 par des agronomes et des médecins pour améliorer le niveau de vie des populations locales. L'ONG met en oeuvre des actions de reboisement en favorisant l'agroforesterie. Par exemple, la plantation de lots boisés pour faire les tuteurs dont l'igname a besoin. Elle assure la promotion de certaines cultures, comme le chou pommé, met en place de petites boutiques en réseau et améliore la fourniture d'une eau plus saine pour l'usage domestique. En réalité, tout se tient et il faut agir sur tous les facteurs qui bloquent le développement de la production agricole. Haïti souffre du manque de terres fertiles, d'engrais, d'eau. La pénurie contraint les paysans à pratiquer la culture sur brûlis.

En **Indonésie**, le partenaire du CCFD est l'association Lo Rejo/Cidelaras qui, par un programme de formation adéquat, propose le développement de modes de productions alternatifs à travers, par exemple, la culture intégrée et le mini crédit. Les paysans indonésiens ne disposent que de très

petites parcelles de terre. La moyenne est de 0,4 ha par famille. Pour faire vivre une famille de cinq personnes, il faut 0,5 ha de rizières inondables. Si l'on veut que les trois enfants de cette famille puissent aller à l'école, il faut alors 1 ha de terre. Comment défendre ces paysans ? Il faut absolument qu'ils puissent prendre le contrôle de leur outil de production : avoir accès à la terre et à l'eau, bien sûr, mais aussi protéger la biodiversité. L'ouverture des marchés résultant de l'OMC, ne font qu'empirer les choses.

Par exemple, le quota de riz importé, qui était jusqu'alors de 30 %, est maintenant libre. Le résultat est que le riz très subventionné de Thaïlande ou du Vietnam est désormais moins cher que celui produit en Indonésie et ruine les paysans.

### **Expérience d'assainissement (gestion des eaux usées domestiques) à KOULIKORO au MALI**

Koulikoro est une ville moyenne du Mali.

Dans le processus de décentralisation en cours au Mali, les communes sont appelées à prendre en charge la réalisation et la gestion des ouvrages d'assainissement avec des moyens financiers très réduits.

L'utilisation de l'urine et des excréta humains et le compostage des ordures ménagères ne datent pas d'aujourd'hui.

Le SETEG-Jardin, Système Ecologique de Traitement des Eaux Grises

Ce système assure la fonction d'un puits perdu conventionnel et permet d'utiliser les eaux grises, préalablement filtrées, pour irriguer un petit jardin interne. Il permet également de cultiver des plantes dans la maison sans avoir besoin d'arroser. La taille du SETEG-Jardin est fonction du nombre d'habitants, aussi plusieurs familles peuvent être connectées. Les plantes expérimentées sont : les papayes, les bananes et quelques légumes comme le gombo, le piment et le baobab (riche en vitamines, notamment les vitamines A et C).

Le SEFEG-Jardin, Système Ecologique de Filtrage des Eaux Grises

C'est un système de traitement des eaux grises par un filtre à gravier individuel en vue d'une réutilisation. Le système est conçu pour faire transiter les eaux grises, premièrement dans un bassin de décantation, et ensuite dans un système de filtre avec des couches de gravier, charbon et sable. Après traitement, l'eau passe dans un réservoir où elle est stockée et peut être utilisée pour l'arrosage des plantes et des arbres. La réutilisation des eaux grises permet surtout aux femmes de cultiver des légumes à la maison, source d'économie. Cette combinaison entre l'assainissement et la création d'un jardin a été réellement appréciée par les femmes.

Implication/impact sur les femmes

Avec le système des SETEG-Jardins, les eaux grises arrosent une petite surface dans la concession à travers des tuyaux perforés qui sont enterrés dans le sol. Son premier objectif est l'évacuation des eaux grises et l'amélioration du cadre de vie des familles. Pour faciliter l'évaporation des eaux grises, il a été conseillé de mettre des plants sur la surface. Ce sont surtout les femmes, qui ont trouvé un intérêt dans la plantation des légumes. Pratiquement tout le monde s'intéresse à un tel jardin, même les familles qui d'office n'ont pas de problèmes pour installer un puits perdu. C'est seulement au sein des concessions où les femmes avaient adhéré à un traitement des eaux grises et spécialement au SETEG-Jardin, que le système fonctionnait. En Afrique de l'Ouest, la femme rurale a toujours eu son petit jardin maraîcher, souvent situé non loin de la concession. Le SETEG-Jardin offre à la femme urbaine la même possibilité. Bénéfique pour les femmes ? Des légumes provenant de leur jardin (satisfaction morale) et économie sur le budget familial (satisfaction économique).

Un autre exemple est le groupement des femmes qui s'occupent du jardinage. Dans le cadre de la mise en place d'une stratégie de gestion intégrée des ordures ménagères, le groupement des femmes s'est intéressé à la collecte au niveau du quartier. L'équipe a appuyé ces femmes dans la phase d'identification d'activités économiquement viables, combinant leur activité première (jardinage) et la collecte des ordures. Le compostage est ressorti comme l'activité idéale. Si le groupement a connu une certaine réussite, celle-ci est à attribuer au fait que les femmes sont plus sédentaires (elles évoluent surtout dans leur quartier) et que l'aspect monétaire de ces activités féminines n'est pas aussi prononcé que chez les hommes.

<http://www.pseau.org>

### **Mude, ONG dominicaine**

L'une des clés du succès et de la durabilité du système d'approvisionnement en eau d'une communauté réside dans l'implication de tous les usagers, y compris les femmes.

Les divisions de genre déterminent qui contrôle et fixe les priorités des usages : agriculture, eau et assainissement domestique, énergie.

Allègement des tâches

L'accès à une eau potable sur la santé de la famille et la réduction du parcours de la corvée d'eau libèrent du temps que les femmes vont pouvoir consacrer à des activités économiques comme la culture de légumes et l'élevage. (*source pS-eau mai 2003*)

### **Vitry-Tombola ou une longue histoire de codéveloppement au Mali**

Comment et pourquoi Vitry-sur-Seine entretient une relation privilégiée avec ce grand pays de l'Afrique de l'Ouest. Des échanges qui prennent appui sur la communauté malienne vivant dans la cité du Val-de-Marne.

Nouga au Mali, regroupement de six villages de 6 000 habitants dont Tombola, région de Koulikoro, à 140 kilomètres de Bamako et proche de la Guinée,

Quinze ans de coopération entre Vitry (Val-de-Marne) et cette région du Mali. L'association, connue sous le nom de « Vitry-Tombola », réunit plus de quatre cents adhérents. Ici, il y a quinze ans, l'action sanitaire, l'eau potable, l'irrigation, les structures d'éducation n'existaient pas, obligeant les plus jeunes à l'exil.

Le centre de santé géré par un comité de villageois dispose de l'eau et de l'électricité grâce à l'énergie dispensée par des panneaux solaires.

Les forages, les pompes solaires, le château d'eau fournissent l'or bleu, le système d'irrigation de la plaine va permettre de cultiver 1 000 hectares de bonnes terres, le matériel venu de Vitry étant géré par la toute jeune coopérative agricole. « Nous avons doublé notre population », souligne le maire de Nouga.

Monique, enseignante du technique, spécialisée dans la culture maraîchère, apprend aux femmes du village à semer carottes, tomates et salades. « Tout pousse ici », dit-elle reprenant le proverbe malien « la terre n'a jamais dit non à personne » et concluant : « ce qui manque ce sont les semences ». Roland tente de convaincre les paysans que la faux est plus performante que la serpette. « Encore faudrait-il en avoir », soupire-t-il. À Guenikoro, un village proche de Bamako, Vitry vient d'inaugurer un château d'eau, des panneaux solaires, un centre de santé, une école, un moulin à moudre le mil et surtout un barrage permettant l'irrigation afin de développer la culture du riz. Le chef du village Diarrabo Diakuté constate que ces réalisations vont favoriser « le maintien au pays » des jeunes.

*Source l'Humanité 17/12/2005*

### **Tunisie : des petits barrages utiles à la recharge des nappes phréatiques (IRD, Juillet 2001)**

En Tunisie, la construction de centaines de petits barrages collinaires dans les années 1990 visait à contrôler les eaux de ruissellement pour éviter l'envasement des grands barrages hydrauliques et à fixer les populations rurales autour de ces points d'eau. Dans le cadre du programme Hydromed, des chercheurs de l'IRD (ex-ORSTOM), en partenariat avec l'Inrgref (Institut national de recherches en génie rural, eaux et forêts, Tunis), ont étudié le rôle de ces retenues collinaires dans la recharge des nappes phréatiques en aval. Il est apparu que l'eau s'infiltrait des lacs vers les nappes souterraines au niveau d'une couche de sable située dans les dépôts de sédiments. Ce résultat permettra aux autorités locales de choisir des emplacements adéquats pour les retenues d'eau destinées à recharger les nappes phréatiques.

En Tunisie, les pluies brutales et les sols sujets à l'érosion du fait d'une couverture végétale peu importante favorisent des crues, parfois catastrophiques, notamment dans les grands oueds du centre du pays. Des quantités importantes de sédiments se déposent alors dans les grands barrages,

réduisant leur durée de vie, dévastant et appauvrissant les terres des bassins versants. Dès 1990, le Tunisie a entrepris de développer un programme ambitieux de construction de petites retenues collinaires pour protéger ces aménagements, tout en mobilisant une ressource en eau utile aux populations locales. En 1993, un réseau d'étude et de surveillance de 27 lacs collinaires, situés en Tunisie centrale, a été créé pour constituer une base de données hydrologiques et un référentiel de leur évolution.

En 1996, le programme de recherche Hydromed, piloté par l'IRD (Institut de recherche pour le développement) et financé par l'Union européenne, a sélectionné plusieurs sites pilotes Maroc, Tunisie, Liban, Syrie. Des équipes pluridisciplinaires étudient l'évolution physique des bassins versants, la variabilité de la quantité d'eau disponible dans les lacs et les nappes souterraines (aquifères), la durée de vie des barrages en fonction de l'érosion en amont et des volumes de sédiments piégés, la qualité des eaux pour l'usage domestique et pour l'irrigation des cultures. Elles s'intéressent également aux effets sociaux et économiques de la création des ces lacs artificiels.

Parmi les 27 lacs tunisiens sous surveillance, cinq sites pilotes ont été choisis. L'un d'entre eux, le lac d'El Gouazine a été retenu car son bilan hydrologique annuel est déficitaire depuis le début de l'étude en 1993. La retenue est ainsi régulièrement à sec en juillet-août et se remplit en septembre.

Le volume de la retenue est lié à l'abondance des pluies et à leur durée et aux conditions de remplissage de l'année précédente. Le déficit hydrologique annuel est attribué aux fuites du lac dans la nappe phréatique. Pour expliquer ce phénomène, les chercheurs de l'IRD ont développé des approches géochimiques et géophysique et des observations pédologiques.

Des mesures de la profondeur de l'eau souterraine dans des puits situés en amont et en aval de la retenue a montré l'existence d'une nappe qui circule vers l'aval sous et à l'intérieur des sédiments du lac. En prenant en compte les volumes d'eau évaporée, précipitée et ruisselée, et des études de la composition isotopique des eaux, les chercheurs ont pu estimer les pertes de la retenue par infiltration. Ils ont ainsi observé un changement brutal dans le bilan hydrique de la nappe à la hauteur de 4,5m. Lorsque le niveau de l'eau est situé au-dessous de cette cote, le taux d'infiltration est compris entre 200 et 300 m<sup>3</sup> par jour. En dessous, le taux est compris entre 50 et 150 m<sup>3</sup> par jour. Des études pédologiques ont montré, à la hauteur de 4,5m la présence d'une zone sableuse reposant sur un lit de graviers et de cailloux. Cette zone de sable est formée par l'altération d'un affleurement de grès qui traverse les sédiments du réservoir depuis la rive gauche en amont jusqu'à la digue de retenue en aval. L'eau circule facilement dans le sable. C'est cette couche sableuse qui permet l'infiltration vers la nappe souterraine.

Les eaux des retenues collinaires sont utilisées localement pour l'irrigation, le bétail et les besoins domestiques. Malheureusement, elles subissent des pertes importantes dues à l'évaporation, ce qui n'est pas le cas des nappes phréatiques. De ce fait, les populations locales sont incitées à creuser des puits captant l'eau souterraine plutôt que d'utiliser l'eau des lacs artificiels. La construction de retenues favorables à l'infiltration et à la recharge en eau des réserves souterraines permet de préserver la ressource en eau dans les régions qui supportent des périodes de sécheresse importante. Lorsque les retenues d'eau sont destinées à recharger une nappe, les résultats de l'équipe de l'IRD mettent en évidence la nécessité de prévoir cet usage avant sa construction et de choisir son emplacement en fonction des conditions géologiques et pédologiques locales favorables.

### **L'eau souterraine localisée grâce à ses protons (ird.fr, novembre 2003)**

Une partie de l'eau douce est immobilisée dans les aquifères profonds. Dans le contexte des terrains qui les abritent, souvent accidentés et hétérogènes, le taux d'échec des forages implantés d'après les seules connaissances hydrogéologiques reste important. Les géophysiciens de l'IRD disposent aujourd'hui d'une méthode de caractérisation des aquifères : la résonance magnétique protonique ou RMP, qui permet de localiser précisément les nappes d'eau et d'appréhender l'organisation physique de la roche qui les entoure. L'intérêt de cette technique très fiable est sa capacité à détecter les paramètres liés uniquement à l'eau et non à l'ensemble eau-roche. Des essais ont été conduits dans différents contextes géologiques, dont celui tout à fait particulier du karst.

La Résonance Magnétique Protonique (RMP) est une technique géophysique qui repose sur le même principe physique que la Résonance Magnétique Nucléaire, largement utilisée par les chimistes, les

médecins et les pétroliers. Son application récente à la recherche d'eau en sous-sol permet de détecter la présence des nappes à partir de la surface du sol et de les localiser précisément en profondeur. Elle a montré son efficacité et sa fiabilité dans le contexte des terrains homogènes comme le sable et les argiles.

Le principe de la RMP repose sur l'analyse du signal de résonance des noyaux d'hydrogène (ou protons) contenus dans les molécules d'eau en réponse à un signal électromagnétique de fréquence donnée. Le signal d'impulsion est créé par la circulation, dans un câble disposé en boucle au sol, d'un courant très puissant, pouvant atteindre plusieurs centaines d'ampères et produit par une tension électrique de plusieurs milliers de volts.

L'intérêt majeur de cette méthode est sa fiabilité, car le signal provient directement et uniquement des molécules d'eau. L'interprétation hydrogéologique des signaux enregistrés est ainsi plus sûre qu'avec les outils classiques d'analyse géophysique des sols (mesure de la résistivité, méthodes électromagnétiques, sismiques...), pour lesquels les paramètres mesurés ne concernent pas directement l'eau souterraine mais l'ensemble du milieu poreux, c'est-à-dire l'eau plus la roche. La méthode de prospection par RMP vient ainsi compléter la gamme des outils mis à disposition des géophysiciens et des hydrogéologues pour améliorer la perception du milieu souterrain, localiser précisément les nappes d'eau, estimer leur potentiel hydrodynamique et appréhender l'organisation physique de la roche qui les entoure.

Des essais ont été réalisés dans des régions sahéniennes ou arides et en France (site du Lamalou, dans l'Hérault). Les recherches se poursuivent afin d'élargir le champ d'application de la RMP et l'étendre à différents contextes géologiques, tels les socles de granite altérés du Burkina Faso.

#### **Exemple d'action d'Enda au Sénégal**

Dans la banlieue de Dakar, à Fass-Mbao, des groupements de promotion féminine gèrent les bornes-fontaines. Une partie des recettes sert au maraîchage et à l'aviculture.

#### **Exemples d'Hydraulique sans frontières**

##### **Mauritanie**

Dans le village de Djadjjobiné (près de M'bout) qui compte 3 500 habitants, la faible pluviométrie (400 mm/an) est la cause des faibles rendements des cultures de sorgho et d'arachides. Un projet de barrage en béton de 70m de large et de 5m de haut barrant l'oued dans la zone collinaire permettrait de retenir l'eau qui serait utilisée pour prolonger les périodes de culture et étendre la surface des terres cultivées.

Dans la région des plateaux de Tagant, à Tachot el Khadra (45km de Tidjikja), le projet consiste à tripler la capacité de la retenue d'eau existante située à 500m d'altitude derrière une digue en terre de 600m de long et haute de 2,80m à son plus haut. La capacité passerait à 350 000 m<sup>3</sup> pour une surface immergée de 55 ha. L'eau bénéficierait à nombreux troupeaux et des cultures de décrue. L'enjeu est de sédentariser 1 000 personnes.

##### **Palestine**

Palestinian Hydrology Group (PHG) est une ONG créée en 1987 par deux ingénieurs agronomes palestiniens qui agit pour réhabiliter et développer les ressources en eau conventionnelles (optimisation de l'exploitation, réhabilitation de puits), collecter l'eau de pluie, collecter et traiter les eaux usées en milieu rural pour les réutiliser en agriculture, améliorer la distribution de l'eau en milieu rural, favoriser la participation des femmes et du public et conduire des programmes de sensibilisation pour les femmes, les étudiants et les agriculteurs.

Haïti, village de Boucan Lamarre (2 000 h) sur l'île de Gonâve

Association Soley Lokay. Groupement d'agriculteurs et de femmes. Arboriculture : papayes et noix de coco en 1998, avocatiers, orangers, caféiers... en 2002. Pompe électrique solaire.

Mali, village d'Endé, falaise de Bandiagara

Retenue d'eau de 133 000 m<sup>3</sup> sur 18ha. Arboriculture et cultures maraîchères.

#### **Exemple d'action d'Eau Vive**

Mali, village de Bancoumana, 8 000 h, à 60km à l'ouest de Bamako

6 puits maraîchers pour la riziculture en saison humide et les cultures maraîchères en saison sèche : tomates, oignons, choux, haricots, gombo, laitues, aubergines, concombres, bananes. Arrosage par arrosoirs et seaux.

### 1- Etude des aquifères

[www.unesco.org/water/wwap](http://www.unesco.org/water/wwap).

Le rapport final sera lui disponible en anglais en mars 2003, et dans les 6 langues officielles des Nations Unies fin 2003.

### 2- Base de données Aquastat de la FAO sur 90 pays en voie de développement

AQUASTAT (FAO's information System on Water and Agriculture [www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/](http://www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/))

Examen de l'utilisation de l'eau en agriculture par pays

Les processus précédents de collecte de données par l'intermédiaire d'AQUASTAT ont montré que les chiffres pour l'utilisation de l'eau en agriculture et sa productivité n'étaient pas toujours disponibles au niveau du pays. Si ces données existent, dans la plupart des cas elles ne sont pas très fiables. Cela est dû principalement à la complexité des méthodes d'évaluation et à l'impossibilité de mesurer directement l'eau prélevée pour l'agriculture. Etant parmi les indicateurs les plus cruciaux d'évaluation des progrès de l'utilisation de l'eau en agriculture, un examen de cette utilisation des pays est nécessaire afin d'améliorer la qualité globale du suivi des ressources mondiales en eau. Le principal objectif de cet examen est de fournir aux planificateurs et aux décideurs, ainsi qu'à la communauté scientifique internationale, un jeu de données contenant des informations fiables, calculées de façon uniforme et mutuellement comparables. La couverture spatiale des données consiste en 90 pays en développement et en transition. Dans cette étude, une approche fondée sur le bilan hydrique a été utilisée pour estimer l'utilisation actuelle et future de l'eau en agriculture pour 90 pays en développement, sur la base de la carte mondiale de l'irrigation et des jeux de données climatiques disponibles.

### 3- Site de sites <http://www.iehei.org/bibliotheque/eau.htm>

- WASTEWATER USE IN IRRIGATED AGRICULTURE Livelihood and Environmental Issues sous la direction de Christopher Scott, Naser I. Faruqui et Liqa Raschid CABI/IWMI/CRDI 2004, ISBN 1-55250-112-4, 240 p.

- Site <http://www.crdi.ca/eau/>

Le CRDI est une société d'État canadienne qui appuie les efforts des chercheurs des pays en développement pour les aider à créer des sociétés en meilleure santé, plus équitables et plus prospères.

- Site [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/docrep/007/y4683f/y4683f00.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/007/y4683f/y4683f00.htm)  
L'eau, l'agriculture et l'alimentation

Une contribution au Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau  
Voir particulièrement : chapitre 3 - L'utilisation de l'eau en agriculture

### 4- étude transverse des organismes de l'ONU

[http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/index\\_fr.shtml](http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/index_fr.shtml)

- Le WWAP est un programme des Nations Unies visant à développer les instruments et les techniques nécessaires à une meilleure compréhension de ces processus fondamentaux, des pratiques et des politiques de gestion qui contribueront à l'amélioration des réserves et de la qualité des ressources mondiales en eau douce.

- Le Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau (WWDR) constitue l'analyse la plus complète et la plus à jour sur l'état des ressources en eau. Présenté à la veille du troisième Forum mondial de l'eau (Kyoto, Japon, du 16 au 23 mars), il représente la plus importante contribution au Forum et à l'Année internationale de l'eau douce (<http://www.wateryear2003.org>), coordonnée par l'UNESCO et le Département des Affaires économiques et sociales des Nations Unies.

- extraits du rapport (résumé en 36 pages) :

<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556f.pdf>) : utilisation de l'eau à des fins agricoles  
Environ 70% de l'ensemble des ressources en eau disponibles sont utilisées pour l'irrigation.

La superficie des terres cultivées a augmenté de 12% depuis les années 1960 et atteint environ 1,5 milliard d'hectares.

Les prélèvements actuels utilisés pour l'irrigation représenteraient entre 2 000 et 2 555 km<sup>3</sup> d'eau/an. Pourcentage, en 1999, des terres irriguées par rapport aux terres potentiellement irrigables :

- Monde : 50% (au delà de 40%, il est difficile de privilégier l'eau plutôt que les autres usages)
- Afrique sub-saharienne : 13%
- Asie du Sud : plus de 85%

Les pâtures et les terres cultivées occupent 37% de la superficie totale de la Terre.

Les réserves d'eau souterraine (aquifères) stockent 98% de l'eau douce accessible, fournissent 20% de l'eau d'irrigation contre 50% de l'eau potable et 40% de la demande industrielle.

De mauvaises pratiques d'irrigation et de drainage ont engorgé ou salinisé environ 10% des terres irriguées en raison de mauvais drainages et d'irrigations mal conduites.

L'irrigation gâche 60% de l'eau d'irrigation.

Dans le top 10 des pays les plus pauvres en eau, un seul pays africain, la Libye avec 113m<sup>3</sup> d'eau par an par habitant.

Top 10 des pays les plus riches en eau : 2 pays africains, le Congo (275 679 m<sup>3</sup>) et le Gabon (133 333 m<sup>3</sup>).

Rappel du niveau en dessous duquel on est en stress hydrique : 1 700 m<sup>3</sup> par an par habitant.

Top 10 des plus mauvais élèves du classement des 122 pays selon la qualité de leur eau et la capacité à améliorer cette situation : Maroc, Soudan, Niger, Burkina Faso, Burundi, Rép. Centre Africaine et Rwanda. Seulement 3 pays sont non africains : Belgique, Inde et Jordanie.

50% de la population des pays en développement est exposée à des sources d'eau polluée.

Projection 2030 : 45 millions de nouveaux ha seront irrigués dans 93 pays en développement, avec un taux de 58% d'irrigation des terres potentiellement irrigables en Afrique du Nord mais 40% en Afrique sub-saharienne et une augmentation de 14% des volumes d'eau d'irrigation. Les techniques d'irrigation seront encore très gâcheuses en eau, le taux de perte d'eau ne se réduisant que de 60 à 56%.

Les eaux usées retraitées peuvent soulager la crise de l'eau agricole. Des fermiers utilisent déjà cette ressource pour 10% des terres irriguées dans les pays en développement. Après un traitement adapté, ces eaux peuvent améliorer la fertilité des sols.

Les zones irriguées totalisaient dans le monde de l'ordre de 253 millions d'hectares en 1995. D'ici à 2010, elles couvriront 290 millions d'hectares, et en 2025 environ 330 millions d'hectares (Shiklomanov, 1999).

## **5- FAO Food and Agriculture Organization**

- Situation des récoltes et des approvisionnements en Afrique sub-Saharienne en mai 2003

<http://www.fao.org/docrep/005/ac977e/ac977e00.htm>

Une évaluation de la situation actuelle en matière d'approvisionnement alimentaire en Afrique sub-saharienne, qui ressort les principales urgences alimentaires et qui attire l'attention vers les pays qui ont le plus besoin de soutien.

- Utilisation de l'eau par l'agriculture et conservation dans 9 grands bassins hydrologiques dont Niger, lac Tchad et Zambèze

<http://panda.org/downloads/freshwater/agwaterusefinalreport.pdf>

On peut calculer sommairement les besoins mondiaux en eau de la production alimentaire à partir des volumes d'eau spécifiques nécessaires pour produire la nourriture d'une personne. Selon la composition des repas et compte tenu des pertes après récolte, la consommation alimentaire moyenne de 2 800 kcal/personne/jour actuelle nécessite environ 1 000 m<sup>3</sup> d'eau par an pour sa production.

## **6- PNUE ou UNEP United Nations Environmental Program**

[www.unep.org/french/](http://www.unep.org/french/)

<http://www.unep.org/vitalwater/index.htm> : nombreuses cartes

## **7- Droit international**

<http://www.unesco.org/>

La Convention sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation a été adoptée par les Nations Unies en 1997. Fin 2005, elle avait été signée par 16 pays, et ratifiée par 9 autres.

### **8- sites de quelques ONG**

[www.eau-vive.org](http://www.eau-vive.org) ONG Eau vive  
[www.enda.sn](http://www.enda.sn) ONG sénégalaise  
[www.pseau.org](http://www.pseau.org) Programme Solidarité Eau  
[www.actioncontrelafaim.org](http://www.actioncontrelafaim.org) Action contre la Faim  
[www.solidarites.org](http://www.solidarites.org) Action contre la Faim  
[www.amisdelaterre.org](http://www.amisdelaterre.org) Les Amis de la Terre  
[www.hsf-h2o.org](http://www.hsf-h2o.org) Hydraulique sans frontières (Chambéry)  
[www.blueplanetproject.net](http://www.blueplanetproject.net) ONG canadienne  
[www.acme-eau.com/](http://www.acme-eau.com/) Association pour un Contrat Mondial de l'Eau  
[www.wateraid.org.uk](http://www.wateraid.org.uk) ONG britannique  
[www.phg.com](http://www.phg.com) ONG palestinienne

### **9- Quelques livres utiles**

Construction et aménagement de puits. L'exemple du Cambodge

Jérôme Rihouey

Véritable guide pratique, cet ouvrage passe en revue les différents types de points d'eau rencontrés au Cambodge et décrit précisément des techniques de construction et d'aménagement de puits, mises au point au Cambodge et réalisables localement. Les techniques présentées sont applicables dans de nombreux autres pays en développement. Très détaillé, ce guide pratique peut aussi être un excellent outil de formation. (Livre bilingue français/anglais.)

1998 Paris. Ed. GRET, coll. Études et travaux, Réf. : ETUD 13, ISBN 2-86844-089-4, 160 p, 13,75 €

Le coût et la rentabilité de l'eau solaire. L'exemple du Mali

Bernard Gay, avec la collaboration de Roland Louvel

Avec plus de 400 pompes solaires photovoltaïques installées, le Mali est l'un des pays africains les plus équipés en systèmes de pompage solaire. Cet ouvrage présente les résultats d'une analyse du coût de l'eau pompée à partir d'énergie solaire. Il rassemble les résultats de différentes études réalisées au Mali, avant et après la dévaluation. Le texte présente dans un premier temps les éléments déterminant le coût de l'eau, puis donne des ordres de grandeur de coût en fonction de différents modes d'utilisation de l'eau (usage domestique, élevage ou irrigation). Il présente les prix de vente de l'eau pratiqués dans diverses régions du Mali et définit, en fonction du marché solvable, le domaine d'utilisation des pompes photovoltaïques.

1999 Paris. Ed. pS-Eau, MAE-Coopération et Francophonie, coll. Études et travaux, Réf. : ETUD 18, ISBN 2-86844-104-1, 60 p, 7,6 €



Traité du 16/9/1994 de partage des eaux de l'**Okavango**

706,900 km<sup>2</sup>

Commission permanente Okavango River Basin Water (OKACOM)

3 pays riverains : Angola, Botswana, Namibie

Traité du 17/2/1983 de partage des eaux du **Limpopo**

414,800 km<sup>2</sup>

Comité technique permanent

3 pays riverains : Mozambique, République d'Afrique du Sud, Swaziland

Traités sur le fleuve **Sénégal** dont mars 1972

436,000 km<sup>2</sup>

En cas de conflit : Conciliation, médiation, par la Commission de Conciliation et de Médiation de l'OUA Organisation pour l'Unité Africaine, Court Internationale de Justice

4 pays riverains : Mali (35%), Mauritanie (50%), Sénégal (8%), Guinée (7%).

Le cadre législatif et réglementaire de l'OMVS (Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal) indique clairement à travers les conventions de base de 1972 et la charte des eaux du fleuve Sénégal signée en mai 2002 que la répartition des eaux du fleuve doit se faire entre les différents secteurs d'utilisation. Il n'y a pas un partage de la ressource entre les Etats riverains, allouant un certain volume d'eau à chaque Etat, mais plutôt entre les utilisations, selon les possibilités. Ces différentes utilisations sont l'agriculture, la pêche continentale, l'élevage de bétail, la pisciculture, la sylviculture, la faune et la flore, l'énergie hydroélectrique, l'alimentation en eau des populations urbaines et rurales, la santé, l'industrie, la navigation et l'environnement.

Traités du fleuve **Niger**

2,113,200 km<sup>2</sup>

10 pays riverains : Algeria, Benin, Burkina Faso, Cameroon, Chad, Cote D'Ivoire, Guinea, Mali (26%), Niger (24%), Nigeria (27%).

18/7/1990 : accord entre le Niger et le Nigeria pour l'utilisation des eaux

Traités du **Zambèze**

1,385,300 km<sup>2</sup>

28/5/1996 sur le partage des eaux entre 5 pays Botswana (1%), Mozambique (12%), Tanzania (2%), Zambia (42%), Zimbabwe (16%)

Ouvert aux autres pays (Angola 18%, Malawi 8%, Namibie 1%...)

Traités du **Nil**

3,038,100 km<sup>2</sup>

9 pays : Soudan 64%, Ethiopie 12%, Egypte 9%, Ouganda 8%, Tanzanie 4%, Kenya 2%, RDCongo, Burundi, Rwanda

1/7/1993 sur le cadre général du partage des eaux entre l'Egypte et l'Ethiopie

Traité du 14/9/1992 sur le fleuve **Orange** entre la République Sud Africaine et la Namibie

945,500 km<sup>2</sup>

4 pays riverains : Botswana 13%, Lesotho 2%, Namibie 25%, République Sud Africaine 60%

Traité du 21/1/1969 sur le fleuve **Cunene** entre le Portugal et la République Sud-Africaine

110,000 km<sup>2</sup>

2 pays riverains : Angola 87% et Namibie 13%

S.Africa paie au Portugal les kwh générés par le barrage, selon des ratios établis en paiement de % de volume d'eau.

Portugal reçoit 50% du flot (mesuré à Ruacana) pour irriguer l'Ovamboland, avec un maximum de 6m<sup>3</sup>/s. L'eau est délivrée gratuitement.

CNRS eau agricole (<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/>)

### **L'eau dans les plantes**

Les plantes sont essentiellement constituées d'eau, leur teneur en eau variant de 80 à 95 % de leur poids total. Elles puisent cette eau et les nutriments qui leur sont nécessaires dans les sols par l'intermédiaire de leurs racines dans lesquelles l'eau pénètre par un mécanisme hydrostatique. L'eau et les nutriments minéraux constituent ce que l'on appelle la sève. Mais, à la différence des animaux, les végétaux ne possèdent pas de pompe pour faire circuler cette sève : c'est la transpiration foliaire qui la fait monter le long des tiges, des racines jusqu'aux feuilles. Car sous l'action de la chaleur fournie par le rayonnement solaire, les feuilles des végétaux transpirent. Ce phénomène très important est appelé l'évapotranspiration.

Les plantes perdent beaucoup d'eau par évapotranspiration. Quant à l'eau restante, elle participe à la photosynthèse des substances organiques dont les plantes ont besoin pour se développer.

Comme la transpiration humaine, l'évapotranspiration permet de réguler la température des plantes. Mais surtout, elle suscite un nouvel apport d'eau de la part des racines, favorisant ainsi la circulation de la sève : ce phénomène d'aspiration est très puissant puisqu'il permet, couplé à des forces de cohésion qui tiennent la colonne d'eau, de faire monter l'eau jusqu'au sommet des plus grands arbres. L'évapotranspiration est aussi étroitement liée à la photosynthèse : l'eau transpire en effet à travers les pores microscopiques des feuilles, que l'on appelle des stomates, par lesquels circule en sens inverse le dioxyde de carbone de l'atmosphère utile à la photosynthèse. En revanche, l'évapotranspiration n'a pas, comme la transpiration chez l'homme, ce rôle fondamental de nettoyage de l'organisme.

L'évapotranspiration est une manifestation spécifique et essentielle du comportement végétal vis-à-vis de l'eau. Son intensité est telle, en effet, que les quantités d'eau stockées dans une plante et celles utilisées par son métabolisme sont infimes au regard de celles que la plante doit absorber du fait des pertes par transpiration. L'évapotranspiration régule donc, quasiment à elle seule, les besoins en eau des végétaux. Pour que leur développement soit convenable, ceux-ci doivent donc pouvoir combler leurs pertes en eau par évapotranspiration à l'aide des nouveaux apports en provenance du sol.

Le taux d'évapotranspiration est plus important sous les climats chauds et secs qu'en zones humides, mais les plantes sont capables de le réguler.

Lorsque l'humidité des sols est suffisante, les végétaux transpirent en relation directe avec la quantité d'énergie solaire qu'ils reçoivent. Les quantités transpirées sont alors assez voisines d'une espèce végétale à une autre, et d'autant plus importantes que la plante est en période de croissance. C'est donc à cette période de leur cycle que les plantes ont le plus besoin d'eau.

À l'inverse, lorsque les sols sont trop secs et que les plantes manquent d'eau, leurs stomates se ferment progressivement, limitant la transpiration foliaire. Mais cette fermeture des stomates limite aussi la photosynthèse, ralentissant d'autant la croissance de la plante. En cas de sécheresse temporaire, les plantes sont ainsi capables de réduire de moitié leur transpiration sans en pâtir. Pour survivre dans les zones arides, les végétaux développent d'autres stratégies d'adaptation, plus évoluées et très efficaces. Certains allongent leurs racines, qui peuvent atteindre jusqu'à plusieurs dizaines de mètres pour certains arbres. D'autres diminuent la surface de leurs feuilles, qui peuvent être réduites parfois à de simples épines, ou les recouvrent de poils fins, les épaississent... D'autres encore sont capables de stocker l'eau dans certains tissus.

Mais toutes ces stratégies de survie se font toujours au détriment de leur croissance. Pour croître et proliférer convenablement, les plantes ont besoin d'un apport régulier d'eau. Or, l'irrigation est dans bien des cas le seul moyen de le leur procurer.

### **Une nécessaire irrigation**

L'agriculture sans apport d'eau autre que celui des précipitations, dite agriculture " sous pluie ", est très contraignante, car le plus souvent la répartition des précipitations, dans l'espace et dans le temps, n'est guère avantageuse, surtout dans les régions ayant des régimes de pluie très contrastés. Elle limite le choix des cultures car dans une région donnée, seules les plantes adaptées à la répartition

annuelle des pluies peuvent être cultivées. Elle assujettit les agriculteurs, et donc les populations, aux aléas climatiques, une sécheresse inattendue pouvant ruiner les récoltes d'une l'année. Enfin, elle est impossible dans les régions arides.

Pour pallier ces inconvénients, le meilleur moyen que les hommes aient trouvé jusqu'ici a été d'humidifier artificiellement le sol, à l'aide de procédés divers : c'est ce que l'on appelle l'irrigation. L'irrigation fournit ainsi aux sols l'eau dont les cultures ont besoin. Ces besoins dépendent des conditions climatiques et de la nature des sols. Ils diffèrent aussi d'une espèce végétale à l'autre mais surtout, ils varient au cours du développement végétal pour être maximaux en période de croissance.

L'usage de l'irrigation présente de nombreux avantages. Il permet d'augmenter la superficie des surfaces cultivées, en particulier dans les zones arides, d'assurer parfois deux récoltes (ou plus) au lieu d'une seule dans l'année, notamment dans certaines zones tropicales humides, d'améliorer les rendements, et d'une façon générale d'intensifier et de stabiliser la production en se libérant des variations climatiques. Enfin, les techniques modernes d'irrigation permettent aussi dans le même temps de fertiliser les sols.

Mais l'irrigation ne va pas sans inconvénients.

Mal conduite, elle peut être néfaste pour les sols. Lorsqu'ils sont trop secs, l'infiltration de l'eau se fait mal et si l'apport est trop important, une grande partie de l'eau stagne ou ruisselle le long des pentes. En s'évaporant, l'eau stagnante laisse en dépôt les sels qu'elle contient, favorisant une salinisation des sols qui deviennent progressivement incultes et doivent être abandonnés ; c'est un phénomène que l'on observe surtout dans les régions arides et semi-arides. Quant au ruissellement de l'eau, il favorise l'érosion des sols, surtout lorsqu'ils sont secs. À l'inverse, des sols trop imbibés sont néfastes pour la plupart des végétaux dont ils asphyxient les racines. Les sols doivent donc être convenablement drainés afin de permettre à l'eau en excès de s'évacuer.

L'irrigation est aussi grande consommatrice d'eau. D'importantes quantités d'eau sont en effet nécessaires pour compenser les pertes des plantes et des sols par évapotranspiration. En outre une majeure partie de l'eau d'irrigation retourne directement dans l'atmosphère, où elle est momentanément perdue pour d'autres usages. Cela est d'autant plus vrai que plus une plante dispose d'eau, plus son évaporation est importante. Il existe cependant une limite à ce phénomène au-delà de laquelle un apport supplémentaire d'eau n'augmentera pas la transpiration végétale. Pour éviter d'utiliser trop d'eau, les quantités juste nécessaires aux cultures doivent donc être soigneusement estimées et l'irrigation contrôlée.

Quoi qu'il en soit, pour irriguer les champs, il faut de l'eau et beaucoup d'eau, une eau que les hommes doivent parfois aller chercher très loin.

### **Le détournement des eaux**

Les sociétés humaines ont de tout temps déployé des trésors d'imagination pour détourner de multiples manières l'eau nécessaire à leur culture et irriguer leurs champs.

Certaines méthodes se contentent de mobiliser les eaux de crues des rivières ou les eaux de pluie. Elles interviennent peu sur le cours des rivières et déplacent peu les eaux dans l'espace. Au bord de certains grands fleuves africains par exemple, les paysans cultivent les terrains susceptibles d'être légèrement inondés par les eaux grossies du fleuve à la saison des pluies, qu'ils ensemencent juste avant la montée des eaux. Très utilisée en Asie, mais également en Afrique, notamment pour la culture du riz, la construction de tout un réseau de petits canaux et de digues permet de récolter les eaux de crue des rivières, de les distribuer en contrôlant leur niveau dans chaque parcelle et de les y retenir. En Inde et au Brésil, se développe également l'usage de petites retenues d'eau, dites collinaires, édifiées en amont des vallées. Ces petits barrages en terre, de faible profondeur, récupèrent et stockent, pendant la saison des pluies, les eaux de ruissellement et les eaux de pluie, lesquelles peuvent ensuite être utilisées au profit des cultures.

D'autres méthodes cependant consistent à pratiquer de véritables détournements d'eau.

Le recours aux puits, notamment, permet de prélever toute l'année l'eau de certaines nappes souterraines, en d'autant plus grandes quantités que l'on sait aujourd'hui forer jusqu'à de grandes profondeurs et pomper l'eau mécaniquement.

Une autre pratique consiste à détourner l'eau des rivières, et à la transporter par canaux, parfois très loin de son lieu de prélèvement, jusqu'à des régions moins bien dotées où elle manque. Enfin, une technique qui s'est beaucoup développée au cours du XXe siècle est la construction, sur le cours des rivières, d'immenses barrages capables de stocker d'énormes réserves d'eau. De tels aménagements offrent un accès quasi permanent à l'eau.

Mais, si elles permettent de bénéficier toute l'année de grandes quantités d'eau, de telles pratiques ne vont pas sans présenter des inconvénients : ainsi, la multiplication de canaux et réservoirs en tout genre accroît-elle la perte d'eau par évaporation ; en outre, les grands barrages modifient les régimes hydrauliques, la qualité des eaux et les équilibres de la flore et de la faune des cours d'eau sur lesquels ils sont établis (voir le chapitre Dégradations).

### **De multiples systèmes d'irrigation**

Qu'elle soit récupérée par gravitation ou par pompage, l'eau d'irrigation doit être ensuite amenée aux différentes parcelles du périmètre à irriguer. Aujourd'hui, du plus archaïque au plus perfectionné, les systèmes d'irrigation sont légion.

Une technique traditionnelle consiste à utiliser un canal à ciel ouvert, qui apporte l'eau par gravité à tout un réseau de canaux de plus en plus petits, lesquels permettent de la distribuer à de nombreuses rigoles d'arrosage. L'eau en excédent est ensuite évacuée par un réseau de fossés collecteurs. Pour éviter les pertes par infiltration, les canaux en terre d'antan sont aujourd'hui souvent remplacés par des canaux pourvus d'un revêtement imperméable, ou encore par des canaux préfabriqués, étanches, et posés sur des supports afin de pouvoir facilement régler leur déclivité. Mais ces canaux, qui doivent suivre les pentes, forment un réseau souvent dense et complexe qui occupe les sols et gêne le travail agricole. Une autre technique a donc été développée qui consiste à utiliser des canalisations enterrées dans lesquelles l'eau est conduite aux rigoles sous basse pression.

L'arrosage proprement dit des parcelles peut ensuite se faire par ruissellement de l'eau sur les sols, par submersion du champ, ou encore par infiltration dans le proche sous-sol. Mais ces modes traditionnels d'irrigation présentent l'inconvénient majeur d'être très gourmands en eau, une eau dont plus de la moitié est perdue par évaporation.

Des techniques modernes d'irrigation, plus sophistiquées mais plus efficaces puisqu'elles permettent de diminuer la consommation d'eau, sont aujourd'hui mises en œuvre dans les pays les plus riches. Elles sont de deux types, le goutte-à-goutte et l'aspersion.

Dans son principe, **le goutte-à-goutte**, ou irrigation localisée, n'est en fait qu'une amélioration des techniques traditionnelles. Il consiste à apporter l'eau sous faible pression jusqu'aux racines de chacune des plantes et à la distribuer au compte-goutte, en surface ou en souterrain, à l'aide de petits tuyaux, posés sur le sol ou enterrés. Bien menée, cette technique permet de notablement diminuer la consommation d'eau : elle n'humidifie que la portion de sol située au voisinage immédiat des racines, et elle limite les pertes par évaporation, ruissellement ou infiltration profonde. Cependant, elle ne peut être utilisée que pour des cultures en ligne, telles les cultures maraîchères et fruitières, et elle nécessite l'usage d'une eau filtrée afin de ne pas obstruer les petits tubes par lesquels l'eau est distribuée.

L'irrigation **par aspersion** est différente dans son principe car elle n'utilise pas la gravité mais des canalisations enterrées où l'eau circule sous forte pression. Ces canalisations distribuent l'eau à des tuyaux mobiles qui alimentent des systèmes d'aspersion. Ceux-ci arrosent les parcelles, comme le ferait la pluie, en projetant l'eau sous pression au-dessus des plantations. L'eau retombe alors en une fine pluie artificielle sur les plantes. Comme le goutte à goutte, l'aspersion permet de grandement limiter la consommation d'eau. Cette forme d'irrigation est adaptée à toutes les configurations et natures de terrains, ainsi qu'à toutes les cultures, mise à part celle du riz pour lequel il n'y a pas de meilleur mode d'irrigation que la submersion.

Outre qu'elles permettent d'utiliser moins d'eau, ces techniques modernes permettent également d'utiliser une eau enrichie en produits fertilisants et pesticides. Elles peuvent aussi être automatisées, et pilotées à l'aide d'appareils de mesure de l'état d'humidité des sols, voire depuis peu de l'état hydrique des plantes, qui permettent de connaître avec précision à quel moment il est le plus judicieux d'arroser. En revanche, elles nécessitent une infrastructure qui coûte cher à mettre en œuvre ce qui en limite fortement l'usage, notamment dans les pays pauvres.

## Consommations agricoles

L'irrigation est utilisée depuis l'Antiquité. Mais depuis le début du XXe siècle, face à l'accroissement des besoins alimentaires résultant de l'augmentation de la population mondiale et grâce au développement de nouvelles techniques, son usage s'est considérablement accru, et la superficie des surfaces cultivées a beaucoup augmenté. Ainsi, la consommation mondiale d'eau agricole a-t-elle été multipliée par six entre 1900 et 1975.

La consommation d'eau agricole est très variable d'un pays à l'autre. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, les pays qui irriguent le plus ne sont pas les pays au climat aride ou semi-aride. Dans ces régions, en effet, il ne peut y avoir de culture sans irrigation. Aussi, toutes les surfaces cultivées sont-elles irriguées. Mais, comme il ne peut y avoir d'irrigation sans eau, les surfaces cultivées demeurent réduites en superficie, limitées par la faiblesse des ressources en eau, et localisées là où ces ressources sont disponibles. C'est le cas de pays comme l'Égypte par exemple où l'agriculture s'est développée sur les bords du Nil, ou de certains pays de l'Amérique Latine comme le Mexique.

À l'inverse, dans les régions qui reçoivent suffisamment d'eau de pluie, la superficie des terres cultivées peut être très importante, surtout si le relief le permet. Bien que l'irrigation n'y soit pas indispensable, elle est néanmoins utilisée, et ce d'autant plus facilement que l'eau est disponible, afin de diversifier et d'améliorer les cultures, d'obtenir des récoltes multiples, ou encore d'augmenter les rendements. Même si elle n'est pas systématique, l'irrigation peut donc être conséquente. C'est ce qu'il se passe au Japon, en Chine, en Inde et au Pakistan.

Des facteurs autres que la situation géographique interviennent également, qui doivent être pris en compte pour expliquer la répartition mondiale de l'irrigation. Par exemple, l'irrigation nécessitant des infrastructures parfois très onéreuses, la richesse des pays considérés est un élément important. Il explique notamment qu'en Afrique ou au Brésil l'irrigation soit moins développée.

En conséquence, les pays qui irriguent le plus sont ceux situés dans le sud-ouest asiatique, lesquels rassemblent plus de 60 % des terres irriguées de la planète, et certains pays du pourtour méditerranéen, comme l'Italie ou la Grèce.

Si l'on change d'échelle et que l'on regarde au niveau mondial, l'agriculture est aujourd'hui le secteur d'activité qui consomme le plus d'eau : les trois quarts de tout le volume d'eau consommé dans le monde sont en effet utilisés à des fins d'irrigation, ce qui est énorme. De surcroît, la majeure partie de toute cette eau est perdue par évaporation avant même d'avoir servi.

### Les teneurs en eau de différents végétaux

pomme de terre	79%
laitue	97%
tomate	93%

Quantité moyenne d'eau, exprimée en litres, nécessaire à la production d'un kilogramme de :

maïs ensilage*	238
banane	346
maïs grain couleur *	454
orge*	524
pomme de terre*	590
blé*	590
soja	900
riz pluvial	1 600
riz inondé	5 000
coton	5 263

\* en zones tempérées

Source <http://www.unesco.org/>

La Convention sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation a été adoptée par les Nations Unies en 1997.

Elle a été signée par 16 pays, et ratifiée par 9 autres.

Dante A. CAPONERA - Président du Conseil Exécutif de l'Association Internationale du Droit de l'eau

### Résumé

Le concept exprimé par les expressions de « cours d'eau internationaux », « partagés » ou « transfrontières » des eaux sont supérieures. L'expression peut se référer indifféremment aux eaux atmosphériques ou superficielles ou souterraines, qui sont partagées (donc transfrontières ou internationales) entre deux ou plusieurs États.

Il y a dans le monde plus de 240 bassins internationaux et un nombre indéterminé d'eaux souterraines dont les eaux sont partagées entre deux ou plusieurs États souverains. Toute interférence substantielle par un État sur les eaux de ces bassins ou aquifères va avoir des conséquences négatives dans les territoires d'un autre État situé à l'aval ou à l'amont.

Le Droit International des ressources en eau, en tant que partie du droit international, régleme les relations entre les États de ces ressources en eaux « partagées, communes, ou transfrontières ».

Un fleuve peut être « international » géographiquement ou juridiquement ; géographiquement s'il entre soit dans le territoire, soit entre les territoires de deux ou plusieurs États souverains ; juridiquement si un État cesse d'avoir tous les pouvoirs sur les eaux de ce fleuve. A l'origine, un fleuve international devait être navigable.

Selon l'article 38 des Statuts de la Cour Internationale de Justice qui est compétente pour résoudre les conflits entre États souverains, les sources du Droit International sont :

- (1)- Le droit conventionnel, international, ou le droit des traités ;
- (2)- Le droit coutumier international, ou la pratique des États ;
- (3)- Les principes généraux du droit comme reconnus par les nations civilisées ;
- (4)- Les décisions judiciaires ou le droit international jurisprudentiel ainsi que la doctrine développée par les internationalistes les plus qualifiés comme source subsidiaire.

La Commission du Droit International a terminé ses travaux de codification de l'utilisation des cours d'eaux internationaux à des fins autres que la navigation en Mai 1997, et les principes qu'elle contient sont devenus la loi.

### I.- Le concept des eaux internationales partagées ou transfrontières

Le concept exprimé par les mots ressources d'eau "internationales", "partagées" ou "transfrontières", est synonyme. L'expression peut renvoyer aux eaux partagées, atmosphériques, superficielles ou souterraines entre deux ou plusieurs États. Il existe dans le monde plus de 240 bassins fluviaux internationaux et un nombre indéterminé de cours d'eau partagés entre deux ou plusieurs États souverains. Toute interférence considérable dans les eaux de tels bassins ou cours d'eau, pourrait avoir des conséquences bénéfiques ou nuisibles sur le territoire d'un autre État d'amont ou d'aval. Le Droit International des ressources d'eau, en tant que partie du Droit International, régleme les relations entre les États en ce qui concerne l'utilisation des ressources d'eau "partagées", "communes" ou "transfrontières".

Le fleuve peut être considéré international du point de vue géographique et juridique. Au niveau géographique, si ce fleuve coule à travers ou entre les territoires d'États souverains. Au niveau juridique, si l'État perd tout contrôle sur les eaux de ce fleuve. A l'origine, le fleuve international doit être navigable.

Selon l'article 38 du Statut de la Cour Internationale de Justice qui arbitre les conflits entre les États souverains, les sources du Droit International sont les suivantes:

- (1)- Le Droit conventionnel International ou le Droit des traités.
- (2)- Le Droit Coutumier International ou la Pratique des États.
- (3)- Les principes généraux du Droit, reconnus par les nations civilisées.
- (4)- Les décisions judiciaires ou la Jurisprudence Internationale et les enseignements des publicistes les mieux qualifiés, en tant que source subsidiaire.

## II.- Les conventions et les traités internationaux

En la présence d'un ou de plusieurs traités, multilatéraux ou bilatéraux, les dispositions relatives à l'eau constituent la loi applicable par les signataires. Jadis, les fleuves étaient considérés "internationaux" s'ils sont "navigables". Ces fleuves pouvaient être alors successifs ou contigus selon qu'ils traversent ou séparent deux ou plusieurs États. Les préoccupations majeures étaient:

(1).La délimitation de la frontière dans le cas des fleuves contigus. Cela peut avoir lieu:

- Sur les rives, l'eau étant "res comunis omnium", c'est-à-dire commune à tous.
- Sur une seule rive, dans le cas où le fleuve appartient à un seul État.
- Sur la ligne médiane, c'est-à-dire la ligne imaginaire équidistante des deux rives, ou
- Sur le plus profond canal navigable.

(2).Le principe de la liberté de navigation sur ces fleuves. Bon nombre de traités bilatéraux concernant ces questions furent signés.

L'internationalisation des fleuves et des lacs partagés à des fins de navigation a été proclamée en 1815 au Congrès de Vienne, lors de la constitution de la commission du Rhin. L'Oder et le Niémen en 1818, l'Elbe en 1921 et la Weser en

Qualité de l'eau et santé publique. Aménagement hydraulique et modèle agricole : quelle option durable pour préserver l'eau ? ANNEXE 6

Extrait des exposés de Monsieur Claude Danglot, ACME au Forum Social Européen à Ivry et St-Denis les 14 et 15/11/2003

**Qualité des eaux** Il y a une directive européenne sur les pesticides et les xénobiotiques. Cette directive n'est pas respectée. Résultat : les pesticides qui créent des perturbateurs endocriniens polluent l'eau qui est captée et ensuite va alimenter les consommateurs Ce qui est grave c'est qu'aucun règlement n'impose de test toxicologique pour de nombreux produits chimiques couramment utilisés.

**La complexité de l'écosystème** empêche de tirer facilement des conclusions scientifiques quant à l'étude de l'eau. Il y a des causes multiples à la mauvaise qualité de l'eau. Les pays en voie de développement sont dans une situation qui n'a rien à voir avec celle des pays développés. Par exemple l'Afrique est confrontée aux diarrhées qui tuent les enfants et sont la plupart du temps causées par des pathogènes digestifs transmis par l'eau consommée. Aujourd'hui 1,4 milliard d'humains n'ont pas accès à l'eau potable. D'après l'UNESCO, ils seront 2,5 milliards en 2025. Près de 80 % des maladies affectant les Pays du Sud sont dues à la consommation d'eau polluée, et 4 millions d'enfants en meurent chaque année.

**Comment éliminer les bactéries, par le chlore ?** Non, le chlore ne tue pas toutes les bactéries. D'ailleurs est-ce une bonne idée de tuer toutes les bactéries ? Non. Faisons un peu de bactériologie. Il existe deux types de bactéries dans l'eau, les Gram+ généralement non pathogènes (sauf l'anthrax) et les Gram- le plus souvent pathogènes qui causent les maladies. Les Gram+ fabriquent des spores qui passent les barrières de chlore. Il faut le savoir, car un danger pernicieux nous guette, les bactéries à gènes résistant aux antibiotiques. Ces bactéries sont souvent des Gram+ non pathogènes. Quand une bactérie Gram- infecte une personne, elle peut se faire transmettre le gène de résistance aux antibiotiques par les bactéries Gram+ non pathogènes du tube digestif absorbée avec l'eau du robinet. C'est ce qui explique la baisse d'efficacité des antibiotiques constatée par les médecins et tout un chacun. Une mesure urgente et efficace serait de stériliser les eaux de rejet des hôpitaux et des eaux résiduaires d'élevage utilisant des antibiotiques.

Un virus, c'est très petit ( $10^{-17}$  g). Quand on filtre de l'eau, on obtient de l'eau « claire » qui contient par exemple 1mg/l de matière organique résiduelle. Le rapport des masses fait qu'il faut, en traitant l'eau par chloration, oxyder toute la matière organique avant d'espérer tuer le virus. Dans la pratique c'est très difficile car il faut atteindre la complétion totale de la réaction d'oxydation ce qui peut demander plusieurs heures. Ceci explique pourquoi l'eau du robinet transmet fréquemment les virus responsables des gastro-entérites virales (Norovirus et Rotavirus) comme l'admettait récemment le site internet du Ministère de la Santé.

**Filtres au charbon actif** L'eau de pluie en région polluée dissout les produits polluants de l'industrie (métaux lourds des cheminées d'usines), les sulfates et les pesticides qui se disséminent par le vent dans l'air et retombent avec la pluie, les gaz d'échappement des voitures des villes. Par ruissellement ces eaux rejoignent les nappes phréatiques et les rivières et les polluent. Pour potabiliser cette eau polluée il est nécessaire de la filtrer avec du **charbon actif** pour éliminer les micropolluants. La filtration sur charbon actif est une bonne méthode à condition de changer les filtres fréquemment car ils se saturent vite et deviennent un véritable nid où prolifèrent les bactéries. Le charbon actif élimine de plus les matières organiques dissoutes. Comment se fabrique le charbon actif ? C'est le même principe que du charbon de bois (traditionnellement, bois ou noix de coco se consumant sous une couche de terre en présence d'une faible concentration en oxygène)

**Les normes.** Les industriels de l'eau et des grandes entreprises surveillent de très près la fixation des normes et font du lobbying afin qu'elles ne soient pas contraignantes sinon leur application renchérirait leurs coûts et diminueraient leurs profits. Baisser les niveaux de ces normes est une très mauvaise idée car les règlements ont déjà de 10 à 20 ans de retard sur la sortie des nouveaux produits qui vont polluer l'eau. Il s'agirait plutôt de considérer les normes comme un minimum sous lequel il serait dangereux de descendre. La surveillance de l'application des normes par le contrôle est donc capitale. Contrôler systématiquement est coûteux et présente un faible intérêt sanitaire. En cas de contrôles régulièrement négatifs il est raisonnable d'espacer les contrôles, quitte à les augmenter dans le cas contraire.

**Comment potabiliser des eaux usées ?** Il faut d'abord assainir les eaux usées en les filtrant pour enlever les bactéries fécales des animaux et des hommes. L'eau claire obtenue doit alors être traitée



soit en la faisant bouillir 10 mn, soit en la traitant par des oxydants désinfectants comme le chlore ou le permanganate. Un procédé de filtration consiste à filtrer sur du sable par percolation, avec un bac contenant un compartiment inférieur et compartiment supérieur comme dans un percolateur à café. Un lit de pierres grossières situé dans le compartiment inférieur soutient le lit de sable filtrant. L'eau à filtrer, souvent chargée en ammoniac favorise le développement des algues vertes à la surface du sable qui devient alors le support d'un « filtre biologique ». L'eau claire débarrassée de la majeure partie de ses matières organiques est recueillie sous le filtre. Un autre système consiste en un gros bidon percé rempli de sable : L'eau usée est versée sur le sable l'eau claire recueillie à l'orifice situé en bas du bidon. Citons enfin la méthode très simple du Dr Colwell en Inde qui se sert de 2 saris dont le tissu est très fin, pour filtrer les bactéries les plus importantes et diminuer ainsi sensiblement le risque d'attraper le choléra. Les UV sont une méthode universelle mais qui n'est efficace que sur de l'eau sans particules en suspension qui stopperaient les UV et placeraient les bactéries à « l'ombre ». Mais le rayonnement étant rapidement arrêté, le traitement ne doit s'effectuer que sur de minces lames d'eau.

Schéma : eau usée bactériologiquement contaminée → filtre → eau claire → procédé de potabilisation et d'élimination des bactéries → eau saine.

### **Un village en pleine brousse. Une rivière polluée. Comment obtenir de l'eau pas trop dangereuse à boire ?**

D'abord capter l'eau de la rivière par une pompe. L'acheminer dans une cuve construite selon le principe vu ci-dessus. Ensuite deuxième pompe qui achemine l'eau claire dans le château d'eau du village construit avec la capacité requise pour alimenter correctement la population. Chloration dans le château d'eau. Système d'adduction vers les bornes fontaine du village voire dans quelques maisons et lieux sélectionnés comme la mairie, l'école... Précaution à prendre : déconnecter les 2 réseaux, car si l'un subit une contamination bactérienne ou est pollué par accident, l'autre ne sera pas contaminé.

**Le problème des puits.** Un puits est facilement pollué par les nitrates, source d'azote pouvant conduire à la formation de nitrites dangereux. Il faut curer le puits, ce qui élimine la cause de la pollution immédiate. Nos paysans ou nos grands-pères savent faire cela depuis longtemps. Certains puits au Cambodge ou au Bangladesh présentent des teneurs en arsenic. Cela dépend du taux d'arsenic. Il est moins dangereux de boire une eau contenant un peu d'arsenic qu'une eau polluée avec le virus de l'hépatite. Mais si le taux d'arsenic est élevé, il est très difficile de traiter, car il faudra un traitement chimique très complexe. Il n'y a que les ultra filtres qui arrêtent les virus. Ils sont extrêmement chers (150 €/l'un) et absolument impossibles à acheter par les pays en voie de développement. .

**Enseignement par qui ?** Par les associations.

**Efficacité des stations d'épuration ?** Pas 100%, en sortie, il reste des coliformes fécaux. Les stations d'épuration génèrent des boues difficiles à éliminer et qui ont été longtemps la source de contaminations par des métaux lourds et des parasites dans les champs où elles étaient épandues.

**Agriculture biologique, vraie bonne idée.** Le CIRAD vient de proposer un modèle extrêmement intéressant qui se base sur l'observation de la forêt tropicale. Cette méthode supprime presque entièrement labourage, pesticides et engrais, et ne diminue le rendement que de 30%. Reste à l'appliquer. Ne plus labourer permet de ne plus détruire systématiquement l'écosystème microbien du sol superficiel. A la place du labourage, il faut fendre la terre avec des couteaux rotatifs, semer les graines dans les fentes et refermer cette ouverture en utilisant un rouleau. La couverture végétale en place ne subit ainsi qu'une perturbation minimale. L'apport de nitrates n'est plus nécessaire car la couverture végétale comprend des graminées fixant l'azote atmosphérique et cédant de l'azote assimilable aux autres plantes. Pour réaliser une couverture végétale protectrice, il faut planter un minimum d'une dizaine de plantes sélectionnées qui vont fournir un tapis végétal de 5 à 10 cm de haut et vont créer un écosystème stable. Le sol étant occupé et la compétition biologique intense, les mauvaises herbes ne se développent pas et il n'y a plus besoin de pesticides. La couverture maintient également mieux l'humidité ce qui permet une irrigation avec beaucoup moins d'eau. Cette méthode a été développée au CIRAD par l'équipe de Lucien Séguy.

**Grey water, fausse bonne idée.** Récupérer de l'eau, par exemple de l'eau de pluie ou de rivière qui semble propre, pour l'utiliser pour nettoyer... sans la traiter est une assez mauvaise « bonne idée »

écologiste. Pourquoi ? Il faut savoir que la prolifération bactérienne y est très importante et que les eaux de ruissellement sont très souvent polluées par des métaux lourds et des hydrocarbures. C'est donc une eau dangereuse. Cette eau « grise » est par exemple utilisée à Paris pour nettoyer les caniveaux. Il faut dans ce cas 2 réseaux qui cohabitent sans jamais se rencontrer. Dans la pratique c'est très difficile. Il est arrivé dans le passé que les plombiers mélangent les 2 réseaux à Paris. Résultat, de nombreux morts par typhoïde.

**Irrigation.** La consommation d'eau est à 70 voire 80% le fait de l'agriculture qui irrigue. D'abord arrêtons le gâchis de produire des cultures gourmandes en eau dans des régions qui en manquent. Faire pousser du maïs sur les plateaux provençaux, du gazon à golf sur la Costa del Sol, des bananes dans le Golan est une hérésie du point de vue environnemental. Donner des farines animales ou du maïs pour alimenter le bétail également. Ensuite la méthode traditionnelle par tourniquets automatiques est efficace à seulement 40 à 60%. Mais ce n'est pas cher pour l'agriculteur. Dans le désert du Neguev, Israël pratique l'irrigation par goutte à goutte, méthode très adaptée pour ces régions arides dont l'efficacité avoisine les 90%. C'est un procédé écologique qui doit être développé partout où l'eau est rare.

Une bonne question à se poser : qui fixe le prix de l'eau agricole et combien coûte-t-elle ?

**Eau salée.** Trop pomper les nappes phréatiques en région côtière les salinise. Le sel est un danger pour la santé publique car il entraîne des maladies cardio-vasculaires. Exemple, lorsque les Israéliens produisent des tomates ou des melons en surexploitant les nappes phréatiques, et les Palestiniens obligés de consommer de l'eau légèrement salée sont victimes de maladies cardio-vasculaires.

**Du danger des tuyaux.** Acheminer l'eau dans des tuyaux pose un vrai problème si on ne prend pas certaines mesures. En effet, la prolifération bactérienne est favorisée par deux facteurs, la chaleur et la stagnation. Plus la section des tuyaux est faible, plus la stagnation est importante. Une solution pour reprendre l'exemple du village avec son château d'eau serait de faire une distribution discontinue. Il s'agirait de poser un robinet en sortie de château d'eau, de le laisser fermé à l'exception de certains horaires décidés par la collectivité villageoise. Ainsi, surtout si les tuyaux sont en PVC, le tuyau sèche rapidement et on élimine le risque de créer des bactéries.

**De l'absence de contrôle toxicologiques.** Par chromatographie, il a été relevé 30 000 composants chimiques dans l'eau des rivières françaises. Le problème est le même dans tous les pays. Seuls 10 000 composants sur 30 000 ont été identifiés. D'où proviennent les autres ? Pas forcément de pesticides et engrais que l'on ne connaîtrait pas, mais certainement des produits d'accompagnement qui sont non réglementés. On a chiffré à 3 000 par an le nombre de nouveaux produits mis sur le marché par l'agro business. Sans aucune vérification toxicologique. Certains pensent que c'est une cause de cancers via l'eau. Aucune étude n'a été menée et la relation de cause à effet n'a pas encore été apportée. Ce qui est très compliqué, c'est que les produits sont mutagènes à forte dose. L'eau bue contenant ces produits modifie l'ADN. Lorsque l'organisme est soumis à l'action de 25 produits cancérigènes différents simultanément, l'ADN mute car les effets mutagènes sont additifs même si chacun des toxiques est présent à une concentration inférieure aux normes. Il serait donc très urgent et important pour la santé publique de faire de l'épidémiologie, sachant que cela sera compliqué vu les causes multiples. Cependant c'est possible en isolant les causes et quand les causes ont un volume important. Ainsi, les déchetteries qui brûlent nos ordures produisent des fumées qui contiennent de la dioxine. On a observé près des déchetteries des augmentations de certains cancers. Le cancer du tube digestif est le cancer le plus fréquent. Et si la cause en était l'eau que l'on boit ? Jamais personne ne financera pareille recherche car c'est une question beaucoup trop politique.

**Comment dissuader les industriels et l'agriculture intensive de ne plus polluer ?** La taxe pollueur payeur ne suffit pas si elle n'est pas basée sur une formule exponentielle. Actuellement les industriels payent aux agences de bassin une sorte de taxe de droit de polluer. Ils payent mais continuent de polluer. En cas de pollution, l'amende est inférieure au coût de la dépollution. Certains écologistes militent en faveur d'une taxe exponentielle. Il s'agit de fixer pour la première pollution une taxe peu élevée et d'informer le pollueur que l'amende augmentera de façon exponentielle à chaque récurrence : deuxième pollution, taxe plus lourde, troisième pollution, taxe plus chère que le coût de dépollution, quatrième pollution, etc. Sauver quelques emplois ne justifie pas de détruire l'environnement.

**Réchauffement de la terre** L'eau plus chaude favorise le développement des bactéries. Toutes les

hypothèses passées ont été atteintes mais malheureusement toujours dans les fourchettes les plus pessimistes pour l'environnement. Il ne faudrait pas que l'on dépasse le seuil d'irréversibilité, comme l'inexorable perte des forêts primaires scandale écologique dénoncé par Nicolas Hulot.

**OGM ?** Les interdire totalement, non. Vérifier d'abord que les OGM ne vont pas nuire à l'environnement, oui. En effet, actuellement je travaille sur des OGM pour attaquer les résidus pétroliers des pollutions marines. Ce serait 100 fois plus efficace que les moyens connus. J'ai même prévu un système d'autodestruction des OGM après action. La recherche n'est pas encore complètement aboutie parce que toutes les vérifications indispensables ne sont pas terminées. Les OGM peuvent donc être utiles. Mais actuellement la fabrication des OGM, notamment des plantes comme le maïs, le soja, le colza ou le riz, c'est du bricolage génétique de bas niveau scientifique. Le laboratoire suisse Geigy a développé un riz transgénique avec de la vitamine A dont les asiatiques ont une carence. Bonne idée de départ. Mais après des tests concluants en laboratoire, il s'avère qu'en réel la quantité de vitamine A générée est plus faible que prévue : il faudrait une quantité de 3 kg de riz sec par jour par personne ! Pour rentabiliser les coûts de la recherche, Geigy commercialise toujours son riz avec l'argument de la vitamine A : c'est malhonnête.

## Water, an Essential Element for Life

Note Prepared by Pontifical Council for Justice and Peace

VATICAN CITY, MARCH 26, 2003

Here is the Note of the Pontifical Council for Justice and Peace, presented Saturday in the 3rd World Water Forum in Kyoto, Japan, entitled "Water, An Essential Element for Life."

### Introduction

Water is an essential element for life. Many people must confront daily the situation of an inadequate supply of safe water and the very serious resulting consequences. The intention of this paper is to present some of the human, social, economic, ethical and religious factors surrounding the issue of water.

The Holy See offers these reflections on some of the key issues in the agenda of the 3rd World Water Forum (Kyoto, 16th-23rd March 2003), in order to contribute its voice to the call for action to correct the dramatic situation concerning water. The human being is the centre of the concern expressed in this paper and the focus of its considerations.

The management of water and sanitation must address the needs of all, and particularly of persons living in poverty. Inadequate access to safe drinking water affects the well being of over one billion persons and more than twice that number have no adequate sanitation. This all too often is the cause of disease, unnecessary suffering, conflicts, poverty and even death. This situation is characterized by countless unacceptable injustices.

### I. A FAR-REACHING QUESTION

Water plays a central and critical role in all aspects of life – in the national environment, in our economies, in food security, in production, in politics. Water has indeed a special significance for the great religions.

The inadequacy in the supply and access to water has only recently taken centre stage in global reflection as a serious and threatening phenomenon. Communities and individuals can exist even for substantial periods without many essential goods. The human being, however, can survive only a few days without clean, safe drinking water.

Many people living in poverty, particularly in the developing countries, daily face enormous hardship because water supplies are neither sufficient nor safe. Women bear a disproportionate hardship. For water users living in poverty this is rapidly becoming an issue crucial for life and, in the broad sense of the concept, a right to life issue.

Water is a major factor in each of the three pillars of sustainable development – economic, social and environmental. In this framework, it is understood that water must meet the needs of the present population and those of future generations of all societies. This is not solely in the economic realm but in the sphere of integral human development. Water policy, to be sustainable, must promote the good of every person and of the whole person.

Water has a central place in the practices and beliefs of many religions of the world. This significance manifests itself differently in various religions and beliefs. Yet two particular qualities of water underlie its central place in religions: water is a primary building block of life, a creative force; water cleanses by washing away impurities, purifying objects for ritual use as well as making a person clean, externally and spiritually, ready to come into the presence of the focus of worship.

### II. THE WATER ISSUE: SOME ETHICAL CONSIDERATIONS

The principle water difficulty today is not one of absolute scarcity, but rather of distribution (1) and resources. Access and deprivation underlie most water decisions. Hence linkages between water policy and ethics increasingly emerge throughout the world.

Respect for life and the dignity of the human person must be the ultimate guiding norm for all development policy, including environmental policy (2). While never overlooking the need to protect our eco-systems, it is the critical or basic needs of humanity that must be operative in an appropriate prioritisation of water access. Powerful international interests, public and private, must adapt their agendas to serve human needs rather than dominate them.

The human person must be the central point of convergence of all issues pertaining to development, the environment and water. The centrality of the human person must thus be foremost in any consideration of the issues of water. The first priority of every country and the international community for sustainable water policy should be to provide access to safe water to those who are deprived of such access at present.

The earth and all that it contains are for the use of every human being and all peoples (3). This principle of the universal destination of the goods of creation confirms that people and countries, including future generations, have the right to fundamental access to those goods which are necessary for their development. Water is such a common good of humankind. This is the basis for cooperation toward a water policy that gives priority to persons living in poverty and those living in areas endowed with fewer resources (4). The few, with the means to control, cannot destroy or exhaust this resource, which is destined for the use of all.

People must become the "active subjects" of safe water policies. It is their creativity and capacity for innovation that makes people the driving force toward finding new solutions. It is the human being who has the ability to perceive the needs of others and satisfy them (5). Water management should be based on a participatory approach, involving users, planners and policy makers at all levels. Both men and women should be involved and have equal voice in managing water resources and sharing of the benefits that come from sustainable water use.

In a globalized world the water concerns of the poor become the concerns of all in a prospective of solidarity. This solidarity is a firm and persevering determination to commit oneself to the common good, to the good of all and of each individual. It presupposes the effort for a more just social order (6) and requires a preferential attention to the situation of the poor. The same duty of solidarity that rests on individuals exists also for nations: advanced nations have a very heavy obligation to help the developing people (7).

The principle of subsidiarity acknowledges that decisions and management responsibilities pertaining to water should take place at the lowest appropriate level. While the water issue is global in scope, it is at the local level where decisive action can best be taken. The engagement of communities at the grassroots level is key to the success of water programs.

### III. WATER: A SOCIAL GOOD

While vital to humanity, water has a strong social content. It is highly charged with symbolism and is one of the essentials of life. Among the important social characters of water is its role in human nourishment, health and sanitation as well as peace and conflict avoidance.

#### Water for Food and Rural Development

Agriculture represents a key sector in the economies of developing countries and cannot be sustained without sufficient water. In most of these countries agricultural activities are a major source of livelihood and an essential dimension of local social cohesion and culture. This activity is carried on by small farmers in rural areas, very often with huge constraints. However, it must be remembered that, in the end, the dominant use of water around the world will continue to be water for food security.

People living in rural areas, many times in poverty, can be driven by necessity to exploit beyond sustainable limits the little land they have at their disposal (8). Special training aimed at teaching them how to harmonise the cultivation of land with respect for water and other environmental needs should be encouraged. Where possible, cooperative efforts of water management and use should be encouraged.

Participation suffers when large portions of a population lack skills and knowledge to engage in the issue before them. It should not be overlooked, however, that often those lacking formal education possess traditional forms of knowledge that can be vital and decisive in addressing and solving the question of water. The special knowledge of indigenous people should be esteemed.

In the context of rural development, a shift is needed, however, in the emphasis from the traditional irrigation to other means that focus on the needs of the poor and their food insecurity. The challenges are to develop water-saving technologies and to structure incentives to encourage development.

Lands that have been damaged by waterlogging and salinization must be reclaimed through drainage programs. New irrigation development needs to be carried out with proper environmental impact assessment. Policies must be encouraged that develop sustainable irrigation and harness the wider potential of rainfed farming, incorporating water management for gardens and foods from common property resources.

#### Safe Drinking Water, Health and Sanitation

Three crucial concerns are present in the relationship between water and health: managing quantity constraints faced by water-poor countries and their impact on human activities; the maintenance of water quality in the face of growing demand; and the direct link between health and water as pertains to diseases.

Management of water quantity can be carried out by revising the allocation of water to different users. Better maintenance and repair of existing water systems can often significantly increase the water supply. Water conservation methods such as rainwater harvesting, fog condensation and underground dams should be studied for use where appropriate along with stabilization ponds for wastewater and treatment technology for the use of wastewater for irrigation.

Water shortages can be substantially overcome through further development and use of treated urban wastewater for use in agriculture. This has considerable potential and if carefully managed carries only very limited risks and associated difficulties.

The problem of maintaining and improving water quality is especially acute in the more urbanized areas, predominantly in developing countries. This is most often hampered by a failure to enforce pollution controls at the main point source and the inadequacy of sanitation systems and of garbage collection and disposal.

Most of the diseases that contaminate water come from animal or human waste and are communicable. These diseases have health effects that are heavily concentrated in the developing world, and within that context particularly among poor urban populations. Wastewater is often the medium through which these can affect humans.

Whether it relates to quantity, quality or disease, the trend away from centralized government agencies and towards empowering local governments and local communities to manage water supplies must be emphasised. This necessitates building community capacities, especially in the area of personnel, and the allocation of resources to the local level.

#### Peace and/or Conflict

Growing pressure due to increasing demand for water can be a source of conflict. When water is scarce, competition for limited supplies has led nations to see water as a matter of national or regional security. History provides ample evidence of competition and disputes over shared fresh water resources.

Identifying potential trouble areas does little good if there are no effective and recognized mechanisms for mitigating tensions. Existing international water law may be unable to handle the strains of ongoing and future problems. But some mechanisms for reducing the risks of such conflicts do in fact exist. These need renewed international support and should be applied more effectively and at an earlier stage of potential conflicts.

At the international level, conflicts tend to focus on shared river basins and transboundary waters, especially when combined with circumstances of low water availability. Tensions arise with increasing frequency over projects to dam or divert water by countries in a powerful position upstream from their neighbouring countries.

#### IV. WATER: AN ECONOMIC GOOD

Water has always been acknowledged for its role in production and thus in the economy. However, in recent years increased emphasis has been given to the economic value of water.

##### The Economics of Water

The economics of water is one of the most important aspects of water resource management that needs to be balanced with cultural and social concerns. The concept of treating water as an economic good is valid but the practice of doing so can be challenging.

The use of water for industry and energy are of great importance in terms of the amounts of water used, the cost of investments to provide the water and the economic significance of the resultant production. Every water policy must address the underlying economic issues.

The aim of treating water as an economic good should be to accord water its proper economic value and enable the water economy of the country to be integrated with the broader national economy. Policies relating to the economics of water should ensure optimum efficiency and the most beneficial use while meeting the required objects of social development and environmental sustainability. There are increasing instances, however, of the commercialisation of water and water services.

The most delicate and sensitive point in the consideration of water as an economic good is to ensure that a balance is maintained between ensuring that water for basic human needs is available to the poor and that, where it is used for production or other beneficial use, it is properly and appropriately valued.

##### Water and Energy

Hydroelectric power is an important source of clean energy. It provides approximately twenty percent of total electricity production worldwide and brings notable economic and environmental benefits. For poor mountainous regions it offers one of the few avenues for economic growth via electricity exports. However, too often in the past such projects have been accompanied by devastating environmental costs.

Policy discussion in this area has been dominated by big dams to the neglect of issues such as small-scale hydropower and water use for cooling in thermal power plants. While most of this water re-enters the water system, the significant change in temperature and in some cases quality, has serious environmental and resource implications. Dams still remain today one of the most contentious development issues for the water sector.

##### Private Sector Engagement and Privatisation

Water by its very nature cannot be treated as a mere commodity among other commodities. Catholic social thought has always stressed that the defence and preservation of certain common goods, such as the natural and human environments, cannot be safeguarded simply by market forces, since they touch on fundamental human needs which escape market logic (cf. Centesimus Annus, 40).

Water has traditionally been a State responsibility in most countries and viewed as a public good. Governments worldwide, for diverse political and social considerations, may indeed often provide large subsidies to insulate water users from the true cost of water provision. Being at the service of its citizens, the State is the steward of the people's resources which it must administer with a view to the common good.

At the same time, in the interest of achieving more efficient sustainable water services, private sector involvement in water management is growing. It has however proved to be extremely difficult to establish the right balance of public-private partnerships and serious errors have been committed. At times individual enterprises attained almost monopoly

powers over public goods. A prerequisite for effective privatisation is that it be set within a clear legislative framework which allows government to ensure that private interventions do in actual fact protect the public interest.

The debate today is not whether the private sector will be involved but how and to what extent it will be present as the actual provider of water services. In any formation of private sector involvement with the state, there must exist a general parity among the parties allowing for informed decisions and sound agreements. A core concern in private sector involvement in the water sector is to ensure that efforts to achieve a water service that is efficient and reliable do not cause undue negative effects for the poor and low-income families.

## V. WATER: AN ENVIRONMENTAL GOOD

The debate surrounding water has historically been largely confined to socio-economic issues. Today, in the context of sustainable management of water resources, the environmental aspect is coming to the forefront along with water's role in supporting ecosystem functioning and species.

This approach to water resources has focussed on sustainable use and on ensuring water utilization that is environmentally sound. A specific proposal to protect aquatic ecosystems and fresh water living resources has been put forward over the years reflecting the extreme threats that exist for many wetlands, rivers and lake ecosystems, deltas and other areas.

Systematic changes to policy approaches are now needed, moving away from a traditional supply-side technical focus to one in which environmental issues are seen as integral to water policies and practices. Policy goals and priorities have in some cases to be re-ordered with frequent use of Environmental Impact Assessments as determinants of decisions on water investments. There is, however, a lack of adequate human resources in this sector. This calls for planning and investments in human resource development.

### Environmentally Sound Sanitation

Conventional forms of centralised sanitation are coming under increasing criticism due to huge operating and maintenance costs but more importantly their high water consumption and the groundwater pollution that can result. Further these types of wastewater and sewage disposal systems usually deprive agriculture, and consequently food production, of valuable nutrients. An alternative approach towards ecologically and environmentally sound sanitation is offered by a concept referred to as "ecological sanitation". This takes the principle of environmental sanitation further in that their focus is keeping the environment clean and safe and preventing pollution. It includes wastewater treatment and disposal and disease prevention activities. It is an approach premised on recycling principles with a key objective of promoting a new philosophy of dealing with what has been regarded as waste.

### Disaster Mitigation and Risk Management

A people centred pro-poor policy on water management must address the question of water related hazards such as floods, droughts, desertification, tropical storms, erosion and various kinds of pollution. Many so called natural disasters are in fact man made in their roots, due to inadequate attention to the environment and the consequences of human actions or indeed inaction. Once again, it is the poor who suffer most when they are exposed to such dangers. But everyone's security is at risk.

More can be done in the areas of monitoring and forecasting of extreme events especially through more efficient early warning system and technical cooperation between poor and more developed countries in devising planning strategies and setting up appropriate infrastructures. Climate variability and change are now recognized as being an essential dimension of such evaluation.

Efforts of humanitarian assistance in response to disasters relating to water must identify the faults which gave rise to such occurrences and ensure that they do not recur. Post disaster reconstruction is not a question of reconstructing the past, but of building for a safer and more ecologically sustainable future.

## VI. OTHER ISSUES IMPACTING WATER SUPPLY



The water that exists today would be enough to meet human needs if it were equitably distributed throughout the world (9). Since it is not, there arise situations of scarcity; some due to natural causes and others due to a range of human activities.

#### Population

World population has continued to grow throughout history. While the human demand for fresh water has risen steadily, since 1940 the global water withdrawals have risen even faster than the rate of population growth (10). It is correct to deduce that more people need more water. However, to attribute to population growth a disproportional role misrepresents the true picture. The principal cause in increased demand is not in itself the mere growth of population but the disproportionate and unsustainable use of water for production and consumption by populations in developed countries.

The ever growing concentration of a very high percentage of the world's population in large urban areas, especially in mega-cities, is going to propose new challenges for water and sanitation management, which will seriously impact the short-term and long-term local demand for water.

#### Politics

Water is a political issue. There is little today that cannot be achieved technically. What is needed is political effectiveness, political will and effective governance.

The political arena is where decisions of water utilisation will take place. The solution to water problems requires the interaction of many spheres and sectors. This interaction must take account of the objectives of safe drinking water, sanitation and food security for all. Politics must ensure proper interaction, through setting correct priorities and the equitable allocation of resources, as well as through fostering interaction between institutions and the engagement and support of local communities, who are the most directly affected.

Political will and effective follow through is required for successful action in the water sector. The long-term viability of a country's water supply infrastructure depends on leadership and vision of political leaders, at national and local levels and their capacity to get things done.

New legislation and institutional changes will be needed in many countries to form the framework within which the politics of water supply can be realised. A larger portion of the national budget may need to be directed to the water sector. Political leaders are crucial in generating genuine political support and vision in order to provide the motivation for such changes.

Often the institutional structure of the water sector at government level and the water portfolio is moved about between different ministries and many times is the result of political uncertainty and a lack of political responsibility.

The international political arena must be given its proper role in seeking and formulating global strategies to address water issues. The issue of water cuts across so many areas relating to sustainable development and poses considerable challenges to politics at the international level. Action-orientated responses to the challenges is what the people of the world await.

#### A Right to Water

A major achievement of recent history has been the ability to elaborate, within the framework of the United Nations, a network of international instruments formally identifying and proclaiming a broad spectrum of universally recognized human rights. Although access to water is a precondition to many of these rights, "clean drinking water" is explicitly mentioned only in the Convention on the Rights of the Child (11). It is however to be found in some regional human rights documents and national Constitutions.

Sufficient and safe drinking water is a precondition for the realization of other human rights. It is argued that water was so fundamental a resource that, just as a right to air was not identified, water was not explicitly mentioned at the time the fundamental human rights documents were drawn up but was understood as a given which the drafters implicitly

included. Furthermore, several of the explicit rights protected by conventions and agreements, such as rights to food, clothing, housing and medical care and necessary social services (12), cannot be attained or guaranteed without also guaranteeing access to clean water.

There is a growing movement to formally adopt a human right to water. The dignity of the human person mandates its acknowledgement, along with the sound and logical argumentation found in the concept of implicit inclusion. Water is an essential commodity for life. Without water life is threatened, with the result being death. The right to water is thus an inalienable right.

The challenge remains as to how such a right to water would be realized and enforced at the local, national and international levels. Just as, for example, the acknowledgement of the right to food has not eliminated hunger, the promotion of the right to water is a first step and needs careful implementation thought to arrive to the desired goal of access to safe drinking water for all. A right to adequate and safe drinking water should be interpreted in a manner fully consistent with human dignity and not in a narrow way, by mere reference to volumetric quantities and technologies or by viewing water primarily as an economic good.

#### Poverty

Poverty is the most important factor related to the sustainable provision of basic water and sanitation services. The unavailability of basic services is a primary measure of poverty and poverty is the primary obstacle in the effective provision of basic services. Water scarcity has more dramatic effects for the poor than for the wealthy. The cost of even minimal basic water services is so high that the poor may never be able to afford them.

Sustainable water policies will not be attained in areas which are impoverished in many other aspects. Poor services are a symptom of something fundamental. Authorities are unable to provide the institutional framework and the infrastructures to regulate the sector. Development at the institutional level is needed whereby the priority of water is clearly identified. The authority and responsibility to enable services to operate efficiently must be provided. This will require structures for environmental and economic regulation.

The water services in many developing countries are however still plainly inadequate in providing safe water supplies. This situation is so dramatic that it will not be overcome without increased development assistance and focused private investment from abroad. Funds released through debt relief could well be utilized in improving water services. Country partnerships can provide a method of institutional building and reform whereby a long-term link can be formed between the water sector of a developed country and that of a developing country. International poverty reduction strategies should focus explicitly on the water needs of the poorest populations.

National and local financial support for the water sector must also increase. Where subsidies are necessary, and they will be necessary, they should carefully target poor and families living in poverty rather than being applied generally. Following consultation at the community level, policies on water and related public health and environmental sectors need to be revised and where lacking established. After such policy change there is need to create or revise the body of laws impacting water that will effectively obtain and allocate the necessary supply of it.

Poverty is about people and their ability to realize their God-given potential. The poor show extraordinary creativity in seeking means of survival in the absence of adequate services. This creativity is a resource which should not be overlooked in working together to build up sustainable communities and avoid the creation of dependence.

#### Conclusion

Water is an essential element for life. Right throughout human history water has been looked on as something intertwined with humankind. Human beings live alongside water and are nourished by water. It is a source of beauty, wonder and relaxation and refreshment. Our very contact with nature has a deep restorative power. It is no accident that people chose places associated with water for the holidays, in order to renew and regenerate themselves. Water has an aesthetic value.

In the Judeo-Christian Holy Book, God is presented as the source of living water beside which the just man can find life. Because the Bible was written in a part of the world where

water is scarce, it is not surprising that water features significantly in the lives of the people. Due to the scarceness of water in the lands of the Scripture, rainfall and an abundance of water was seen as a sign of God's favour and goodness.

Water is a primary building block of life. Without water there is no life, yet water, despite its creative role, can destroy. The Bible opens precisely with the image of the divine spirit hovering over the water at the creation of the universe. In the accounts of creation contained in the first two chapters of the Bible, it is from the midst of the waters that dry land is made to appear, while living reptiles and rich life forms are made to swarm the waters. It is also water that moistens the earth for other forms of life to appear.

The separation of the elements permits them to interact in a positive sense, recognizing the intrinsic value of each. Disorder and confusion among the elements provokes a return to the primeval chaos. Humankind is thus called to live in harmony with creation and to respect its integrity. Conservation of water is good because it provides for future generations that fundamental good which nourishes and allows us to protect such a source of power beauty and many other nice things.

None of the issues presented here is done in isolation. Only in a true holistic approach can the human being confront the challenges set forward in addressing the issue of water. The Holy See's contribution is presented with the conviction of the central role of the human being in caring for the environment and its constitutive elements. Only when humankind respects the integrity of creation, in conformity to God's providential plan, will we reach a true appreciation of the significance of water in creation and for humankind.

---

1 Selborne, Lord, *The Ethics of Freshwater Use: A Survey*, COMSET Sub-Commission on the Ethics of Fresh Water, p. 5.

2 Cf. Pope John Paul II, *Message for the Celebration of World Day of Peace Peace with God the Creator, Peace with all Creation*, 1 January 1990, §7.

3 Cf. Second Vatican Ecumenical Council, *Pastoral Constitution on the Church in the Modern World*, *Gaudium et spes*, § 69.

4 Cf. Pope John Paul II, *Encyclical Letter Sollicitudo rei socialis*, §45.

5 Pope John Paul II, *Encyclical Letter Centesimus Annus*, §32.

6 Cf. Pope John Paul II, *Encyclical Letter Sollicitudo rei socialis*, §38-40 and Second Vatican Ecumenical Council *Gaudium et spes*, §100.

7 Second Vatican Ecumenical Council, *Gaudium et spes*, §86.

8 Cf. Pope John Paul II, *Message for the World Day of Peace 1999 Respect for Human Rights the Secret of true Peace*, §10.

9 PriceWaterHouse Coopers, *Water: A World Financial Issue*, March, 2001, p. 10.

10 United Nations, Department for Policy Coordination and Sustainable Development, *Critical Trends: Global Change and Sustainable Development*, 1997, p. 45.

11 In Article 24 of the Convention on the Rights of the Child, it is explicitly mentioned that States Parties have the obligation to provide "clean drinking water" to implement the Right of the Child "to the enjoyment of the highest attainable standard of health".

12 cf. Universal Declaration of Human Rights, art.25.

[Original text: English]

**L'eau est la priorité des priorités** pour le directeur général de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

La question de l'eau reste la principale priorité des Nations Unies, l'Afrique en a désormais pris conscience avec le premier sommet extraordinaire de l'Union africaine sur l'eau et l'agriculture qui s'est tenu fin février 2004 à Syrte en Libye..

Interview par Afrik de Jacques Diouf, directeur général de la FAO (17 février 2004), extraits

J'ai été interviewé à l'occasion du sommet mondial de l'alimentation en 1996. On m'a demandé quelles étaient mes trois priorités. J'ai répondu : « Première priorité l'eau, deuxième priorité l'eau, troisième priorité l'eau ». Et le répète aujourd'hui. L'eau conditionne la vie.

Il y a de l'eau en Afrique, mais nous ne la maîtrisons pas. Le continent utilise à peine 1,6 % de ses réserves disponibles en eau pour l'irrigation, contre 14% en Asie. Le résultat est que l'Afrique n'a que 7% des ses terres arables irriguées, contre 40% en Asie. Et on tombe à 3%, si on enlève le Maroc, le Soudan, l'Egypte, l'Afrique du Sud et Madagascar sur les 53 pays.

Nous (la FAO ndlr) agissons concrètement à travers les micros projets (10 000 dollars en moyenne chacun, ndlr Afrik). Nous en avons à l'heure actuelle plus de 1 450 dans 125 pays. Nous avons aussi des programmes plus importants appelés Programmes spéciaux de sécurité alimentaire. Ils sont en cours dans plus de 100 pays, pour un coût de 540 millions de dollars. Ils portent sur les petits projets de maîtrise de l'eau dans les villages, mais aussi sur des activités d'encouragement à la productivité pour les cultures ou la conservation et le stockage des produits. L'aviculture est notre priorité dans le domaine animal. Nous agissons également dans le domaine de la pêche et de l'aquaculture. Par ailleurs, nous opérons des transferts de technologies à travers une coopération sud/sud.

Source [www.cemagref.fr](http://www.cemagref.fr)

### **Un système multi-agents**

Le partage de l'eau peut devenir source de conflits entre les utilisateurs. L'agriculture, les usages domestiques mais aussi l'industrie et les centrales utilisent la ressource en eau qu'il faut gérer. Le partage de l'eau devient enjeu de négociation. En France, la loi sur l'eau de 1992 a démarré un processus amenant plus de coordination au niveau local. Ses principes visent à mettre en œuvre une gestion négociée de la ressource en eau.

Des travaux sur la négociation du partage de l'eau sont actuellement engagés. Ils se basent sur des études menées au Sénégal pendant 4 ans et se poursuivent sur des applications en France.

*Un périmètre irrigué : c'est un réseau de canalisations qui transporte de l'eau depuis une source jusqu'à des parcelles agricoles en vue de productions agricoles.*

### **L'irrigation, moteur de l'agriculture ?**

Dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal, l'irrigation s'est rapidement développée à partir du milieu des années 70. Elle s'appuie sur des aménagements particuliers appelés périmètres irrigués. Typiquement, un périmètre irrigué est constitué d'une station de pompage qui prélève de l'eau dans le fleuve ou dans l'un de ses défluent (ou bras). L'eau est acheminée vers les parcelles agricoles par un réseau de canalisations. Ces parcelles produisent du riz, aliment de base des Sénégalais. Chaque composante du périmètre est mise en œuvre ou gérée par un paysan ou un groupe de paysans à qui elle est attribuée. Chacun développe ses activités selon des règles spécifiques et en fonction d'objectifs qui lui sont propres.

Cependant, la plupart des aménagements ont été réhabilités une ou plusieurs fois. Ils ne remplissent pas toutes les attentes. Les infrastructures se dégradent, les paysans s'endettent, l'accès au crédit est bloqué, la consommation d'eau est élevée et les rendements sont faibles... Ceci pose la question de la viabilité des systèmes irrigués. La réponse pourrait se trouver dans le système de coordination entre les paysans.

*Un système irrigué correspond à l'exploitation du périmètre irrigué par des agriculteurs pratiquant des échanges entre eux et avec leur environnement.*

### **Le terrain pour modèle**

Une méthode spécifique a été développée afin d'étudier ces modes de coordination avec des scénarios intégrant contexte social et questions hydrauliques. Un modèle a été construit à partir d'enquêtes sur le terrain alternant avec des phases de modélisation et de simulation. 5 périmètres irrigués situés autour de Podor ont été choisis. Ils représentent la variété de tous les types de périmètres existants dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Une cinquantaine de personnes a été interrogée afin de couvrir la diversité des règles collectives et des comportements individuels. Ces phases sur le terrain ont conduit aux hypothèses de modélisation et aux scénarios de simulation.

### **Le monde virtuel au service de la négociation**

Les paysans de la vallée du fleuve Sénégal ont des objectifs de production variés : rendement net élevé, alimentation de la famille... Ils se réunissent également pour gérer les éléments en commun du périmètre.

Le système est complexe et des méthodes issues de l'intelligence artificielle ont été utilisées pour l'aborder.

C'est pour cela, qu'un système multi-agents a été développé. Il s'agit d'un système informatique qui constitue un monde virtuel pour représenter un système irrigué. Son originalité est de combiner hydraulique et échanges sociaux. Il intègre dans une même représentation les dynamiques de l'aménagement hydraulique et de la société.

La démarche employée est celle d'une modélisation d'accompagnement de la recherche pour mieux comprendre les processus en jeu. Un simulateur " SHADOC ", a été mis au point. Il permet de choisir

des scénarios de règles et de les simuler. Ce sont ces scénarios qui permettent de tester les différentes hypothèses de règles collectives et de comportements individuels.

**Jouer pour négocier**

Pour présenter le contenu du modèle, celui-ci a été traduit sous forme de jeu de rôles avec des cartes. Les paysans y ont joué dans les villages et l'ont apprécié comme outil d'animation et d'aide à la coordination.

Il s'agit maintenant d'aller au bout de la démarche au Sénégal par la diffusion de cet outil et d'un modèle amélioré correspondant.