

Agricultures

*Impact
sanitaire
& nutritionnel
des hydro-
aménagements
en Afrique*



Prix au numéro :
18 € pays du Nord
9 € pays du Sud



Revue co-éditée en partenariat, dans le cadre des programmes de l'Université de réseaux d'expression française, par l'Aupelf-Uref (Agence universitaire de la Francophonie) et les éditions John Libbey Eurotext.

John Libbey Eurotext Limited
127, av. de la République
92120 Montrouge, France
Tél. : (33) 01 46 73 06 60
Fax : (33) 01 40 84 09 99
e-mail : chantal.delooz@jle.com
http://www.john-libbey-eurotext.fr

Directeur de la publication
Gilles Cahn

Rédacteurs en chef
Jean Semal (Gembloux)
Didier Spire (Versailles)

Comité de rédaction
A.J. Akakpo (Dakar); T. Ameziane El Hassani (Rabat); M. Delattre-Gasquet (Paris); F. Delpuech (Montpellier); C. Férault (Paris); P. Feuilloley (Montpellier); F. Guessous (Rabat); J.-L. Guillaumet (Paris); J. Hardouin (Gembloux); L.-M. Houdebine (Jouy-en-Josas); P. Janin (Paris); R. Lannoye (Bruxelles); M. Larbier (Paris); R. Léssel (Paris); D. Petitclerc (Lennoxville); C. Raichon (Versailles); F. Rapilly (Chaville); M. Robert (Versailles); C. Silvy (Montpellier)

Comité scientifique
Présidents d'honneur
L. Malassis (Montpellier)
A. Conesa (Montpellier)
Président
Gérard Gherzi (Montpellier)

M. Allaya (Montpellier); J.-M. Barbier (Montpellier); M.-F. Chevalier (Paris); F. Challot (Montpellier); J.-P. Chauveau (Montpellier); S. Dautrebande (Gembloux); G. Debailleul (Laval); J.-P. Deffontaines (Versailles); P.E.H. Diop (Dakar); A. Dewaele (Liège); M.M. Fassi-Fehri (Rabat); M. Griffon (Montpellier); J.-P. Guyot (Montpellier); M. Hamze (Beyrouth); E. Landais (Paris); G. Lemaire (Lusignan); P. Lhoste (Montpellier); J. Mamy (Versailles); M. Mazoyer (Paris); J.-L. Notheguem (Montpellier); E. Picart (Orsay); J. Pichot (Montpellier); A. Ruellan; H. Saint-Macary (Montpellier); A. Sasson (Paris); M. Sedrati (Rabat); A. Sere (Dakar); D. Thé Tuan (Hanoi)

Membres correspondants
A. Abdelguerfi (Alger); A. Adoum Doutoum (N'Djamena); Z. Bouznad (Alger); A. Charrier (Montpellier); G. Devauchelle (Saint Christol-Les-Alès); M. Diouf (Niamey); M. Fall (Thiès); B. Jean (Rimouski); M. Kahungu (Lubumbashi); A. Kalonji-Mbuyi (Kinshasa); A.O. Limane (Nouakchott); F. Maïaïsse (Gembloux); K.B. Me (Yamaussoukko); J. Meunier (Montpellier); S. Ndembou (Yaoundé); A.M. Osman (Rédouit); S. Ouattar (Rabat); E. Persoons (Louvain-La-Neuve); J. Rondeux (Gembloux); L.L. Sawadogo (Ouagadougou); T. Tran Thuong (Can Tho); A.S. Traoré (Ouagadougou)

Éditorial

- 5 Les Cahiers Agricultures entre deux palindromes**
Jean Semal et Didier Spire

Impact sanitaire et nutritionnel des hydro-aménagements en Afrique

Cultures irriguées, santé, nutrition, productions

- 9 Irrigation, santé et sécurité alimentaire en Afrique : quels liens ?**
G. Parent, J.-N. Poda, N.-M. Zagré, R. de Plaen, G. Courade

Cultures irriguées et santé

- 17 Riziculture de bas-fond, autonomie des femmes et paludisme dans le Nord de la Côte d'Ivoire**
R. de Plaen, R. Geneau
- 23 Rôle des paramètres de conception, de gestion et de maintenance des périmètres irrigués dans la transmission et la lutte contre la bilharziose au Maroc central**
H. Laamrani, E. Boelee

- 31 Développement du maraîchage autour des eaux de barrage à Ouagadougou : quels sont les risques sanitaires à prendre en compte ?**
G. Cissé, M. Kientga, B. Ouédraogo, M. Tanner

- 39 Le lagunage à laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) à Ouagadougou : une alternative pour l'épuration des eaux usées destinées à l'irrigation**
D. Koné, G. Cissé, C. Seigneur, C. Holliger

Cultures irriguées et nutrition

- 45 Impacts économiques, alimentaires et nutritionnels des projets de développement agricole : le cas du projet d'irrigation du Loukkos au Maroc**
S. Benjelloun, B.L. Rogers, M. Berrada
- 51 Les grands hydro-aménagements au Burkina Faso contribuent-ils à l'amélioration des situations nutritionnelles des enfants ?**
G. Parent, N.-M. Zagré, A. Ouédraogo, T.R. Guigembé

Cultures irriguées et productions

- 59 La riziculture irriguée en Afrique sahélienne : rompre avec le pessimisme**
C. Rigourd, I. Hermiteau, A. Nepveu de Villemarceau, A. Vidal
- 65 Performances des systèmes rizicoles irrigués sahéliens**
J.-C. Poussin, P. Boivin

Cultures irriguées, santé et productions

- 75 Bénéfices économiques d'un investissement en santé au Mali**
M. Audibert, J.-F. Étard

- 81 L'agriculture sur Internet dans les pays francophones**

- 82 Nouvelles des réseaux**

- 83 Brèves**

- 90 Compte rendu de colloque**

- 92 Analyses d'ouvrages**

Cahiers *Agricultures*

Dessins

Corlet, Imprimeur, S.A.

Couverture

Twice Daily
d'après photos de
Gérard Parent

Abonnements

ATEI
3, av. Pierre-Kerautret
93100 Romainville, France
Tél.: (33) 01 48 40 86 86
Fax: (33) 01 48 40 07 31

CORLET, IMPRIMEUR, S.A.

Z.I. route de Vire
14110 Condé-sur-Noireau
N° 56933

Les *Cahiers Agricultures* sont référencés dans les bases Agris, Resagri, Agritrop, Pascal, Orchis, CAB (Commonwealth Agricultural Bureaux).

ISSN : 1166-7699
Commission paritaire 73752 GB
Bimestriel (6 numéros par an)

Copyright © « Les Cahiers d'Études et de Recherches Francophones/Agricultures ». Tous droits de reproduction par tous procédés réservés pour tous pays.

Index des annonceurs

John Libbey Eurotext: 2^e de couv., p.16, 44, 58, 74.

Bulletin d'abonnement: 3^e de couv.

Instructions aux auteurs: p.30

Numéro édité en collaboration avec le comité scientifique du colloque « Eau/Santé Ouaga 2000 », sous la coordination de Gérard Parent

Secrétaire de rédaction

Chantal Delooz-Karageorgiadès

Secrétariat

Giuditta Barrière

A collaboré à ce numéro:

Pauline Ridel

Editorial

- 5 *Cahiers Agricultures* in between two palindromes**
Jean Semal et Didier Spire

Health and nutritional impacts of water development projects in Africa

Irrigated crops, health, nutrition, productions

- 9 Irrigation, health and food safety in Africa: How are they linked?**
G. Parent, J.-N. Poda, N.-M. Zagré, R. de Plaen, G. Courade

Irrigated crops and health

- 17 Lowland rice cultivation, women's autonomy and malaria in Northern Côte d'Ivoire**
R. de Plaen, Robert Geneau
- 23 The role of irrigation design and water management parameters in the ecology of transmission and control of schistosomiasis in central Morocco**
H. Laamrani, E. Boelee
- 31 Health risks of urban development around small dams in Ouagadougou**
G. Cissé, M. Kientga, B. Ouédraogo, M. Tanner
- 39 Wastewater treatment by a water-lettuce pond-based system (*Pistia stratiotes*) in Ouagadougou for irrigation water reuse**
D. Koné, G. Cissé, C. Seigniez, C. Holliger

Irrigated crops and nutrition

- 45 Economic, dietary and nutritional impacts of agricultural development projects: the case of the Lukkos irrigation project in Morocco**
S. Benjelloun, B.L. Rogers, M. Berrada
- 51 Are large-scale water facilities in Burkina Faso helping to improve child nutrition?**
G. Parent, N.-M. Zagré, André Ouédraogo, T.R. Guigembé

Irrigated crops and productions

- 59 Irrigated rice in Sahelian Africa: challenging pessimism**
C. Rigourd, I. Hermiteau, A. Nepveu de Villemarceau, A. Vidal
- 65 Performances of irrigated rice cropping systems in the Sahel**
J.-C. Poussin, P. Boivin

Irrigated crops, health and productions

- 75 Economic benefits of a health investment in Mali**
M. Audibert, J.-F. Étard
- 81 Agriculture on Internet**
- 82 Network News**
- 83 Short Communications**
- 90 Colloquium Review**
- 92 Book Review**

Les Cahiers Agricultures entre deux palindromes

Jean Semal, Didier Spire

Jean Semal, Didier Spire

Rédacteurs en chef

Les Cahiers Agricultures furent conçus en 1991 sous l'égide de l'Aupelf-Uref (devenue depuis, Agence universitaire de la Francophonie) et le premier numéro vit le jour en mars-avril 1992, de sorte que 2002 marque le dixième anniversaire de la publication. Incidemment, 1991 et 2002 représentent deux palindromes chronologiques, situation rarissime puisque le précédent palindrome remonte à 1881 et le suivant est attendu en 2112.

Au cours de la décennie écoulée, soixante numéros de la revue auront irrigué le monde francophone. Portée par l'intérêt des chercheurs, des étudiants, des agronomes et des acteurs de terrain, nourrie de manuscrits de qualité, guidée par un comité scientifique clairvoyant présidé successivement par Louis Malassis, Alfred Conesa et Gérard Ghersi, la revue fut aussi encadrée par un comité de rédaction rigoureux, aidée par des relecteurs compétents et bénéficiant d'une parfaite interaction entre « la rédaction », l'éditeur et le secrétariat de rédaction.

La mission emblématique des Cahiers Agricultures – à savoir créer une revue scientifique en langue française – aura été menée à bien dans un contexte difficile d'anglicisation forcenée. Originale par son souci d'assistance à l'écriture, par sa médiation entre laboratoire et terrain, entre concepts et applications, elle le fut également par sa volonté d'ouverture linguistique et par son pluralisme d'expression reflétant la diversité des situations et des opinions.

Depuis 1992, bien des changements sont intervenus qui ont ébranlé le monde de l'édition scientifique et technique en langue française. Par ailleurs, la Francophonie institutionnelle s'est dotée de nouvelles structures au sein de laquelle

l'Agence universitaire occupe une place de choix, tournée comme il se doit vers l'avenir.

Quelques points focaux emblématiques

Dès le numéro 1 des Cahiers Agricultures se dessinent la future structure et les lignes directrices de la revue. Dans l'éditorial, Didier Spire brosse à grand traits les caractéristiques des agricultures multidimensionnelles et annonce la philosophie rédactionnelle du périodique qui sera résolument multi- et transdisciplinaire. L'agronome du futur « doit tout à la fois garder les pieds fermement sur la glèbe et chercher de nouvelles solutions, la tête dans les étoiles ».

Et l'auteur de poursuivre : « Il nous faut être de toutes les utopies sans perdre le sens de la réalité », et encore : « Les recherches agronomiques et leurs applications restent par essence complexes et diversifiées et sont réalisées grâce à la juxtaposition d'activités de chercheurs aux méthodes et aux curiosités éminemment diverses [...] Agricultures s'exprimera en français, parce que les sciences agronomiques et vétérinaires, comme toute autre science, sont partie intégrante de la culture et que la langue est l'expression de la culture. On ne pense bien que ce que l'on est capable d'exprimer sans difficulté. » Et de citer à ce propos le philosophe Michel Serres.

Le sommaire du numéro 1 d'Agricultures illustre la prise en compte des systèmes agraires dans leur globalité. Jacques Meynard (Inra, Paris) et Geneviève David (Ina, Paris) traitent de méthodes

de l'élaboration du rendement des cultures tandis que Michel Robert (Inra, Versailles) analyse les différents aspects du sol en tant que ressource naturelle à préserver pour la production et l'environnement. Incidemment, cet article a suscité un nombre particulièrement élevé de demandes de tirés à part, témoignant de l'impact de la revue dès son premier numéro. Le pouvoir lactogène d'extraits de plantes iraniennes est étudié par Hourri Sepheri, de l'université de Téhéran, et deux chercheurs de l'Inra de Jouy-en-Josas, Guy Kahn et Louis-Marie Houdebine. Ce dernier nom reviendra souvent tout au long de la décennie de parution de la revue en tant que compositeur de très nombreuses brèves. Un article intitulé *Valeur nutritionnelle des protéines et de l'amidon dans deux variétés de riz étuvé* est dû à Pierre Besançon, Jocelyne Vallet et Jean-Max Rouaner, de l'université de Montpellier II. Ensuite, une contribution de Medaht Ali (université Ain Shams du Caire), Bouzid Nasraoui (École supérieure d'agriculture du Kef, en Tunisie), Philippe Lepoivre et Jean Semal (de la faculté des sciences agronomiques de Gembloux, Belgique) qui traite de la chémo-protection indirecte contre les agents phytopathogènes, illustre la participation de divers pays de la Francophonie.

Plus loin, Étienne Landais, de l'Inra-Sad de Versailles, présente les tendances des recherches sur les systèmes d'élevage, tandis que Philippe Couty, de l'Orstom, s'interroge sur le devenir des agricultures africaines. Le numéro se termine par les différentes rubriques qui se retrouveront classiquement dans les numéros subséquents : infos sur les institutions et leurs activités, compte rendus de congrès, annonces de réunions scientifiques et brèves, où Jean Semal analyse quelques articles de revues scientifiques.

En 1994, un feuillet d'information sur les *Cahiers Agricultures* confirme les orientations choisies au départ. Il s'agit de symboliser un état d'esprit, une vision renouvelée d'une réalité diverse, complexe, sans cesse en déséquilibre, dans laquelle l'homme n'apporte d'améliorations qu'à partir d'approches variées, adaptées et pluridisciplinaires. L'origine géographique des auteurs s'élargit au fil des années et les contributions du Sud (Maghreb et Afrique sub-saharienne) montent en puissance et en nombre, tandis que les articles en provenance du

Canada enrichissent la panoplie des apports du Nord.

Dans son numéro 4 (septembre-octobre 1992), la revue bénéficie d'un éditorial de Stelio Farandjis, secrétaire général du Haut Conseil de la Francophonie qui encourage le projet et dessine une typologie de son action future.

Dans le numéro 5, sans que le vocable soit explicite, figure le premier « dossier » portant en l'occurrence sur *de nouveaux concepts en production animale*.

L'année 1995, au cours de laquelle le cinquantième anniversaire de la FAO est célébré à Québec, constitue une étape marquante dans le rayonnement des *Cahiers Agricultures*. Dans deux numéros exceptionnels, préfacés par un message de Jacques Diouf, directeur général de la FAO, une dizaine de ministres de l'Agriculture (cités ici par ordre de publication) présentent les orientations de leur politique. Marcel Landry, ministre de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (qui deviendra premier ministre de la Belle Province) y traite de *la recherche dans l'industrie bio-alimentaire québécoise*. Mohammed Aitrock, ministre de l'Agriculture et de l'Élevage de la république du Niger expose la politique de recherche agronomique et l'avenir de l'agriculture dans son pays. Jean-Pascal Delamuraz, alors conseiller fédéral et ministre de l'Économie de la Suisse (qui deviendra plus tard président de la Confédération helvétique) fait part de ses vues sur les sciences de l'agriculture au seuil du XXI^e siècle. Guy Lutgen, ministre de l'Environnement, des Ressources naturelles et de l'Agriculture pour la Région wallonne illustre la politique de recherche et les perspectives de l'agriculture dans sa région. Doug Tyler, ministre de l'Agriculture et de l'Aménagement rural du Nouveau Brunswick, considère l'agriculture et l'agro-alimentaire comme les piliers de l'économie. Robert Sagna, ministre d'État et ministre de l'Agriculture de la république du Sénégal, place la recherche agronomique de son pays dans une perspective de partenariat. Y. Do Felli, ministre du Développement rural, de l'Environnement et du Tourisme de la République togolaise donne sa vision du développement agricole en Afrique. François Séverin, ministre de l'Agriculture, des Ressources naturelles et du Développement rural de

la république d'Haïti, présente les programmes nationaux de recherche agricole de son pays en rapport avec l'avenir des agricultures. Emmanuel Rakotovahiny, ministre d'État, ministre du Développement rural et de la Réforme foncière de la république de Madagascar donne le ton en proclamant : « Résolument vers l'an 2000 ». Cette maxime est exemplifiée par Ralph Goodale, ministre de l'Agriculture et de l'Agro-alimentaire du Canada, qui présente pour son pays un programme basé sur l'emploi et la croissance. Qu'un tel aréopage d'excellences ait accepté de s'exprimer en qualité de invité pour la revue un signal positif qui l'incita à s'investir davantage en participant, sous l'égide de l'Aupelf-Uref et de John Libbey Eurotext, à la célébration du 50^e anniversaire de la FAO, à Québec.

Dans le numéro 6 de 1995, Jean Semal fit un long compte rendu des travaux préparatoires et du symposium sur la sécurité alimentaire qui se tint à Québec en octobre 1995 sous la présidence de l'ancien ministre et commissaire européen Edgard Pisani, pour qui « célébrer un demi-siècle d'existence, c'est aussi rénover et sans doute fonder ». Un forum Internet fut lancé à cette occasion par Gérard Ghersi, l'actuel président de notre comité scientifique.

Le sujet allait rebondir en 1996 à l'occasion de la publication d'un numéro spécial portant sur les enjeux et débats relatifs à la sécurité alimentaire, avec des études de cas se rapportant au Cameroun, à la Chine et au Vietnam.

D'autres dossiers allaient retenir l'attention : *alimentation et santé* en 1996, *biotechnologies animales* en 1997, *flore bactérienne du système digestif* en 1998, *tolérance à l'aridité chez les céréales* en 1999. Cerise sur le gâteau : à l'occasion du VII^e sommet des chefs d'États francophones à Hanoï, en 1997, un numéro commun avec la revue du Cirad, *Agriculture et développement*, avec 225 pages consacrées au Vietnam, qui firent date en retenant l'attention des hautes autorités de la Francophonie.

À l'occasion du 5^e anniversaire des *Cahiers Agricultures*, les éditions John Libbey créaient, en partenariat avec l'Aupelf-Uref, l'Institut agronomique de Paris-Grignon et la faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, un cycle de grandes confé-

rences données en alternance dans les deux institutions, concrétisant ainsi les liens de jumelage entre leurs associations d'anciens élèves. Le nom de « Contrepoints » donné à ce projet, indique une orientation critique qui ne soit ni la contradiction pour elle-même, ni le consensus imposé. Il s'agit d'un espace de liberté où sont confrontées les expériences et les idées, par des spécialistes des deux institutions.

La première conférence fut organisée à Gembloux, sous le titre : *D'une révolution à l'autre*. C'est le professeur Marcel Mazoyer qui introduisit le sujet en présence, notamment, du recteur Claude Deroanne de Gembloux, de Gilles Cahn, PDG de John Libbey Eurotext, de Benoît Bardet, responsable des publications Aupelf-Uref et de Jean-Claude Pinguet-Rousseau, représentant Philippe Guérin, directeur de l'Ina-PG. Un forum de discussion Internet fut ouvert afin de poursuivre les échanges initiés dans la salle de conférences.

La deuxième conférence Contrepoints eut lieu cette fois-ci à l'Ina-PG de Grignon, à l'occasion des journées INNOVAGRI, en septembre 1998. Le sujet des débats concernait le clonage des mammifères, sujet qui est toujours de grande actualité. Les aspects historiques, le point sur l'état d'avancement des recherches et les aspects éthiques soulevés par les applications de ces nouvelles techniques furent présentés par deux spécialistes, Arsène Bursy, professeur à la faculté de Gembloux, et Jean-Paul Renard, directeur de recherches à l'Inra, et cela sous l'arbitrage de Jean-Jacques Panthier, professeur à l'École nationale vétérinaire de Maisons-Alfort. La séance avait été ouverte au préalable par Philippe Guérin, directeur de l'Ina-PG.

La troisième conférence Contrepoints eut lieu à Gembloux le 4 mai 1999, avec comme thème un sujet d'actualité : *Plantes transgéniques : comment éliminer les risques*, qui fut introduit par Pierre-Henri Gouyon, professeur à l'Ina-PG, à l'université de Paris XI et à Polytechnique. Le débat animé par Catherine Dickburt, chercheuse à Gembloux, porta sur la régulation et la gestion des plantes transgéniques, sur les risques et avantages des OGM et sur l'impact éventuel de ces OGM pour les pays du Sud.

La quatrième conférence Contrepoints se tint à Paris, le 19 novembre 1999, à l'Institut national agronomique, dans le cadre de l'École doctorale des grandes écoles du vivant. Le sujet était écono-

mique : *Instabilité des prix agricoles sur les marchés mondiaux et gestion des risques, rôle de la puissance publique*. Michel Petit, ancien directeur à la Banque mondiale introduisit la conférence et servait de modérateur aux deux intervenants, Michel Baudoin, maître de conférence à la faculté des sciences agronomiques de Gembloux, mais aussi opérateur sur les marchés internationaux du café, et Jean-Marc Boussard, directeur de recherches à l'Inra et spécialiste des problèmes de gestion de l'incertitude.

La cinquième conférence Contrepoints fut organisée à Gembloux le 11 mai 2000 sur le thème : *La sécurité des filières agro-alimentaires : de l'éthique à l'étiquette*. Le sujet fut introduit par Daniel Tomé, professeur à l'Ina-PG et Marianne Sindic, enseignante à Gembloux. La discussion était animée par Gilbert Houins, inspecteur général au ministère fédéral belge des Affaires économiques et de l'Agriculture.

Par ailleurs, plusieurs dossiers faisant date ont été publiés par les *Cahiers Agricultures*. Outre ceux cités plus haut, mentionnons le numéro relatif aux biotechnologies végétales dans le numéro de novembre-décembre 1998, celui portant sur l'agriculture du XXI^e siècle : *Quelles recherches pour quels développements*, préparé à l'occasion du sommet des chefs d'États francophones, tenu à Moncton (Canada) en septembre 1999, et enfin le Colloque *Eau et Santé*, organisé à Ouagadougou en novembre 2000.

Bilans et perspectives

Dans le cadre des missions imparties aux *Cahiers Agricultures* par ses promoteurs et ses opérateurs, l'origine, le contenu et l'évolution des flux des manuscrits publiés par la revue permet de dresser un état des lieux et des centres d'intérêt de la recherche, tant théorique qu'appliquée, telle qu'elle s'exprime en français de par le libre choix des auteurs reconnus par leurs pairs.

L'acceptation des articles, éventuellement après réécriture, s'est fondée sur la qualité, certes, mais avec le souci de servir la communauté des lecteurs et des auteurs tel qu'exprimé par le courrier ou *via* les instances liées à l'Aupelf-Uref, puis à l'Agence universitaire de la Francophonie (comité sectoriel d'orientation scientifique agronomie et médecine vétérinaire,

réseaux thématiques de recherche, actions de recherche concertée, etc.). Le thesaurus des articles parus et des manuscrits actuellement en portefeuille positionne la revue en tant que plaque tournante francophone de la communication et de la valorisation en matière de revues agronomiques.

Tout au long des années, des lignes de force se sont consolidées ou ont été initiées :

- l'aspect *multidisciplinaire*, incorporant les données parcellaires au sein des systèmes agraires ;
- l'aspect *multifonctionnel*, prenant en compte les aspects écologiques et socio-économiques en vue de les associer dans des dynamiques opérationnelles élargies ;
- l'aspect *intégrateur*, identifiant et prenant en compte les intérêts légitimes des filières agro-alimentaires et rurales tant au plan local que dans leurs aspects globaux et positivant les interactions entre recherches de pointe et activités de terrain ;
- l'aspect *généraliste*, replaçant les activités agricoles dans l'ensemble des faits de société, et s'exprimant par des éditoriaux, des brèves, des synthèses ;
- l'aspect *communicationnel*, offrant une tribune internationale aux jeunes chercheurs de la Francophonie désireux de s'exprimer dans leur langue partagée ;
- l'aspect *multi-institutionnel*, développant les données relatives aux réseaux, aux sujets d'étude, aux activités et aux colloques, avec notamment une rubrique *L'agriculture sur Internet dans les pays francophones*, mise en œuvre par Christine Silvy ;
- l'aspect *prospectif*, étudiant, accompagnant et prévoyant les évolutions aux différents niveaux de la production durable, rentable et acceptable, jusqu'à la valorisation économique responsable au travers des réseaux de transformation, de commercialisation et de consommation.

Depuis 1999, une restructuration dans l'édition des *Cahiers Agricultures* est en cours avec des ajustements dans trois domaines :

- une montée en puissance de la composante informatique, qui se traduit à présent par une présentation en ligne des sommaires et d'articles choisis, l'ensemble de la revue devenant accessible un an après la parution sur papier ;
- la constitution d'un tour de table comportant des organismes d'enseignement et de recherche de France (Cirad, Inra, IRD), de Belgique (réunis autour de la

faculté universitaire des sciences agronomiques) et du Canada, l'Agence universitaire de la Francophonie demeurant le principal opérateur et bailleur de fonds de l'édition. Cette restructuration fut partiellement réalisée en 2001 ;

– la désignation d'un nouveau rédacteur en chef, avec élargissement du comité de rédaction ainsi que du comité scientifique, et coopération plus étroite avec la Cidefa (Conférence des directeurs et doyens des institutions d'enseignement francophone en agronomie). Cette restructuration devrait être finalisée lors

de la réunion du comité scientifique de mars 2002.

Les rédacteurs en chef qui ont animé la revue pendant la décennie interpalindrome souhaitent exprimer ici leur gratitude à toutes celles et à tous ceux qui, à des titres divers, ont permis l'exercice de leur charge dans un climat de confiance réciproque et de créativité agissante. Ce fut pour eux un privilège d'avoir pu bénéficier d'une autonomie responsable permettant d'œuvrer en rassemblant autant de potentialités humaines richement

diversifiées, autour d'un projet commun qui transcende, sans les nier, les aspirations particulières des partenaires.

La nouvelle décennie qui s'ouvre sous d'heureux auspices devrait permettre aux *Cahiers Agricultures* de poursuivre leur développement pour servir, en français, certes, mais avec une ouverture vers d'autres langues et d'autres supports techniques, la juste cause des recherches agronomiques, des producteurs ruraux, des filières agro-alimentaires et des consommateurs, tant du Sud que du Nord ■

Irrigation, santé et sécurité alimentaire en Afrique : quels liens ?

Gérard Parent, Jean-Noël Poda, Noël-Marie Zagré,
Renaud de Plaen, Georges Courade

Le récent colloque international qui s'est tenu à Ouagadougou (Burkina Faso), en novembre 2000, sur le thème des « Impacts sanitaires et nutritionnels des hydro-aménagements en Afrique » avait un double objectif :
– d'une part, rassembler des résultats sur les cultures irriguées et leurs répercussions sur la santé et la sécurité alimentaire des populations ;
– d'autre part, fournir des éléments de réponse à l'intention des différents intervenants dans les hydro-aménagements.

Durant ce colloque qui avait permis de rassembler près de 200 participants issus en majorité du continent africain, plus de 80 communications avaient été présentées, dont l'ensemble des résumés a été publié dans un précédent numéro de *Cahiers Agricultures* [1]. Afin de bien traduire à la fois la complexité des problèmes observés et la nécessité d'une approche intégrée tant au niveau de la

recherche que de l'intervention, ont été sélectionnés douze articles apparaissant comme les plus représentatifs des thèmes abordés durant le colloque* : ceux-ci vont de la santé à l'agriculture, en passant par les questions relevant de la société, le point de départ commun étant l'eau et les hydro-aménagements. Cet article introductif tente, en outre, de présenter les principaux messages issus du colloque qui visent essentiellement à accorder une vision plus exhaustive de l'irrigation en Afrique, condition indispensable pour sa réussite.

Dans les pays en développement, les décideurs sont confrontés à la double exigence de promouvoir la sécurité alimentaire de leurs populations (*voir définition, p. 11*) tout en préservant leur santé, en sollicitant d'abord les productions alimentaires nationales. C'est ainsi que la politique agricole de ces pays privilégie de plus en plus la croissance des cultures irriguées pour assurer leur développement, grâce à une meilleure autonomie alimentaire.

Très rares sont les pays africains qui peuvent couvrir les besoins alimentaires de leurs populations en ne mobilisant que leurs propres ressources domestiques. Même si l'on observe un accroissement des productions vivrières, estimées à

environ 2 % par an selon la FAO, la population augmente simultanément au rythme annuel de près de 3 %, ce qui entraîne donc une diminution de la production alimentaire par habitant [2]. Dans l'ensemble des régions ayant à gérer un déficit pluviométrique, la mise en valeur des eaux et l'irrigation à grande et à petite échelle, combinées avec la mise au point de variétés de plantes à haut rendement par sélection naturelle ou génétique, demeurent l'une des principales solutions retenues par l'ensemble des acteurs nationaux comme internationaux, du développement, principalement en Afrique subsaharienne où, par rapport à l'Asie ou au Moyen-Orient, l'utilisation de l'eau reste très faible [3]. Par manque de concertation, cette politique a été malheureusement à l'origine de multiples confrontations entre développeurs/agronomes, d'une part, et professionnels de la santé, d'autre part, et il aura suffi de quelques exemples désastreux en termes de conséquences sanitaires pour que les seconds accusent les premiers d'être « de dangereux apprentis sorciers » [4]. Ce débat déjà ancien a au moins eu l'intérêt d'interpeller les chercheurs et de susciter des programmes de recherche inter-disciplinaires. L'objectif des professionnels de la santé n'est certes pas de s'opposer aux spécialistes de l'agriculture irriguée. Pour eux, les impacts négatifs des aménagements hydrauliques, quand ils existent, ne remettent pas nécessairement en question la légitimité des projets hydro-agricoles. Toutefois, leur souci est, aujourd'hui, de convaincre les différents

G. Parent, G. Courade : IRD, 01 BP, 182 Ouagadougou, Burkina Faso.
<gerard.parent@voila.fr>

J.-N. Poda, N.-M. Zagré : IRSS/CNRST, 03 BP, 7047 Ouagadougou, Burkina Faso.
<podajnl@yahoo.fr>, <Noel.Zagre@ird.bf>

R. de Plaen : Centre de recherche pour le développement international (CRDI), Ottawa, Canada. <rdeplaen@idrc.ca>

Tirés à part : N.-M. Zagré

Thèmes : Nutrition, hygiène et alimentation humaine ; Eau, irrigation.

* Parmi les douze articles sélectionnés, neuf figurent dans ce numéro thématique de *Cahiers Agricultures* et les trois autres, qui abordent un volet plus spécifiquement « Santé », seront publiés dans *Cahiers Santé*.

partenaires impliqués dans ce type de développement qu'il est essentiel d'assurer une gestion intégrée des ressources en eau. C'est ce que les organisateurs du colloque ont cherché à faire en tentant d'établir d'abord un « diagnostic » de situations caractéristiques du contexte africain, pour en tirer ensuite des enseignements et proposer des recommandations utiles et utilisables à l'intention des différents acteurs des hydro-aménagements.

Diagnostic de situations

La plupart des programmes d'hydro-aménagements partent de l'hypothèse qu'en augmentant les quantités d'eau disponibles dans des régions à déficit hydrique, ils permettront d'accroître les productions agricoles et, par voie de conséquence, la couverture des besoins alimentaires, contribuant ainsi, d'une part, à l'amélioration de l'état nutritionnel des individus et, d'autre part, à l'amélioration des revenus des paysans – en particulier celui des femmes – *via* la commercialisation des surplus. Les bénéfices économiques attendus de ces projets offriraient donc aux populations la possibilité de réinvestir une partie plus importante de leurs ressources dans les soins de santé et la prévention des maladies. Dans le contexte africain, toutefois, les acteurs du domaine de la santé tiennent à souligner que l'eau peut être également avant tout synonyme de maladies et, qu'en conséquence, toute situation en changement implique de savoir gérer de nouveaux risques. Si ceux-ci sont ignorés ou mal pris en compte, les résultats ne répondront pas à l'attente des différents intervenants et la polémique sur les hydro-aménagements se poursuivra [5]. Dans son allocution d'ouverture, le Dr A. Prost, au nom de l'OMS, a insisté sur le fait que la priorité actuelle pour la santé n'est pas tant la *qualité* que la *quantité* de l'eau disponible [4]. Il a été observé, par exemple, que la fréquence des maladies diarrhéiques diminuait et que les indicateurs de santé chez les jeunes enfants s'amélioraient lorsque les quantités d'eau disponibles devenaient plus importantes [6]. Cela ne signifie pas pour autant qu'il faille minimiser les risques sanitaires associés à l'eau, mais il est nécessaire de les resituer dans le

contexte plus large des avantages et des coûts financiers, sociaux et sanitaires associés aux hydro-aménagements et à la situation de l'irrigation en Afrique subsaharienne.

Hydro-aménagements et maladies transmissibles

Le paludisme

Le premier risque qui vient à l'esprit lorsque l'on parle d'hydro-aménagements reste celui des maladies transmissibles liées à l'eau. Et en termes de santé publique, c'est le paludisme qui est en tête du palmarès.

Plusieurs études ont démontré que, dans le contexte africain, le développement des points d'eau et de la végétation favorise la prolifération de moustiques, parmi lesquels se rencontrent les anophèles vecteurs du plasmodium. Cependant, l'importance de ce processus dépend également des caractéristiques des écosystèmes, en fonction de la présence saisonnière ou annuelle d'eau et de gîtes de reproduction de moustiques.

Le cas de la zone rizicole de la vallée du Kou au Burkina Faso, étudié par T. Baldet *et al.**, est caractéristique de cette prolifération de moustiques. Alors que dans la savane voisine non aménagée le nombre de piqûres d'*An. Gambiae* (principal vecteur du parasite), par homme et par an, se situe entre 1 000 et 2 000, au centre des rizières, celui-ci passe à plus de 30 000, avec des pics saisonniers pouvant dépasser 200 piqûres/homme/nuit ! La première question qui s'impose à la lecture de ces résultats est de savoir si l'augmentation spectaculaire du nombre de piqûres s'accompagne d'une augmentation des accès palustres. Pour M.C. Henry *et al.**, qui ont étudié une zone rizicole comparable située dans le Nord de la Côte d'Ivoire, la réponse est négative. Dans trois agrosystèmes différents, au sein d'une même zone géographique, les prévalences des accès palustres sont comparables dans les villages ne pratiquant pas de riziculture irriguée et dans ceux cultivant deux récoltes de riz par an, et ce, malgré des différences importantes de densité de moustiques. Elles sont, en revanche, légèrement plus faibles dans les villages pratiquant une seule culture de riz annuelle. Cela incite à identifier d'autres facteurs que celui des densités

anophéliennes pour expliquer les variations spatiales des taux de prévalence de paludisme.

De nombreux auteurs ont insisté sur l'importance des faciès épidémiologiques préexistants [7]. On a constaté que le niveau d'immunité, et donc de protection, des individus vis-à-vis du parasite varie selon le caractère pérenne ou saisonnier de la transmission. Il a aussi été démontré qu'une augmentation des densités d'anophèles favorise le développement de souches à brève durée de vie qui sont moins porteuses du parasite.

Mais la vulnérabilité des agriculteurs au paludisme peut également être influencée par des critères d'ordre socioculturel et économique. Ainsi, l'étude réalisée par R. de Plaen *et al.* dans le Nord de la Côte d'Ivoire (*voir p. 17-22, dans ce même numéro*) insiste sur le fait que la mise en place d'hydro-aménagements et l'intensification de la riziculture irriguée influencent l'adoption de nouveaux comportements en matière de santé, de la part des populations, à travers la transformation des systèmes de production agricole, la réorganisation sociale, l'évolution du statut économique au sein des ménages et le degré d'autonomie des femmes, en plus du profil épidémiologique. Dans le Nord de la Côte d'Ivoire, il apparaît que ces transformations ont entraîné une diminution de la capacité des femmes à gérer les épisodes de paludisme, ce qui a eu pour conséquence d'accroître la vulnérabilité de leurs enfants face à la maladie.

À la question de savoir si irrigation et paludisme vont de pair, il n'y a donc pas de réponse universelle. Ce qui est certain, c'est que plus de moustiques ne signifie pas obligatoirement plus de paludisme. Dans tous les cas, il faut au préalable identifier le type de contexte en vue d'assurer ensuite une surveillance adaptée. Les chercheurs en sciences sociales insistent, pour leur part, sur la nécessité de compléter les études sur les contacts hommes/vecteurs par des études systémiques portant sur les différents facteurs qui influencent les systèmes de santé : perception de la maladie et de ses causes, comportements de protection, processus décisionnels, chemins thérapeutiques.

Les entomologistes, quant à eux, veulent attirer l'attention des producteurs et des développeurs/agronomes sur un problème particulier : celui des risques liés à une utilisation massive et non contrôlée d'insecticides à visée agricole. Au Burkina Faso et dans le Nord de la Côte

* Article à paraître dans *Cahiers Santé*.

d'Ivoire par exemple, le développement de la culture cotonnière s'est accompagné d'une utilisation de plus en plus importante d'insecticides, en particulier de pyréthrinoides. Et c'est dans ces zones que de nombreux cas de résistance à la perméthrine, insecticide de la même famille chimique que celle qui est utilisée pour l'imprégnation des moustiquaires, ont été observés [8].

Enfin, il faut se rappeler qu'un insecte piqueur peut également causer des désagréments sans être obligatoirement vecteur de maladies. Être piqué plus de 200 fois par nuit, comme cela a été rapporté dans la vallée du Kou au Burkina Faso, constitue un tel facteur de nuisances que cela représente un handicap certain à l'adaptation de l'homme à son environnement.

La bilharziose

Les relations entre hydro-aménagements et bilharzioses sont sans doute parmi les plus évidentes qui aient été observées dans le contexte africain. Elles ont d'ailleurs été à l'origine d'un certain nombre de « catastrophes » qui, parfois, ont été récupérées par les professionnels de la santé pour montrer du doigt les agronomes. La plus spectaculaire est sans doute celle du barrage de Diama (Sénégal) où, en trois ans, les bilharzioses digestives, absentes avant le barrage, ont littéralement explosé [9].

Le bilan fait par J.-N. Poda *et al.** au Burkina Faso confirme que les mollusques, hôtes intermédiaires du parasite, existent sur tout le territoire, mais que les hydro-aménagements constituent certainement un facteur amplificateur important de transmission de cette maladie aussi bien dans sa forme urinaire que digestive. Au Maroc, H. Laamrani *et al.* ont fait la même observation tout en démontrant qu'une bonne conception et une gestion améliorée des périmètres irrigués (fréquence et durée de l'irrigation, curage des canaux, couverture des siphons, etc.) pouvaient réduire significativement les densités des mollusques vecteurs (voir p. 23-29, dans ce numéro).

Toutefois, pour que le mollusque puisse transmettre le parasite, il faut inévitablement un contact entre l'homme et l'eau. Or, le plus souvent en Afrique, l'eau des hydro-aménagements n'est pas seulement utilisée à des fins agricoles mais également à des activités récréatives (jeux, bai-

gnades...) et d'hygiène (lessive...) [10]. On observe ainsi que ce sont les enfants qui fréquentent le plus les points d'eau qui sont les plus contaminés. Il faut également retenir l'influence d'un certain nombre d'autres facteurs en relation avec le type d'activité, le niveau de scolarisation, l'appartenance ethnique, etc. Les facteurs contextuels (comportementaux, géographiques, sociaux, culturels) doivent donc être bien analysés afin de permettre à la fois de mieux cibler les groupes à risques et mieux définir les stratégies autant préventives que curatives.

Les autres risques

Outre le fait qu'elles favorisent un certain nombre de vecteurs de maladies, les eaux utilisées pour l'irrigation peuvent également être source de contaminations directes, soit microbiologiques (coliformes, streptocoques fécaux, virus, parasites), soit physico-chimiques (pesticides, métaux lourds). Ces risques sont surtout le fait des cultures maraîchères, principalement celles pratiquées en milieu urbain, où l'arrosage des légumes se fait très souvent avec des eaux usées non traitées.

L'étude menée à Ouagadougou par G. Cissé *et al.* a confirmé que les eaux utilisées par les maraîchers présentaient toutes des contaminations bactériologiques importantes avec des taux constamment supérieurs aux normes fixées par l'OMS (voir p. 31-38 dans ce même numéro).

Cela a suscité de nombreux programmes de recherche visant à mettre au point des techniques d'épuration efficaces et reproductibles. L'une d'elles, analysée par D. Kone *et al.* à Ouagadougou, et utilisant le lagunage à laitue d'eau, a donné des résultats encourageants qui, selon les auteurs, permettraient d'envisager son application à grande échelle en milieu urbain (voir p. 39-43 dans ce même numéro).

Hydro-aménagements, sécurité alimentaire et situations nutritionnelles

Qu'il s'agisse de petits hydro-aménagements ou de grands projets de cultures irriguées, tous visent à assurer une production alimentaire sécurisée et plus importante pour obtenir la sécurité alimentaire des populations – sécurité alimentaire définie comme étant « l'accès physique et économique de l'ensemble

de la population en tout temps et en tout lieu, à une alimentation saine et suffisante pour satisfaire ses besoins énergétiques et autres dans le cadre de ses préférences alimentaires » [11].

Concernant le continent africain, force est de reconnaître que cet objectif est encore très loin d'être atteint. Selon G. Courade, près de 40 % de la population y vit encore dans l'incertitude alimentaire [11]. Autant la révolution verte a eu des résultats positifs en Inde, autant cela a été un échec en Afrique. Depuis 1965, malgré une croissance démographique à peu près comparable, l'aide alimentaire et les importations de céréales, en tant qu'indicateurs de l'aggravation de la dépendance alimentaire, ont évolué de façon diamétralement opposée : décroissance en Inde et croissance en Afrique. L'une des principales conséquences de cette insécurité alimentaire est illustrée par les situations nutritionnelles dont l'amélioration « reste toujours un défi d'actualité en Afrique au XXI^e siècle » [12]. Une des questions clés posées au cours du colloque était donc de savoir dans quelle mesure les hydro-aménagements pouvaient contribuer à trouver une issue à ce défi.

Les résultats observés sont très disparates. Au Maroc, par exemple, dans le projet d'irrigation du Loukkos, S. Benjelloun *et al.* n'ont pas observé d'amélioration significative des apports alimentaires au sein des foyers ayant bénéficié de l'irrigation par rapport aux autres (voir p. 45-50 dans ce même numéro). Qui plus est, les enfants présentent plus de retard de croissance dans les familles qui géraient de petites exploitations agricoles irriguées. Au Burkina Faso, G. Parent *et al.* ont, pour leur part, observé des fréquences de maigreur plus élevées chez les enfants vivant près de l'eau et en particulier chez ceux issus de familles pratiquant le maraîchage (voir p. 51-57 dans ce même numéro). Les auteurs soulignent que certaines maladies transmissibles concomitantes (paludisme, maladies diarrhéiques) influencent négativement la croissance des enfants dont les mères ont, en outre, moins de temps à leur consacrer parce que plus sollicitées pour les activités liées aux cultures irriguées.

En réalité, les situations nutritionnelles peuvent être considérées comme l'un des indicateurs de la réussite ou non des projets d'irrigation. L'état nutritionnel est en quelque sorte un indicateur synthétique de la plus ou moins bonne gestion par l'homme des ressources du milieu et

* Article à paraître dans *Cahiers Santé*.

de la redistribution qu'il en fait [5]. Il est la résultante d'un ensemble de facteurs aussi bien biomédicaux qu'environnementaux, sociaux, culturels, économiques, etc.

L'unanimité s'est faite, au cours du colloque, sur le rôle prioritaire joué par les femmes pour atteindre des objectifs nutritionnels et sanitaires de qualité. Généralement, dans le contexte africain, agriculture irriguée rime avec très forte implication des femmes dans le travail agricole, ce qui entraîne une augmentation conséquente de leur charge de travail. Cela se traduit logiquement par une plus faible disponibilité pour d'autres activités domestiques et surtout pour les soins consacrés aux enfants en bas âge. En conséquence, la réussite d'un projet d'hydro-aménagement quel qu'il soit, riziculture ou maraîchage, que ce soit en milieu rural ou en milieu urbain, dépend de la prise en considération de l'évolution de la condition féminine qui en résulte.

Productions, productivité et santé des populations

Les productions agricoles peuvent être très variables selon le type de gestion de l'irrigation, comme l'ont démontré C. Rigourd *et al.* en comparant les résultats obtenus dans différents périmètres irrigués répartis en Afrique de l'Ouest (voir p. 59-64 dans ce même numéro). Les rendements obtenus sont dépendants des pratiques agricoles, des pratiques hydrauliques, du mode de gestion des intrants, de la maintenance des aménagements, des capacités organisationnelles des producteurs, etc. Une attention particulière doit être apportée aux logiques paysannes et aux facteurs qui influencent les systèmes de production.

C'est ce qui a été souligné également par J.-C. Poussin *et al.*, à travers l'analyse de trois situations, au Sénégal, au Mali et en Mauritanie. Ils ont observé une très forte marge de progression, sans modification technique, des systèmes rizicoles irrigués (voir p. 65-73 dans ce même numéro). De la part des producteurs, une plus grande autonomie, lorsqu'elle est possible, ou une prise de conscience et une formation au niveau collectif, sont nécessaires à cette progression. Les auteurs soulignent le rôle des institutions d'aide au développement et d'encadrement, qui ont une grande part de responsabilité dans « l'échec » de l'irriga-

tion. Ce sont elles qui doivent encourager cette progression par un engagement rigoureux et durable, au-delà de la simple conception et mise en place de « projets » qui ignorent les logiques des producteurs.

Pour M. Audibert *et al.*, l'état de santé des travailleurs est également susceptible d'influencer leur productivité (voir p. 75-80 dans ce même numéro). En analysant deux groupes de travailleurs, dans des écosystèmes comparables les uns traités contre la bilharziose et les autres non traités, les auteurs démontrent que, malgré des rendements de riz comparables, la productivité par homme/jour était significativement plus élevée au sein du groupe traité, mais que le temps ainsi libéré n'était pas réinvesti dans la culture de rente mais plutôt dans la culture de céréales traditionnelles et/ou dans les loisirs.

Une mention spéciale a été faite au cours du colloque à propos de l'onchocercose (ou cécité des rivières). Le programme de lutte contre l'onchocercose (OCP) mené depuis 1974 dans onze pays de l'Afrique de l'Ouest a généré des bénéfices sanitaires, sociaux et économiques considérables. Selon l'OCP, outre le fait que onze millions d'enfants ont pu ainsi échapper au risque de devenir aveugles, près de 25 millions d'hectares de terres fertiles le long des cours d'eau sont redevenus accessibles aux populations, avec une capacité de production estimée à 340 millions de dollars US de nourriture [13]. L'éradication du parasite responsable de l'onchocercose a donc réduit considérablement les risques sanitaires liés à l'exploitation des forêts galeries et des terres à proximité des cours d'eau, mais les nuisances causées par la présence et les attaques répétées des simules (vecteur du parasite de l'onchocercose) demeurent préoccupantes et suscitent de graves questions quant à la qualité de vie des populations dans ces environnements « recolonisés ».

Enseignements et recommandations

Le principal constat issu du colloque a été de souligner la complexité des problèmes sanitaires et nutritionnels associés aux hydro-aménagements. Ceux-ci varient selon les régions et les contextes, et demandent des solutions adaptées à la spécificité des situations, d'où la nécessi-

té de réaliser, au préalable, des diagnostics corrects et complets prenant en compte l'ensemble des problèmes existants.

Il a été observé que, trop souvent, l'étude des risques sanitaires liés aux hydro-aménagements s'était réduite à l'étude de pathologies spécifiques (comme le paludisme ou la bilharziose), en fonction d'indicateurs uniques (contacts hommes/vecteurs, ou accès aux structures sanitaires). L'accent a été mis sur le fait que la santé ne peut se comprendre que de façon globale, et sur la nécessité de prendre en compte le contexte dans lequel se développent et sont gérés les risques sanitaires et les différentes pathologies.

Concernant les effets des cultures irriguées sur la sécurité alimentaire des populations, les résultats plus que mitigés qui sont observés sur les situations nutritionnelles des enfants sont là pour confirmer qu'il ne suffit pas de produire plus pour relever le défi des malnutritions.

Plusieurs auteurs ont également souligné les risques accompagnant la période de transition qui suit la mise en œuvre de nouveaux aménagements. Celle-ci correspond en effet à une période durant laquelle les populations sont confrontées à un nouveau cadre de vie (environnemental, social, économique, etc.) auquel elles doivent s'adapter.

Malgré toutes les spécificités des situations, un certain nombre de consensus ont toutefois pu être dégagés au cours du colloque. Ils ont donné lieu à des recommandations quant aux actions à entreprendre pour réduire les risques associés aux hydro-aménagements.

Certaines répondent à des problèmes spécifiques, dont on peut citer quelques exemples.

- Pour le paludisme, les risques de transmission associés aux contacts hommes/vecteurs sont significativement réduits en éloignant les lieux d'habitation des périmètres irrigués.
- Pour les bilharzioses, le développement des mollusques vecteurs peut être limité si les canaux d'irrigation sont mieux conçus, mieux gérés (mode d'écoulement des eaux, possibilité d'assèchement saisonnier, etc.) et mieux entretenus.
- La transmission des bilharzioses peut également être minimisée en mettant des latrines à la disposition des populations, en effectuant des traitements de masse des groupes à risques à des périodes choisies, durant lesquelles ceux-ci sont susceptibles d'éliminer le parasi-

Summary

Irrigation, health and food safety in Africa: How are they linked?

The long-standing debate on the relationship between health and water facilities has been the subject of many articles and continues to be raised at conferences and in the scientific press. This interest is a reflection of the amount of research going on in the field, and of the importance of the topic in terms of its impact on human well-being and development.

This paper presents the main themes discussed at the international conference held in Ouagadougou in November 2000 on how water, health and nutrition are inter-related. The organisers hope it will provide an overview of the main concerns and teachings of the conference.

The authors begin by outlining the overall theme: the continuing debate on the actual and presumed consequences of water facilities on children's health and nutrition. They go on to agree that in all regions that have to cope with both lack of food safety and rainfall shortages, water management and irrigation on a large or small scale are still essential factors in development. The usefulness of hydro-agricultural projects was therefore not called into question; nor was it thought necessary to decide between agricultural and health programmes, much less to bring health and agricultural specialists into conflict. The aim was to encourage the various partners involved in this area of development that an integral approach to managing water resources was vital. From a representative sample of the conference papers, the authors made a diagnosis of the situation in Africa and then put forward some recommendations. The papers discussed the following themes, which were investigated in various practical, socio-cultural and economic contexts:

- Changes in some water-related infectious diseases, such as malaria, bilharzia and diarrhoeal illnesses.*
- Changes in household food safety and child nutrition.*
- Changes in plant food production, taking account of irrigation management on the one hand and workers' health on the other.*
- The specific case of market gardening in urban areas.*
- The effectiveness of methods used to restrict the spread of vectors and to treat polluted water.*

Taking account of the papers' findings, the authors have drawn their own conclusions and made specific and general recommendations to communities, decision-makers, political leaders and researchers.

Cahiers Agricultures 2002 ; 11 : 9-15.

re, en réduisant les contacts directs homme/eau (port de bottes, réduction des baignades) et par des campagnes d'éducation et de sensibilisation auprès des populations.

- Pour les maladies diarrhéiques, les risques peuvent être réduits en évitant la contamination des produits maraîchers et en assurant un meilleur traitement des eaux usées.

Cette liste, qui n'est évidemment pas exhaustive, est à compléter tout en restant adaptée aux contextes considérés.

D'autres problèmes plus globaux font appel à des interventions plus intégrées. Il s'agit en particulier de la gestion des contextes socio-économiques et de production en changement.

- La promotion des nouvelles productions introduites par l'irrigation ne doit pas se

faire aux dépens des cultures traditionnelles. Dans le contexte africain, les expériences montrent qu'il est préférable de respecter une complémentarité entre productions vivrières et productions commerciales et de maintenir le principe de diversification des activités de production.

- Quel que soit le type de production, sa gestion doit se faire avec le souci de satisfaire les besoins alimentaires et de promouvoir de meilleures conditions de vie pour les femmes. Il faut veiller à ce que les femmes puissent profiter des bénéfices générés par les nouvelles cultures, que ce soit de façon directe (par une augmentation des aliments produits par et pour le ménage) et/ou indirecte (par une redistribution des revenus découlant de la vente des excédents de la production).

- Lors de la mise en place de nouveaux hydro-aménagements, la période de transition doit faire l'objet d'une attention particulière et être accompagnée d'une prise en charge adaptée aux problèmes considérés, tels que : nouvelle organisation sociale, nouvelle répartition du travail et des tâches, nouvelles responsabilités des femmes, nouvelles habitudes alimentaires, particulièrement concernant les jeunes enfants, etc.

- Le niveau d'instruction et de scolarisation des populations, en particulier celui des femmes, est l'un des facteurs essentiels à considérer dans l'élaboration et l'application des programmes d'intervention.

Quelles que soient les recommandations, leur mise en place requiert une concertation entre tous les acteurs impliqués dans les hydro-aménagements, des producteurs jusqu'aux sphères politiques, en passant par les décideurs et les aménageurs.

Le premier niveau concerne d'abord les communautés qui doivent s'adapter à un nouveau cadre de vie. Leur niveau de motivation et d'engagement sera dépendant des bénéfices escomptés et des difficultés rencontrées. Les nouvelles productions impliquent de nouvelles charges de travail (qui mobilisent parfois au-delà du temps disponible, qu'il s'agisse des hommes ou des femmes), de nouvelles techniques culturelles, une nouvelle organisation sociale et démographique, une nouvelle économie de marché, de nouveaux comportements alimentaires, de nouvelles maladies, de nouveaux systèmes de santé, etc.

Le second niveau d'intervention concerne les aménageurs et les décideurs, qui ont la responsabilité de concevoir, de construire, puis de gérer les aménagements. Ils interviennent dès l'élaboration des projets : conception des canaux d'irrigation, localisation des habitations, mise en place des infrastructures (écoles, dispensaires, routes, etc.) et ils ont à gérer les modalités d'accompagnement des producteurs.

Enfin, il faut penser à impliquer les acteurs de la scène politique. D'aucuns pensent souvent que l'instabilité et les conflits qui touchent, à des degrés divers, près d'un tiers des pays africains ont une importante part de responsabilité dans la stagnation, voire le recul du continent en termes de sécurité alimentaire. Mais au-delà de la stabilité et du respect de la démocratie, il est indispensable de convaincre les responsables politiques de la nécessité de considérer les deux volets santé et nutrition comme des conditions

essentiels pour le développement. Agir pour prévenir les maladies, pour lutter contre les carences nutritionnelles, pour diminuer les morbidités et les mortalités, en particulier chez les jeunes enfants, peut être très rapidement rentable et apporter un gain qui s'avère très nettement supérieur à d'autres types d'investissements, aussi bien en termes de qualité de vie et de bien-être social qu'en termes économiques [14]. Le colloque « Ouaga 2000 » a ainsi voulu rappeler qu'« une meilleure santé et un meilleur état nutritionnel sont des éléments clés du développement humain durable » ■

Références

1. Colloque International Eau et Santé – Ouaga 2000. Abstracts du Colloque. *Cahiers Agricultures* 2000 ; 9 : 417-56.
2. FAO. *La mise en valeur des eaux au profit de la sécurité alimentaire*. Rome : FAO, 1995 ; WFS/96/TECH/2 : 43 p.
3. Faures JM, Sonou M (FAO). Les aménagements hydro-agricoles en Afrique. Situation actuelle et perspectives. In : *Textes des communications du Colloque International « Eau-Santé – Ouaga 2000 »*. Impact sanitaire et nutritionnel des hydro-aménagements en Afrique. Ouagadougou (Burkina Faso), 21-24 novembre 2000 ; 12 p.
4. Prost A (OMS). Aspects sanitaires des aménagements du secteur de l'eau. In : *Textes des communications du Colloque International « Eau-Santé – Ouaga 2000 »*. Impact sanitaire et nutritionnel des hydro-aménagements en Afrique. Ouagadougou (Burkina Faso), 21-24 novembre 2000 ; 1 : 1-6.
5. Parent G, Ouedraogo A, Zagre NM, et al. Grands barrages, santé et nutrition en Afrique : au-delà de la polémique... *Cahiers Santé* 1997 ; 7 : 417-22.
6. Shuval HI, Tilden RL, Perry BH, Grosse RN. Effect of investments in water supply and sanitation on health status: a threshold-saturation theory. *Bull WHO* 1981 ; 59 : 243-8.
7. Mouchet J, Carnevale P, Coosemans M, et al. Typologie du paludisme en Afrique. *Cahiers Santé* 1993 ; 3 : 220-38.
8. Diabate A, Baldet T, Ido K, et al. Sensibilité aux pyrèthrinoides d'*An. Gambiae* sl. dans les hydro-aménagements au Burkina Faso : implications opérationnelles dans la lutte contre le paludisme. In : *Textes des communications du Colloque International « Eau-Santé – Ouaga 2000 »*. Impact sanitaire et nutritionnel des hydro-aménagements en Afrique. Ouagadougou (Burkina Faso), 21-24 novembre 2000 ; 1 (1A) : 75-81.
9. Talla I, Kongs A, Verle P, et al. Outbreak of intestinal schistosomiasis in the Senegal river basin. *An Soc Belge Méd Trop* 1990 ; 70 : 173-80.
10. Henry-Chartier C. Des eaux, des usages, des risques. Le cas de la bilharziose urinaire dans le périmètre hydro-agricole de Dabara (côte ouest de Madagascar). In : *Textes des communications du Colloque International « Eau-Santé – Ouaga 2000 »*. Impact sanitaire et nutritionnel des hydro-aménagements en Afrique. Ouagadougou (Burkina Faso), 21-24 novembre 2000 ; 1 (1B) : 15-23.
11. Courade G. La sécurité alimentaire en Afrique à l'aube du XXI^e siècle. In : *Textes des communications du Colloque International « Eau-Santé – Ouaga 2000 »*. Impact sanitaire et nutritionnel des hydro-aménagements en Afrique. Ouagadougou (Burkina Faso), 21-24 novembre 2000 ; 2 (3) : 1-8.
12. Maire B, Delpeuch F. Un défi toujours d'actualité pour l'Afrique au XXI^e siècle : améliorer les situations nutritionnelles. In : *Textes des communications du Colloque International « Eau-Santé – Ouaga 2000 »*. Impact sanitaire et nutritionnel des hydro-aménagements en Afrique. Ouagadougou (Burkina Faso), 21-24 novembre 2000 ; 2 (3) : 9-13.
13. Soumbey-Alley WE, Nikiema EY, Yameogo L, et al. Les acquis du Programme de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest (OCP) et ses répercussions sur le développement socio-économique. In : *Textes des communications du Colloque International « Eau-Santé – Ouaga 2000 »*. Impact sanitaire et nutritionnel des hydro-aménagements en Afrique. Ouagadougou (Burkina Faso), 21-24 novembre 2000.
14. Ouedraogo A, Aguayo V, Parent G, et al. *Profiles* : un plaidoyer en faveur de la nutrition. In : *Textes des communications du Colloque International « Eau-Santé – Ouaga 2000 »*. Impact sanitaire et nutritionnel des hydro-aménagements en Afrique. Ouagadougou (Burkina Faso), 21-24 novembre 2000.

Résumé

Les débats déjà anciens sur les relations réciproques entre la santé et les hydro-aménagements ont suscité beaucoup d'écrits et continuent à alimenter les colloques et la presse scientifique. Cet intérêt témoigne à la fois du dynamisme dans ce secteur de la recherche, mais aussi de son importance en termes de conséquences sur le bien-être et le développement.

Cet article présente les grandes lignes thématiques du colloque international qui s'est tenu à Ouagadougou en novembre 2000, consacré aux questions des interactions entre eau, santé et nutrition. Il poursuit ainsi l'ambition de ses organisateurs de présenter, à l'intention de tous les intervenants, les grandes orientations et les enseignements issus de ce colloque.

Les auteurs, après avoir rappelé la problématique générale du colloque, à savoir la polémique qui existe quant aux conséquences néfastes, supposées ou réelles, des hydro-aménagements en Afrique, en particulier sur l'état sanitaire et nutritionnel des enfants, ont tous admis que dans l'ensemble des régions ayant à gérer à la fois l'insécurité alimentaire et un déficit pluviométrique, la mise en valeur des eaux et l'irrigation à grande et à petite échelle demeurent l'une des solutions incontournables pour le développement. Il ne s'agissait donc pas de remettre nécessairement en cause la légitimité des projets hydro-agricoles, ni d'opposer programme de développement agricole et bien-être sanitaire et nutritionnel, et encore moins d'opposer les spécialistes de l'agriculture à ceux de la santé, mais de convaincre les différents partenaires impliqués dans ce type de développement qu'il est essentiel d'assurer une gestion intégrée des ressources en eau. C'est ce que les auteurs ont cherché à faire en présentant un certain nombre de communications représentatives du colloque et ayant pour but d'établir un « diagnostic » de situations caractéristiques du contexte africain. Celles-ci abordent dans différents environnements, aussi bien physiques que socio-culturels ou économiques, les thèmes suivants :

- évolution de certaines maladies transmissibles liées à l'eau : paludisme, bilharzioses, maladies diarrhéiques ;
- évolution de la sécurité alimentaire des ménages et de l'état nutritionnel des enfants ;
- évolution des productions agricoles en fonction, d'une part, des types de gestion de l'irrigation et, d'autre part, de l'état de santé des travailleurs ;
- cas spécifique du maraîchage urbain ;
- efficacité de certaines méthodes visant les unes à limiter la prolifération des vecteurs, les autres à traiter les eaux usées.

Les auteurs ont utilisé les différents résultats exposés pour en tirer les principaux enseignements et proposer des recommandations, à caractère général et spécifique, à l'endroit de l'ensemble des intervenants que sont les communautés, les aménageurs, les décideurs, les acteurs de la scène politique et les chercheurs.

Riziculture de bas-fond, autonomie des femmes et paludisme dans le Nord de la Côte d'Ivoire

Renaud de Plaen, Robert Geneau

Au cours des dernières décennies, de nombreux programmes ont été développés par la communauté internationale pour tenter de réduire le déficit alimentaire dans les pays africains. L'irrigation, en particulier, est présentée comme un des moyens incontournables pour accroître les rendements agricoles dans les régions à instabilité climatique, en permettant l'extension de la période cultivable en saison sèche et en minimisant les risques liés à une pluviométrie insuffisante ou variable [1].

Cependant, la mise en place d'hydro-aménagements n'est pas sans soulever de sérieuses questions. Différentes études menées en Afrique subsaharienne soulignent que l'accroissement des superficies irriguées peut augmenter le nombre de sites et la période de reproduction d'un certain nombre de vecteurs et hôtes intermédiaires, et intensifier les contacts entre ces derniers et les populations humaines. La construction de retenues d'eau et de canaux d'irrigation associés à la riziculture pourrait alors entraîner une augmentation des taux de prévalence et

d'incidence d'un certain nombre de pathologies telles que le paludisme, les schistosomiasis, l'encéphalite, la fièvre jaune, la dengue, l'onchocercose, ou encore la filariose [2, 3].

La présente étude s'inscrit dans le cadre des travaux menés par le Consortium santé de l'Adrao (Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest) sur les impacts de la riziculture irriguée sur le paludisme et la bilharziose dans trois écosystèmes d'Afrique de l'Ouest. Les résultats biomédicaux du Consortium santé dans le Nord de la Côte d'Ivoire démontrent que les villages pratiquant une seule récolte de riz/année (R_1) ont des taux de paludisme inférieurs à ceux qui effectuent deux récoltes de riz/année (R_2) [4]. Ces différences ne peuvent cependant pas être expliquées par les variations de densités anophéliennes entre les deux types de villages [5]. Il est donc essentiel d'élargir le champ d'investigation et de considérer quels facteurs, autres que vectoriels, peuvent influencer le profil épidémiologique des populations concernées.

en matière de santé des populations de la zone d'étude sont affectés par des transformations survenant simultanément dans plusieurs domaines de la vie quotidienne : l'environnement, les croyances culturelles, l'organisation sociale, le système de production agricole et le statut économique.

Plusieurs études ont déjà démontré l'influence des facteurs environnementaux [6, 7], sociaux [8, 9], culturels [10, 11] et économiques [12, 13] sur les comportements en matière de santé. À notre connaissance cependant, très peu d'études montrent de façon systématique comment l'interaction de l'ensemble de ces facteurs contribue à reconfigurer le profil épidémiologique de populations données.

L'originalité de notre approche est d'essayer de comprendre la complexité des mécanismes à travers lesquels la modification des activités de production agricole et les transformations sociales résultant de l'intensification de la riziculture de bas-fond se combinent et influencent la vulnérabilité des populations face à la malaria. Le terme de vulnérabilité est employé ici pour évoquer la chaîne complexe d'activités, d'attitudes et de comportements qui interviennent dans les relations différentielles des hommes et des femmes vis-à-vis de l'environnement, des vecteurs, du développement et de la prise en charge des problèmes de santé. Nous avons préféré recourir à ce terme pour nous distancer de l'approche épidémiologique plus classique qui parle ici de risques.

R. de Plaen : Centre de recherche pour le développement international (CRDI), Ottawa, ON, Canada. <rdeplaen@idrc.ca>
R. Geneau : Université de Montréal, Département de médecine sociale et préventive, Montréal, QC, Canada.
<110441.2752@compuserve.com>

Tirés à part : R. de Plaen

Thèmes : Système agraire ; Eau, irrigation.

Approche systémique des relations environnement et santé

Notre étude part de l'hypothèse que le profil pathologique et les comportements

Protocole de recherche et méthode

Les données présentées proviennent d'une étude réalisée dans six communautés du Nord de la Côte d'Ivoire, composées majoritairement de Sénoufos du sous-groupe Tiembara et situées dans un rayon de 25 km autour de Korhogo. Les communautés sélectionnées partagent toutes les mêmes caractéristiques (densité de population, composition, activités socio-économiques), à l'exception du nombre de récoltes de riz effectuées annuellement dans les bas-fonds entourant les villages. Trois des villages sont impliqués dans la riziculture irriguée toute l'année avec deux cycles de récoltes par an (R_2), alors que les trois autres ne cultivent le riz de bas-fond que durant la saison des pluies et n'obtiennent donc qu'une seule récolte de riz chaque année (R_1).

La collecte des données s'est effectuée sur une période de six mois (de novembre 1997 à avril 1998), à l'aide de méthodes de type qualitatif : observation participative, grilles d'observation thématiques, entretiens individuels semi-dirigés (180), entretiens de groupe thématiques (24) et entretiens avec informateurs clés (20). Différentes techniques de contrôle de qualité ont été utilisées au cours de la collecte des informations et de la réalisation des entretiens (recoupement d'informations, comparaison entre les discours et les pratiques, etc.). Les 224 entretiens réalisés au cours de cette étude ont été analysés à l'aide d'un logiciel d'analyse de contenu, le logiciel NUD*IST¹.

Résultats

Notre étude révèle un certain nombre de résultats surprenants quant aux impacts de la riziculture irriguée. La comparaison des villages R_1 et R_2 indique en effet que :

- l'accroissement de la production de riz se fait aux dépens d'autres cultures vivrières, cultivées traditionnellement sur les plateaux ;

- les femmes des villages R_2 contribuent davantage à l'alimentation des ménages que dans les villages R_1 ;

- le statut économique des agricultrices impliquées dans la riziculture de bas-fond est inférieur à celui des agricultrices qui ne le sont pas ;

- la renégociation des relations intra-familiales entraîne un repositionnement des femmes qui pousse ces dernières à assumer une part croissante des responsabilités du ménage dans les villages R_2 ;

- malgré une augmentation de la quantité de nourriture produite dans les bas-fonds, un plus grand nombre de ménages dans les villages R_2 que dans les villages R_1 se plaint de ne pas produire assez de nourriture pour satisfaire leurs besoins alimentaires.

Il est essentiel, pour bien saisir l'importance de ces résultats, de comprendre comment ils sont liés les uns aux autres, et comment ils influencent, ensemble, le profil sanitaire dans la région d'étude.

Dans un premier temps, cet article se penche sur la façon dont l'intensification de la riziculture de bas-fond influence les activités de production agricole, les sources de revenus et le statut social des femmes. Nous tentons ensuite de comprendre comment l'évolution du statut des femmes contribue à refaçonner le profil épidémiologique du paludisme dans le Nord de la Côte d'Ivoire.

Une première différence qui ressort de la comparaison des villages des agro-systèmes R_1 et R_2 concerne la distribution des cultures vivrières. Dans les villages R_1 , les champs familiaux situés sur les plateaux sont utilisés pour la culture du coton (principale culture de rente), du riz pluvial, du maïs et du mil. Les bas-fonds (champs personnels des femmes), quant à eux, servent principalement pour la culture du riz en saison des pluies et à des activités de maraîchage durant la saison sèche. Dans les villages R_2 , on constate que le riz pluvial a à peu près complètement disparu des plateaux et que les superficies de maïs et de mil sont significativement moins étendues. Les bas-fonds sont, en revanche, utilisés à long terme d'année. Ils servent essentiellement pour la culture du riz, et le maraîchage ne se fait plus qu'en périphérie de ces derniers.

On peut donc dire que l'extension des activités de riziculture irriguée s'est accompagnée d'un transfert des cultures vivrières traditionnellement réalisées dans les champs familiaux, sur les plateaux, vers les champs personnels des femmes,

dans les bas-fonds. Les terrains ainsi libérés sur les plateaux sont réutilisés par les hommes pour la culture du coton.

Traditionnellement, chez les Sénoufos, l'essentiel de la nourriture consommée par les ménages est produit sur les champs familiaux (sur les plateaux), sous la direction du chef de famille. Ce dernier est responsable de la gestion des récoltes et doit pourvoir aux besoins de tous ses dépendants. Le riz et les produits maraîchers provenant des champs personnels des femmes sont emmagasinés dans des greniers indépendants, gérés par les femmes elles-mêmes, et peuvent être vendus pour répondre à des besoins personnels. La principale responsabilité des femmes en matière d'alimentation est de fournir la sauce pour les plats.

Le transfert de production du vivrier, des plateaux vers les bas-fonds, a entraîné une concentration du travail des hommes dans les cultures de rente sur les plateaux, transférant aux femmes la responsabilité de produire la nourriture, sur leurs parcelles dans les bas-fonds². Ce transfert de production est plus marqué dans les villages R_2 que dans les villages R_1 . Le rôle plus important joué par les femmes dans la production de nourriture leur confère davantage de contrôle sur la gestion des récoltes, mais les force à assumer une plus grande part des responsabilités du ménage autrefois assumées par les hommes.

En effet, étant donné que la plus grande partie de la nourriture est emmagasinée dans le grenier des femmes, les hommes s'attendent à ce qu'elles fournissent une proportion de plus en plus importante de la nourriture consommée par le ménage (nourriture autrefois fournie par le chef de ménage) (*tableau 1*). Dans les villages R_2 , plusieurs ménages dépendent presque exclusivement des récoltes faites par les femmes pour pourvoir aux besoins alimentaires de la famille.

L'expansion des activités agricoles durant la saison sèche entraîne également des conséquences importantes sur le statut économique des femmes. Durant la saison agricole, les femmes partagent leur temps entre les champs familiaux, sous la direction du chef de ménage, et leurs champs personnels. Le travail sur les champs familiaux est cependant priori-

¹ NUD*IST (*Non-numerical Unstructured Data Indexing Searching and Theorizing*) est un programme logiciel destiné à faciliter la codification des données, leur organisation et le croisement des catégories d'analyse.

² Il arrive que certains hommes (surtout des jeunes) possèdent des parcelles individuelles dans les bas-fonds, mais ils utilisent alors ces dernières pour la culture de produits destinés à la commercialisation.

Tableau 1**Contribution relative des hommes et des femmes à l'alimentation du ménage (en % de répondants)**

	R ₁	R ₂
Hommes principalement	61 %	34 %
Femmes principalement	21 %	43 %
Hommes et femmes	18 %	23 %

Men and women relative contribution to feeding the household (in % of respondents)

taire et elles ne travaillent sur leurs champs personnels que lorsque les travaux des premiers sont terminés.

Dans les villages R₁, durant la saison pluvieuse, les bas-fonds sont essentiellement utilisés pour la culture de riz inondé et, durant la saison sèche, pour des activités de maraîchage (irrigués manuellement). La plus grande partie du revenu des femmes provient de la vente de riz, de produits maraîchers, d'arachides et d'activités extra-agricoles de saison sèche comme la production de beurre de karité et de *sumbala*, l'artisanat, et la production de charbon de bois (*tableau 2*). Dans les villages R₂, l'implication des femmes dans la riziculture à longueur d'année restreint leur capacité à s'investir

dans des activités extra-agricoles de saison sèche et réduit leur capacité de production maraîchère. Elle les prive donc d'une de leurs principales sources de revenus.

De plus, malgré leur rôle accru dans la production et la gestion des récoltes de riz, les femmes ne peuvent bénéficier des revenus potentiels pouvant découler de leur commercialisation car les récoltes suffisent à peine aux besoins de la famille (en raison du transfert de responsabilités). Toute vente excessive de riz met ainsi en péril la sécurité alimentaire du ménage. Il apparaît donc que les revenus personnels des femmes sont affectés négativement par l'intensification de la production de riz de bas-fond.

Tableau 2**Provenance des revenus personnel des femmes**

	R ₁	R ₂
Vente de riz seulement	36 %	64 %
Vente de riz et maraîchage	45 %	20 %
Vente de riz, maïs et arachides	20 %	20 %
Vente de riz et de charbon de bois	24 %	0 %

Origin of women's personal income (in % of respondents)**Tableau 3****Autosuffisance de la production alimentaire du ménage (en % de répondants)**

	R ₁	R ₂
Production suffisante	39 %	25 %
Production insuffisante	42 %	61 %
Selon les années	19 %	14 %

Self-sufficiency of food production for households (in % of respondents)

Riziculture irriguée, systèmes de production et statut des femmes

Ces résultats contredisent au moins deux des postulats sous-jacents aux programmes de riziculture irriguée de bas-fond, à savoir que l'intensification de la riziculture irriguée améliore la nutrition et les conditions de sécurité alimentaire des populations qui la pratiquent, et qu'elle améliore la position sociale des femmes au sein de la société.

Sur le plan de la nutrition, on constate que le transfert des cultures vivrières des plateaux vers les bas-fonds a entraîné une réduction de certains types d'aliments, comme le riz pluvial, le mil et l'igname, au profit du riz irrigué. Ce processus n'est pas exclusivement dû à l'intensification de la riziculture de bas-fond mais découle également de l'attrait présenté par la culture cotonnière (seule vraie culture de rente dans la région). Il est cependant plus important dans les villages à deux récoltes (R₂) que dans ceux à une seule récolte (R₁).

Nos résultats indiquent également que les ménages des villages R₂ se plaignent davantage que ceux des villages R₁ de ne pas être autosuffisants sur le plan de la production alimentaire et de devoir acheter du riz ou du maïs sur les marchés à un moment ou à un autre de l'année³ (*tableau 3*).

Divers éléments peuvent être mis en avant pour expliquer ce phénomène. La réduction de la quantité de nourriture produite sur les plateaux y est partiellement liée, mais ne permet pas de l'expliquer à elle seule. Un autre élément explicatif important tient à la quantité de nourriture produite et revendue par les femmes. Bien que la quantité de riz produite en R₂ soit supérieure à celle qui est produite en R₁, comme les femmes n'ont plus accès aux revenus extra-agricoles de saison sèche, elles sont souvent forcées de vendre une partie de leur production pour faire face aux dépenses quoti-

³ Il faut préciser que cette recherche a pris place durant une année « à bonne pluviométrie ». Les résultats sur l'autosuffisance alimentaire des ménages dans les deux agrosystèmes auraient sans doute été différents si elle s'était déroulée en période de déficit pluviométrique.

diennes, aux imprévus et à leurs besoins personnels. Ce phénomène est renforcé par le transfert de responsabilités des hommes vers les femmes, à la suite duquel les femmes en R₂ se voient obligées d'assumer davantage d'obligations domestiques que celles des villages R₁.

On peut donc affirmer que les femmes ne peuvent profiter pleinement des bénéfices économiques découlant de l'extension des activités de riziculture de bas-fond durant la saison sèche, bien qu'elles effectuent la majorité des tâches qui y sont associées.

Repositionnement social des femmes et paludisme : quels liens ?

La seconde étape de cette étude a consisté à essayer de comprendre comment le repositionnement des femmes découlant des transformations du système de production agricole, de la renégociation des rôles et responsabilités au sein des ménages et de la disparition de certaines sources de revenu, affecte leur capacité à gérer les accès palustres et influence le profil épidémiologique dans la région.

Notre étude part du principe que les taux d'incidence du paludisme ne sont pas seulement influencés par les densités vectorielles et les taux de résistance des populations au parasite, mais aussi par les comportements de protection contre les vecteurs, ainsi que par la rapidité de réaction des individus lors de l'apparition de la maladie.

Sur le plan de la protection, nos résultats indiquent que les ménages des villages R₁ utilisent davantage de chasse-moustiques commerciaux (bombes insecticides, serpentins fumigènes) que ceux des villages R₂ (tableau 4). Cependant, comme les résultats des équipes biomédicales du Consortium santé de l'Adrao montrent que le taux d'inoculation est similaire dans les villages des deux agro-systèmes (130 piqures infectées/homme/année) [4], il est peu probable que les mesures de protection contre les moustiques puissent expliquer les taux plus élevés de prévalence du paludisme en R₂.

Il est donc nécessaire de porter une attention particulière aux stratégies adoptées par les individus (en particulier les

femmes) pour gérer les épisodes palustres. Selon notre étude, la capacité d'un individu à réagir lors de l'apparition des symptômes de la maladie dépend de trois facteurs : l'identification de ces symptômes, la possibilité de décider du type de recours (traitement) approprié pour le problème identifié et la capacité à assumer les coûts associés à ce traitement.

Il apparaît dans notre étude que la perception du paludisme et de ses causes ne varie pas entre les différentes communautés étudiées [14]. Nous nous concentrons donc sur la façon dont la transformation du statut des femmes influence le processus décisionnel et la capacité de ces dernières à réagir face à la maladie.

D'après les résultats de nos enquêtes, il semble que les femmes des villages R₁ jouent un rôle plus important dans le

processus de décision (tableau 5) et de prise en charge des dépenses liées à la santé (tableau 6) que celles des villages R₂. La plus grande capacité des femmes des villages à une seule récolte de riz à réagir lors de l'apparition des premiers symptômes de la maladie est notamment liée au fait que les revenus personnels dont ces dernières disposent sont supérieurs en R₁.

Chez les Sénoufos, la personne qui prend la décision de recourir à un traitement se doit d'en assumer les coûts. Les femmes des villages R₁ peuvent se permettre de jouer un rôle plus grand par rapport aux questions de santé et de décider du type de recours thérapeutique en cas de maladie, car elles ont les moyens d'assumer les charges associées à ces décisions. Dans les villages à double récolte (R₂), le transfert des cultures

Tableau 4

Méthodes de protection contre les moustiques utilisées par les ménages (en % de répondants)

	R ₁	R ₂
Moustiquaires	6 %	8 %
Bombes insecticides	70 %	42 %
Serpentins fumigènes	46 %	30 %
Méthodes traditionnelles	25 %	30 %

Means of protection against mosquitoes (in % of respondents)

Tableau 5

Personne prenant les décisions en cas de problèmes de santé (en % de répondants)

	R ₁	R ₂
Hommes seulement	47 %	66 %
Hommes et femmes	53 %	34 %

Person deciding which type of therapeutic recourse to seek in case of health problems (in % of respondents)

Tableau 6

Personne assumant les coûts des traitements en cas de problèmes de santé (en % de répondants)

	R ₁	R ₂
Hommes seulement	11 %	31 %
Hommes et femmes	89 %	69 %

Person bearing the financial costs of health treatments (in % of respondents)

vivrières des plateaux vers les bas-fonds et la renégociation des rôles et responsabilités au sein des ménages agissent comme un frein qui empêche les femmes de profiter des bénéfices générés par la double récolte de riz pour les rediriger vers les soins de santé.

Dans les villages R₁, les femmes ont plus rapidement recours à l'automédication moderne (nivaquine) et consultent plus rapidement au centre de santé en cas d'accès palustre persistant ou grave que dans les villages R₂ (où elles n'en ont pas les moyens). Une intervention rapide lors de l'apparition des premiers symptômes du paludisme permet de minimiser la gravité ou la force de ces symptômes et donc de réduire l'impact de l'épisode morbide sur l'état de santé général du patient. Dans les villages à double récolte de riz, la diminution de la capacité des femmes à réagir lors de l'apparition des premiers symptômes de la malaria, ainsi qu'une plus longue attente avant de recourir à des soins extérieurs, entraînent un affaiblissement plus grand de l'état de santé des enfants, et donc une plus grande vulnérabilité de ces derniers à de nouveaux accès morbides.

Conclusion

Dans le Nord de la Côte d'Ivoire, les transformations induites par l'extension de la riziculture de bas-fond sur le statut des femmes se traduisent par une réduction de la capacité de ces dernières à réagir lors de l'apparition des premiers symptômes de la maladie. Cette diminution de la capacité des femmes à s'investir dans les problèmes sanitaires est à notre avis un des facteurs déterminants expliquant les différences de profil épidémiologique entre les villages des agro-systèmes R₁ et R₂.

Dans le contexte des études sur les relations entre riziculture et paludisme, les résultats de nos travaux soulignent à quel point il est important de compléter les études « hôte/parasite/vecteur » par des approches plus systémiques, tenant compte du rôle central joué par les femmes dans la gestion des problèmes de santé et de l'impact des transformations agricoles sur ces dernières. Ils soulignent également la nécessité de porter une attention particulière au statut des femmes dans les programmes de lutte

contre le paludisme en Afrique de l'Ouest.

Le statut des femmes et leur capacité à gérer les problèmes de santé ne peuvent cependant pas être compris indépendamment des systèmes de production agricole et de leur impact sur l'organisation sociale et la répartition des revenus au sein des ménages ■

Références

1. Beloncle G. *Participation paysanne et aménagements hydro-agricoles*. Paris : Karthala, 1985 ; 340 p.
2. Oomen JMV, de Wolf J, Jobin WR. *Health and irrigation: incorporation of disease control measures in irrigation, a multi-faceted task in design, construction and operation*. ILRI publication 45, Wageningen : International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1990 ; 304 p.
3. Sheridan D. *Cropland or wasteland: the problems and promises of irrigation*. London : International Institute for Environment and Development, 1984 ; 97 p.
4. Dossou Yovo J, Diarrassouba S, Henry MC, et al. Rice production systems and malaria in the savanna of Ivory Coast: entomological input. *Trop Hlth Int Med* (soumis).

Résumé

La plupart des recherches menées sur les impacts sanitaires des hydro-aménagements en Afrique subsaharienne se sont concentrées sur les contacts « hôte/parasite/vecteur ». Les résultats d'études récentes indiquent cependant que les densités vectorielles ne sont pas suffisantes pour expliquer les variations des taux d'incidence du paludisme. Ce travail propose une approche plus systémique des relations existant entre les hydro-aménagements et le paludisme, fondée sur l'étude des transformations du système de production agricole, de leur impact sur le statut des femmes et sur les modes de gestion de la maladie. Elle suggère que les modifications du statut social et économique des femmes affectent leur capacité à gérer la maladie et représentent un facteur déterminant dans son évolution.

Summary

Lowland rice cultivation, women's autonomy and malaria in Northern Côte d'Ivoire

R. de Plaen, R. Geneau

During the last decade, the potential impact of water development projects on vector-borne diseases such as malaria has been drawing increasing concerns among researchers from the international community. Most research on the impact of irrigation on malaria concentrated on vector densities, levels of exposure, health services and technologies (prophylaxis and mosquito nets). In this paper, we argue that the "host/vector/parasite" triad which has been at the core of most research is insufficient to explain geographical variations in malaria incidence. Rather, we consider that it is essential to enlarge the scope of investigation and consider mechanisms by which factors such as agriculturally-generated changes in ecosystems and gender repositioning within the family organization, combine together and affect disease management scenarios.

This paper discusses how the intensification of lowland rice cultivation in Northern Côte d'Ivoire influenced the local society and gender relations, and how women's status affects malaria's health care system and contributes to the spatial variations in malaria's incidence. Our results demonstrate that transformations of the agricultural production system led to a reorganization of the social structure, affected women's personal income and resulted in a renegotiation of men and women's rights and responsibilities within the family. Women's repositioning resulting from the intensification of lowland rice cultivation led to a reduction of their capacity to manage disease episodes and contributed therefore to increase malaria's incidence among communities involved in intensive lowland irrigated-rice cultivation.

Cahiers Agricultures 2002 ; 11 : 17-22.

5. Henry MC, Rogier C, Nzeyimana I, et al. Inland valley rice production systems and malaria infection and disease in the savannah of Ivory Coast. *Trop Hlth Int Med* (à paraître).
6. Armelagos GJ, Goodman A, Jacobs KH. The ecological perspective of disease. In : Logan MH, Hunt EE, eds. *Health and the Human Condition*. North Scituate (Ma) : Duxbury Press, 1978 ; 443 p.
7. Livingstone FB. Anthropological implications of sickle-cell gene distribution in West Africa. *Am Anthropol* 1958 ; 60 : 533-62.
8. Corin E. The cultural frame: context and meaning in the construction of health. In : Amick III BC, Levine S, Tarlov AR, Chapand Walsh D, eds. *Society & Health*. New York : Oxford University Press, 1995 ; 390 p.
9. Kleinman A. *Patient and healers in the context of culture: an exploration of the borderland between anthropology, medicine and psychiatry*. Berkeley : University of California Press, 1980 ; 427 p.
10. Farmer P. *Infections and inequalities: the modern plagues*. Berkeley : University of California Press, 1999 ; 375 p.
11. Fassin D. *Les enjeux politiques de la santé*. Paris : Karthala, 2000 ; 344 p.
12. Fabricant SJ, Kamara SW. The financing of community health services in Sierra Leone: seasonality, socio-economic status gender and location factors affecting access to services. *UNICEF Bamako Initiative Technical Report Series* 1991 ; 8 : 29.
13. Halima AM, Trudy H, Robert WS. Child malaria treatment practices among mothers in Kenya. *Soc Sci Med* 1995 ; 40 : 1271-7.
14. Geneau R, De Plaen R, Teuscher MT, Amani C, Seka ML. Fighting against malaria in Ivory Coast: understanding local health beliefs is part of the solution. *Trop Hlth Int Med* (à paraître).

Rôle des paramètres de conception, de gestion et de maintenance des périmètres irrigués dans la transmission et la lutte contre la bilharziose au Maroc central

Hammou Laamrani, Eline Boelee

Au Maroc, les premiers cas de bilharziose uro-génitale étaient diagnostiqués en 1914 à Marrakech. De nombreuses études avaient démontré par la suite que la maladie était répandue dans les oasis au sud du pays, le long du versant sud de l'Atlas. Le développement des ressources en eau et l'extension des périmètres irrigués a créé des conditions favorables au développement et à la prolifération de populations de mollusques hôtes intermédiaires. Parallèlement, la migration des populations des zones d'endémie vers les plaines irriguées qui ont connu un essor économique et social a eu pour conséquence l'introduction de la maladie dans les périmètres nouvellement irrigués (carte 1). Cela a été le cas pour le périmètre de Zaïo au Nord et ceux de Tadla et de Tessaout Amont au Centre du pays. Les efforts de lutte contre la bilharziose déployés par le ministère de la Santé ont abouti à la maîtrise de la situation mais le risque de ré-émergence du problème

demeure éminent tant que l'objectif d'élimination de la maladie n'a pas été atteint [3]. Le principal atout dans l'effort de lutte demeure la chimiothérapie par des campagnes de masse où tous les cas détectés sont systématiquement traités. En plus, la lutte contre l'hôte intermédiaire par l'emploi de molluscicides chimiques constitue un moyen adjuvant. Au cours des dernières années, le recours aux méthodes de lutte environnementale a été adopté par le ministère au vu de la flambée des prix des molluscicides chimiques et leurs effets nocifs sur la faune non cible. L'expérience acquise dans l'utilisation des méthodes de lutte environnementale dans le périmètre irrigué de Tessaout Amont a montré la faisabilité et l'efficacité de certaines modifications du milieu dans la lutte contre le mollusque hôte intermédiaire, *Bulinus truncatus* [4, 5].

La présente étude a pour objectif de montrer le rôle de la conception des ouvrages d'irrigation et de la gestion de l'eau en termes de fréquence et de durée d'irrigation dans l'écologie et la dynamique des populations d'une part, et du contrôle des populations de l'hôte intermédiaire par des méthodes d'ingénierie simple dans les périmètres irrigués modernes, d'autre part. L'hypothèse de départ est que la compréhension de l'épidémiologie de la schistosomiase passe par une connaissance de l'écologie de l'hôte intermédiaire [6, 7]. Cette connaissance sert aussi de base à la conception et à la mise en place de méthodes de lutte adé-

quates, y compris des mesures d'engineering élémentaires peu coûteuses, durables et efficaces [8].

Matériel et méthode

Région d'étude

Le périmètre de Tessaout Amont est situé dans la partie Est de la plaine du Haouz à 70 km à l'est de Marrakech (carte 1). Il s'agit d'une plaine à vocation agricole avec essentiellement la culture de céréales et d'oliviers. La superficie irriguée est de 53 000 ha et la région appartient à l'étage bioclimatique aride. Les précipitations moyennes annuelles sont de 300 mm avec 200 mm au nord du périmètre (570 m d'altitude) et 400 mm dans la partie Sud (780 m d'altitude). La saison pluvieuse s'étend d'octobre à mai et est suivie d'une saison sèche. La température moyenne annuelle est de 20 °C avec des maxima allant jusqu'à 45 °C et des minima allant jusqu'à - 5 °C en hiver. L'évaporation moyenne mensuelle varie de 64 mm en janvier à 350 mm en août.

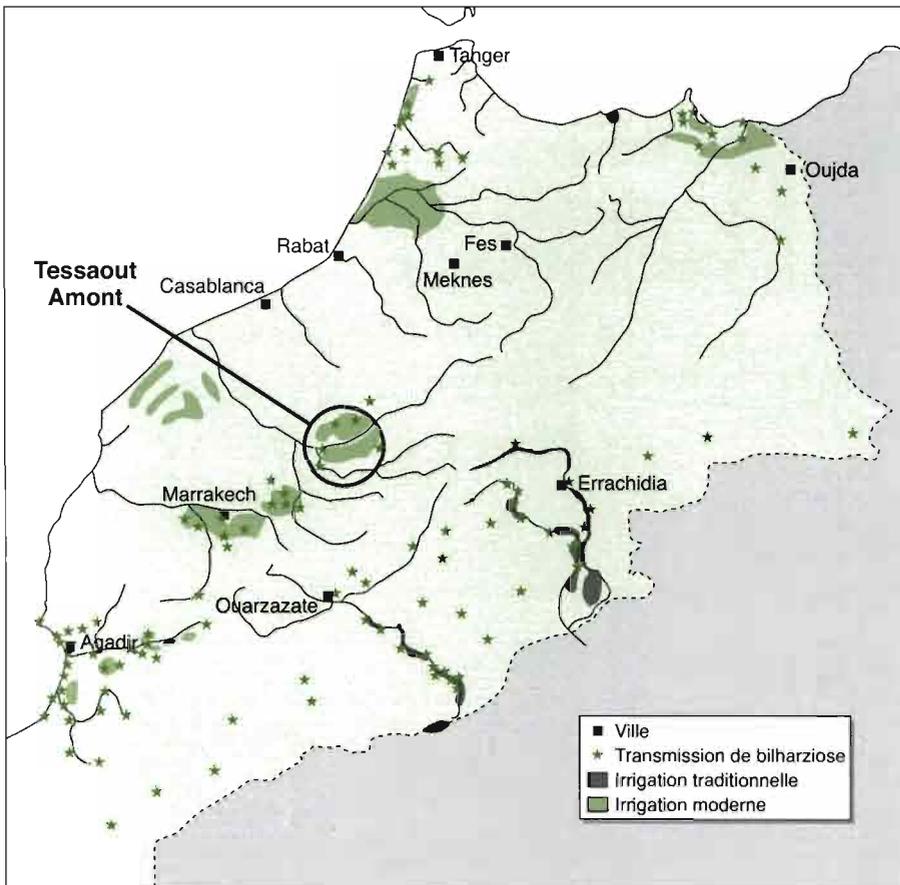
Sites d'étude

Tessaout Amont est l'exemple type d'un périmètre moderne d'irrigation gravitaire au Maroc. L'eau y est distribuée à partir du barrage Moulay Youssef qui alimente une station hydroélectrique puis un barra-

H. Laamrani : Département de biologie, Faculté des sciences Semlalia, BP 155, Gueliz Marrakech, Maroc. <laamrani2001@yahoo.co.hk>
E. Boelee : International Water Management Institute, PO Box 2075, Colombo, Sri Lanka. <e.boelee@cgiar.org>

Tirés à part : E. Boelee

Thèmes : Système agraire ; Eau, irrigation.



Carte 1. Répartition des périmètres irrigués et de la bilharziose au Maroc (d'après [1] et [2]). La région d'étude, le périmètre du Tessaout Amont, est située au Maroc central (indiqué par le cercle).

Map 1. Irrigated areas and sites of schistosomiasis transmission in Morocco (after [1] and [2]). The study area, the Tessaout Amont irrigation system in Central Morocco, is indicated by a circle.

ge de compensation. Ensuite, des canaux primaires de section trapézoïdale d'une longueur totale de 55 km, et où l'eau coule à ciel ouvert, desservent des canaux secondaires, cimentés, de section circulaire, débits et longueurs parfois au ras du sol. Ceux-ci, à leur tour, conduisent l'eau aux canaux tertiaires qui desservent une main d'eau, soit un débit de 30 l/s aux canaux quaternaires qui sont en terre et qui alimentent les parcelles. À la sortie des canaux secondaires et tertiaires, et au niveau des pistes et passages piétons, un système de siphons conçus avec un puisard amont (édifice cubique d'environ 2 m x 1 m x 1 m) et un puisard aval (mêmes dimensions) reliés par une buse souterraine (de 6 m en moyenne). La mise en eau est contrôlée à l'aide d'un système de vannes, vannettes et modules à masques. Les siphons étant sous le niveau du sol, ils contiennent en permanence de l'eau qui est utilisée en tant que source d'eau par les villageois. La gestion et

l'entretien du réseau sont assurés en partie par les usagers et en partie par l'Office de mise en valeur agricole du Haouz, agence gouvernementale responsable de la gestion et de l'exploitation du réseau.

Irrigation

L'eau délivrée au niveau d'un canal tertiaire est partagée entre plusieurs agriculteurs. Le débit total de 30 l/s est desservi par alternance entre les ayants-droits. Ce système de rotation permet une économie d'eau d'au moins 25 % par rapport à l'alimentation permanente du système d'irrigation. Dans les périodes à pluviométrie normale, la saison agricole est intensive entre avril/mai et septembre/octobre et la mise en eau devient intermittente, tout comme elle peut être arrêtée pendant des semaines hors de cette saison, en particulier après les précipitations. Le programme de la campagne agricole est établi en coordination entre les agriculteurs et les

autorités qui gèrent le réseau et est limité par les besoins en eau des cultures, la capacité du barrage et par les pratiques d'assolement.

Méthodologie

Dans l'étude de la distribution des mollusques sur l'ensemble du réseau d'irrigation, des échantillons ont été prélevés à l'aide d'une drague rectangulaire (200 mm x 100 mm) munie d'un filet moustiquaire d'un vide de maille de 0,8 mm.

Dans l'étude de l'effet de la gestion de l'eau sur la dynamique des populations de *Bulinus truncatus* et des possibilités de lutte environnementale, quatre siphons ont été choisis en fonction de la disponibilité de données précises sur la durée (en minutes) et la fréquence de l'irrigation au cours du mois. La durée de mise en eau et sa fréquence ont été notées par l'agriculteur qui assure la distribution du tour d'eau au niveau de chaque canal tertiaire, pour l'ensemble du mois durant une année, de novembre 1996 à octobre 1997. Au niveau de chacun de ces puisards, un prélèvement mensuel de mollusques a été effectué dans quatre sites.

Le rôle des méthodes de lutte contre les mollusques par modification de l'environnement a été évalué dans des siphons par comparaison avec un témoin n'ayant fait l'objet d'aucune modification. La première méthode de lutte évaluée consistait à couvrir 57 siphons afin de créer des conditions d'obscurité permanente. La couverture des siphons était réalisée à l'aide de dalles fer munies d'une portière permettant à la population d'accéder à l'eau stagnante tout en créant une obscurité permanente qui nuirait indirectement (et/ou directement) aux mollusques. La seconde méthode avait pour but d'évaluer l'effet des curages répétés des siphons sur les populations de mollusques. Réalisés par les agriculteurs, ces curages ont été effectués à trois reprises : au début, au milieu et à la fin de la campagne d'irrigation.

Analyse des données

Dans l'étude transversale de la distribution des bulins en fonction de la conception des ouvrages d'irrigation, la comparaison entre habitats a été faite par l'analyse de la variance à un seul facteur après transformation Log_{10} (densité +1).

Dans l'étude longitudinale de l'effet de la gestion de l'eau sur la densité des hôtes intermédiaires, pour chaque puisard, le

nombre de mollusques récoltés a été exprimé en tant que proportion de l'ensemble des mollusques récoltés durant l'année de suivi. Cela afin de contrôler les différences de densité de bulins entre siphons au démarrage de l'étude. Ensuite, la racine carrée de cette proportion a été transformée en utilisant une fonction arc sinus [9] afin d'obtenir une distribution normale et de stabiliser la variance. L'association entre la densité transformée et la fréquence (nombre de lâchers d'eau) et la durée (nombre d'heures) d'irrigation au cours du mois a été testée en utilisant l'analyse factorielle de la variance tout en ajustant l'effet du mois. L'analyse hiérarchique a été utilisée et l'effet du mois a été testé avant et après introduction des variables durée et fréquence d'irrigation. Ces analyses ont été faites séparément pour la période pré-irrigation (novembre/avril) et post-irrigation (mai/octobre).

Résultats

Rôle de la conception des siphons

Au total, 223 prélèvements ont été effectués au niveau de tous les types d'habitats susceptibles d'être colonisés par des mollusques dans le réseau d'irrigation. Les habitats ont été groupés en huit catégories. Les résultats de cette prospection malacologique sont regroupés dans le *tableau 1* et présentés graphiquement en *carte 2*. Cependant, la fréquence et la densité du bulin ont montré des différences significatives entre habitats ($F = 3,8$; $p < 0,01$). La fréquence de *B. truncatus* la plus élevée sur l'ensemble des 223 points prospectés a été enregistrée au niveau des puisards des canaux tertiaires. La densité la plus élevée au niveau de l'ensemble des canaux cimentés a été enregistrée également au niveau de ces mêmes ouvrages. Les siphons des canaux tertiaires sont caractérisés par une profondeur d'eau dépassant en moyenne 1,10 m, une végétation constituée essentiellement de diatomées, de quelques macrophytes flottantes et d'un dépôt de sable fin sur les bordures qui peut atteindre une épaisseur de 2 à 3 mm. L'eau coule dans ces ouvrages pendant 10 à 15 % du temps seulement. L'ensemble de ces conditions fait que les siphons tertiaires sont des gîtes favorables au développement des populations de bulins [4].

Tableau 1

Densité moyenne et fréquence de *Bulinus truncatus* au niveau du réseau d'irrigation de Tessaout Amont

Habitat	Nombre de stations	Fréquence	Densité
Canal primaire	13	0	0
Canal secondaire	24	41	3 (5,7)
Siphons secondaires	23	26	19 (75,2)
Siphons tertiaires	113	66	36 (96,8)
Siphons quaternaires	11	27	11 (32,9)
Drains	12	50	61 (137,2)
Canaux traditionnels	22	45	14 (33,4)
Rivière Tessaout	5	0	0

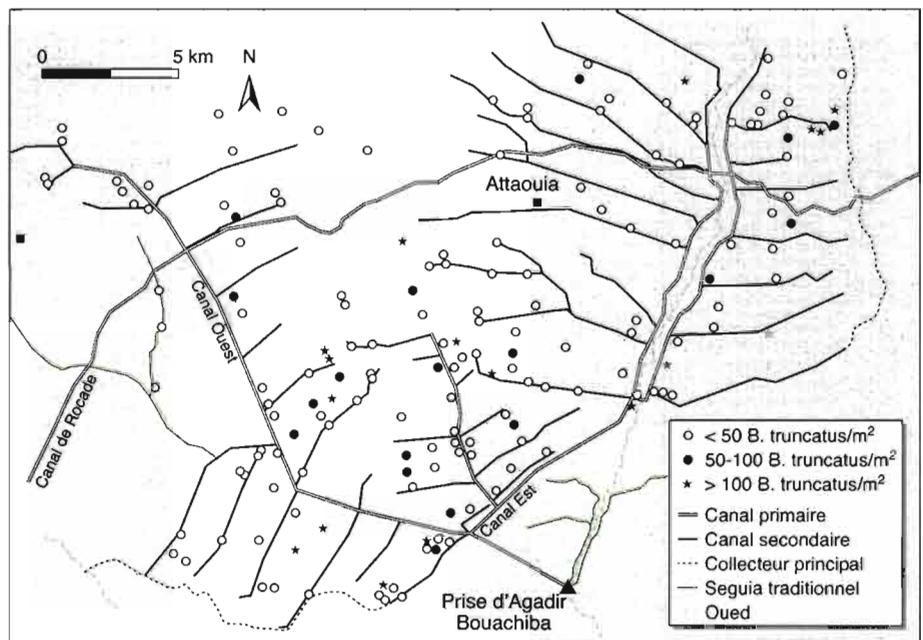
Les chiffres entre parenthèses indiquent l'écart type.

Average density and frequency of occurrence of *Bulinus truncatus* in the Tessaout Amont irrigation system (standard deviation is in between brackets)

Rôle de la gestion de l'eau

Bulinus truncatus était présent dans les siphons tout au long de l'année, avec cependant des différences assez importantes entre siphons, et au cours du temps au sein du même siphon. Le *tableau 2* montre que durant la période novembre 1996-avril 1997, la fréquence moyenne de l'irrigation était de moins de

deux lâchers alors que la durée moyenne de la mise en eau des canaux était de moins de dix heures par mois, exception faite de la station Laathamna. Durant les six mois qu'a duré la campagne d'irrigation, la fréquence moyenne de l'irrigation variait de deux à trois lâchers d'eau par mois et la durée minimale de mise en eau (46 heures par mois) a été enregistrée dans la station Dzouz.



Carte 2. Le réseau du Tessaout Amont au Maroc central, avec la répartition spatiale de *Bulinus truncatus*.

Map 2. The Tessaout Amont irrigation system in Central Morocco with the spatial distribution of *Bulinus truncatus*.

Tableau 2

Densité moyenne de *Bulinus truncatus* (\pm écart-type) et fréquence et durée d'irrigation pour les deux saisons avant et après irrigation

	Fréquence moyenne	Durée moyenne (heures)	Densité moyenne
Hors de la saison d'irrigation (novembre 1996-avril 1997)			
Dzouz	1,83 (0-4)	7,7 (0-15,06)	82,2 \pm 30,1
Laathamna	1,83 (0-4)	15,4 (0-46,30)	62,8 \pm 18,0
Lackhaoucha I	1,50 (0-3)	8,9 (0-19,30)	23 \pm 21,2
Lackhaoucha II	1,50 (0-3)	6,2 (0-16,30)	55,3 \pm 42,5
Durant la saison d'irrigation (mai 1997-octobre 1997)			
Dzouz	2,17 (0-4)	46,0 (0-120)	51,3 \pm 28,9
Laathamna	3,17 (1-4)	56,0 (8-160)	96,2 \pm 107,0
Lackhaoucha I	2,83 (1-4)	60,4 (4,45-118)	34,0 \pm 13,9
Lackhaoucha II	2,83 (1-4)	48,6 (6,30-72)	54,7 \pm 32,0

Les chiffres entre parenthèses indiquent les valeurs limites enregistrées.

Average density of *Bulinus truncatus* (\pm standard deviation) and frequency and duration of the water flow before and during the irrigation season (range of values in between brackets)

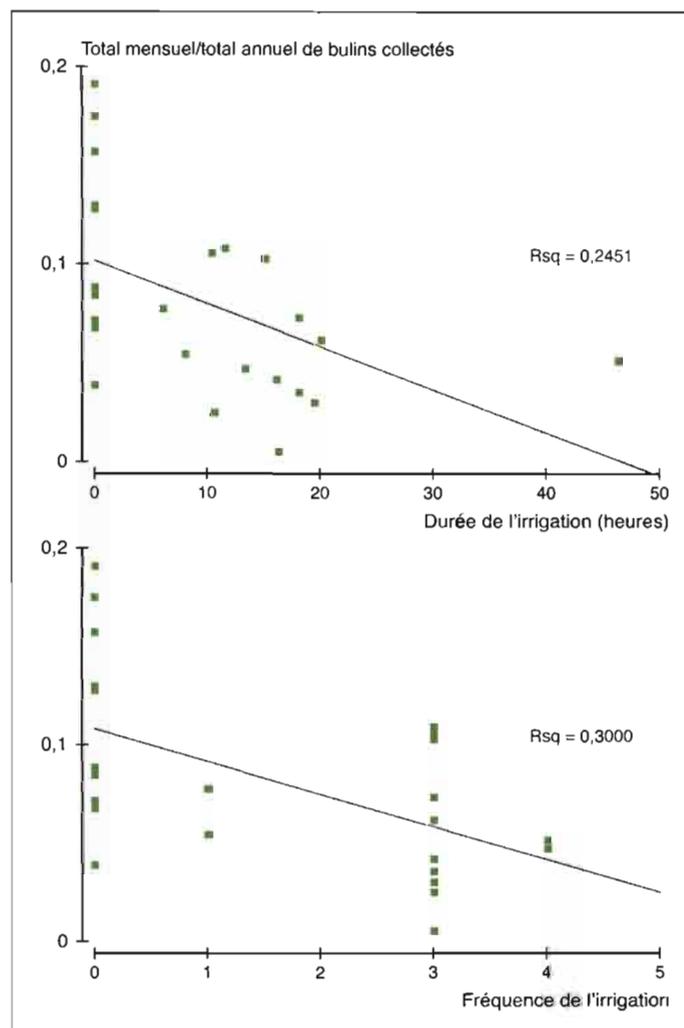


Figure 1. Fonction de la durée mensuelle (A) et de la fréquence moyenne (B) de l'irrigation. (Période novembre-avril.) (R² significatif à p < 0,05 pour la durée d'irrigation et à p < 0,01 pour la fréquence d'irrigation).

Figure 1. Relative number of collected snails at a function of the duration (A) and of the average frequency (B) of irrigation flows over the period November-April (R² is significant at p < 0.05 for the duration, and at p < 0.01 for the frequency of irrigation).

L'analyse factorielle simple de la variance a montré que l'effet de la saison sur les variations de densité a été hautement significatif (F = 4,74 ; p < 0,01). D'autre part, la fréquence de l'irrigation a eu un effet significatif sur la densité de *B. truncatus* (F = 8,29 ; p < 0,01) alors que l'effet de la durée d'irrigation n'était pas significatif. Avant la saison d'irrigation (novembre à avril), l'analyse du nombre de bulins collectés chaque mois par rapport à celui du nombre total annuel montre une corrélation significative avec la fréquence des lâchers d'eau (R² significatif à p < 0,05) et avec la durée de mise en eau (p < 0,01) (figure 1). Lors de la saison d'irrigation (mai à octobre), cette association n'était pas aussi significative.

Effet de la modification du siphon et de la maintenance sur les populations de mollusques

La figure 2 démontre que l'augmentation de la fréquence de l'entretien des siphons a entraîné une diminution rapide et substantielle de la densité des mollusques. Néanmoins, la recolonisation des puisards s'était effectuée à nouveau après quelques mois. L'effet direct du curage est conjugué à son impact sur la végétation (algues et macrophytes) et sur le sédiment qui lui sert de support. La végétation sert à son tour de support pour les œufs et d'abri pour les mollusques juvéniles et adultes.

Si la couverture des siphons par des dalles en métal munies d'une portière est plus rapide et efficace dans la réduction des bulins et de leurs pontes, elle a également l'avantage d'être durable. Elle a aussi abouti à l'élimination des larves de mollusques dans les siphons couverts, par comparaison aux témoins. Cette modification a été appréciée par les agriculteurs.

Discussion

Les résultats obtenus permettent de conclure que la conception des siphons des canaux tertiaires en fait des habitats favorables à *Bulinus truncatus*. La présence de l'eau en permanence dans ces ouvrages et sa mobilité intermittente garantissent la disponibilité d'une source

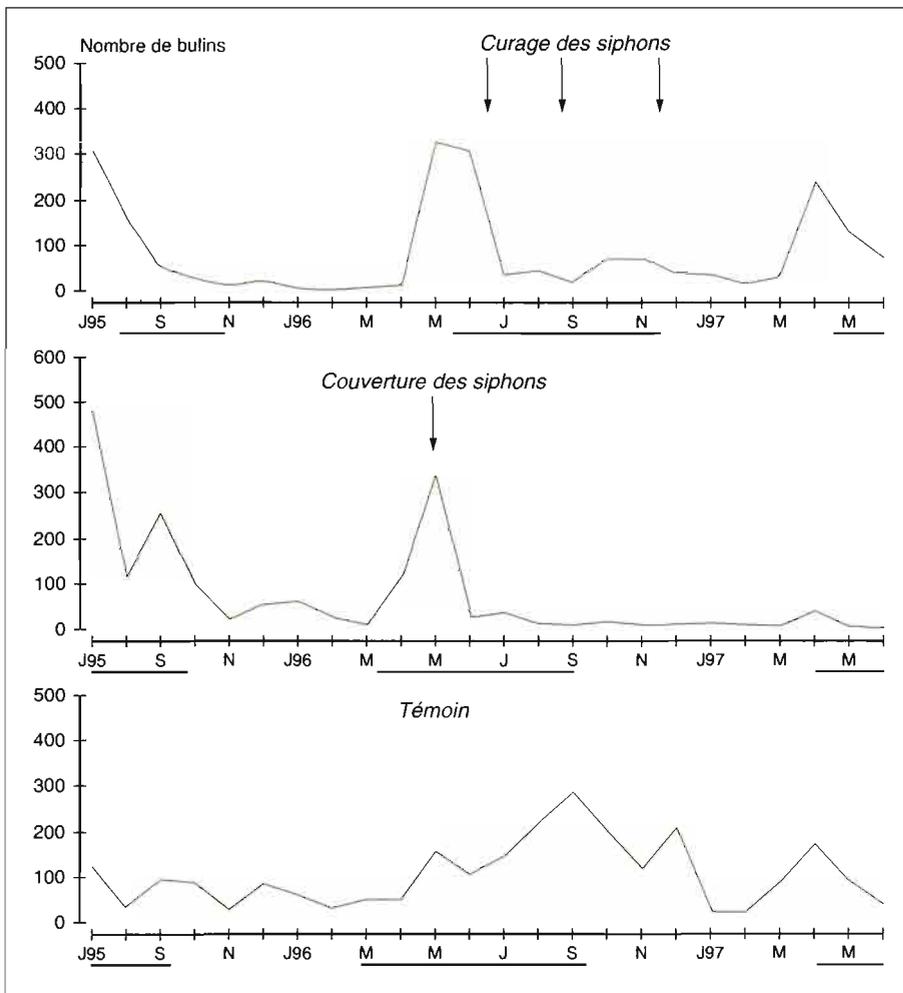


Figure 2. Variation de la densité des bulins avant et après mise en place de mesures de lutte environnementale en comparaison avec un site témoin (la durée de la saison d'irrigation est représentée par la ligne en bas du graphique).

Figure 2. Variations in the density of *Bulinus* snails before and after the implementation of environmental control measures, compared to a control site (the lines at the bottom of the graphs indicate the irrigation season).

de nourriture qui consiste en algues et macrophytes constamment présentes en font des biotopes de choix. Ces mêmes structures constituent dans certains cas la seule source d'eau pour les riverains. La substitution de ces siphons en U par des ouvrages en V rendrait cet habitat hostile aux mollusques et permettrait en même temps à la population riveraine d'accéder à l'eau des siphons qu'elle utilise pour la boisson et pour d'autres usages domestiques. Les siphons en V ont une pente plus raide, des buses entièrement couvertes et la croissance des algues et des macrophytes y est par conséquent très limitée ; enfin, ils ne peuvent être utilisés pour les baignades par les enfants qui sont la cible de la maladie dans la région [10]. En plus, la

perte de charge y est modérée, ce qui permet un écoulement rapide de type *flushing system* [11].

Les résultats de l'étude du rôle des paramètres de gestion de l'eau sur les mollusques montrent que l'augmentation de la fréquence d'irrigation aurait plus d'effet dévastateur sur les populations de bulins que la durée d'irrigation. L'interaction entre ces deux paramètres dans la régulation de la densité de *Bulinus truncatus* a été démontrée également. De ce fait, après chaque cycle d'irrigation, les mollusques subissent une dérive passive qui les draine vers les ouvrages situés en aval et finissent, parfois, par se trouver à l'entrée des canaux quaternaires puis dans les champs. En fait, la relation entre les paramètres de gestion des

réseaux d'irrigation et la lutte contre les hôtes intermédiaires a été signalée par de nombreux auteurs [12]. Il est admis que l'augmentation de la fréquence et de la durée de mise en eau des canaux réduit la densité des mollusques [13-15]. Dans le périmètre de Tessaout Amont, l'alimentation en eau des canaux se fait en rotation. En plus de l'efficacité du mode de rotation, ce mode de gestion fait que les canaux tertiaires ainsi que certains ouvrages s'assèchent complètement entre les périodes de mise en eau et n'abritent par conséquent pas de mollusques.

Bien que nos résultats démontrent l'importance de la dérive passive des mollusques due au courant d'eau, il semble que *B. truncatus* intensifie sa reproduction entre les cycles d'irrigation pour se maintenir dans un milieu agité de façon intermittente, comme cela a été souligné par ailleurs [4]. Néanmoins, l'augmentation de la fréquence de l'irrigation peut constituer un moyen de contrôle de la densité des mollusques. Elle nécessite cependant une collaboration étroite entre les agriculteurs, les responsables de la gestion du réseau et les autorités sanitaires. Le passage par la collaboration intersectorielle est incontournable pour le succès de cette mesure de lutte.

L'effet de la vitesse du courant dans la lutte contre les mollusques a fait l'objet de beaucoup d'investigations [14, 16, 17]. En fait, on a constaté [18] que la plupart des auteurs insistent sur le fait que les mollusques ne peuvent plus s'accrocher au substratum au-delà d'une certaine vélocité, alors que l'autre fait à ne pas perdre de vue est que le courant exerce un effet lessivant sur la nourriture des mollusques qui sont donc éliminés par un effet indirect du courant. Dans la région de Tessaout Amont, la réduction des dimensions des siphons et par conséquent l'augmentation de la vélocité a permis de réduire la densité des mollusques de façon significative et durable [19]. Cependant cette méthode ne peut être appliquée de façon généralisée à l'ensemble du réseau pour des considérations hydrauliques liées aux débordements des canaux en amont.

Le curage des siphons reste une méthode simple et efficace qui dépend de la communauté elle-même et qui profite non seulement à la lutte contre la bilharziose mais aussi à l'amélioration des performances des canaux d'irrigation. En effet, le nettoyage des buses augmente le débit et prévient les colmatages et les débordements qui s'en suivent et constituent une

Summary

The role of irrigation design and water management parameters in the ecology of transmission and control of schistosomiasis in central Morocco

H. Laamrani, E. Boelee

In Morocco, the design of surface irrigation systems is basically the same throughout the country with primary, secondary and tertiary canals made of concrete cement. The quaternary canals are earth canals that convey water to the plots. Siphon boxes found at the canal off-take are typical structures made of upstream and downstream boxes connected by an underground pipeline. Water flow is controlled through a system of gate regulators.

*A cross-section survey of the distribution of *Bulinus truncatus*, intermediate host of *Schistosoma haematobium* was carried out in the Tessaout Amont irrigation scheme affected by schistosomiasis. The study pointed out that the irrigation system design and management favour the occurrence and development of the snail population. This is partly due to the shape of the canals, which is telescope-like as the cross-section is decreasing from the head to the tail end. Water is stagnant in some of the canal structures between irrigation turns. The most suitable habitats for the intermediate hosts are siphon boxes locally named "puisards" or "regards". The highest frequency of occurrence of *B. truncatus* recorded in these habitats is mainly due to permanent stagnant water, with temperatures favourable to snail growth and reproduction throughout the year and ample availability of food that consists mainly of algae and detritus.*

*Furthermore, a one-year longitudinal survey was conducted in the same area. The results showed that the density of *Bulinus truncatus* decreased significantly when irrigation frequency and duration increased. Nevertheless, this negative correlation was more evident outside the irrigation season that starts in April/May and ends up in September/October. Subsequently, the same amount of water provided for irrigation can be served in several turns instead of one.*

In a further study, the effect of environment modifications on snail breeding and density was tested in the Tessaout Amont scheme. Covering the "puisards" to create permanent darkness in siphons led to a significant reduction of snails. Cleaning with the removal of vegetation and mud was effective too, but re-colonisation occurred within a few months. Such environment-friendly methods need an intersectoral approach to identify community-based measures that are necessary to ensure the sustainability of any mitigating measure. The engineering methods to control snails can be cost-effective and sustainable if the community is involved in their design and implementation.

Cahiers Agricultures 2002 ; 11 : 23-9.

perte pour l'agriculteur qui paie le volume desservi en tête de canal et non le volume qui parvient effectivement au niveau des champs. Le curage élimine directement les mollusques et expose leurs œufs au dessèchement mais il élimine aussi le support végétal qui assure la nourriture et l'abri contre l'effet du courant. Cette méthode a cependant l'inconvénient de nécessiter des interventions répétées. La couverture des puisards a, en revanche, l'avantage de nécessiter une seule intervention et d'être plus efficace que les curages répétés. Elle est donc durable et moins coûteuse à long terme. Elle a aussi une autre valeur ajoutée qui consiste à réduire la densité des moustiques qui se reproduisent dans les

siphons. Elle peut donc être utilisée également dans la lutte contre le paludisme par modification de l'environnement. En plus, la couverture permet aux agriculteurs de disposer d'une eau stagnante pour usage domestique plus protégée contre la pollution. Cette eau qui est également utilisée pour la boisson [20, 21] a aussi un impact positif sur la santé des usagers. Elle permet de plus de prévenir le colmatage des buses dû au jet de pierre et de terre dans les puisards.

Le coût pondéré de cette méthode combiné à son effet sur les vecteurs en fait donc une méthode de choix qui mérite d'être considérée au moment de la planification et de la conception du système d'irrigation gravitaire, en particulier dans

les zones où l'accès à l'eau souterraine est difficile ou à salinité élevée. Le recours au stockage des eaux de surface dans la zone Sud-Est de la région étudiée pose des problèmes [22] qui suscitent le recours à des méthodes d'amélioration des eaux de surface telles que celle que nous venons d'évaluer.

En conclusion, dans le périmètre de Tessaout Amont, la conception des siphons est en faveur du développement des bulins. La gestion de l'eau peut réduire la densité des populations de mollusques. L'utilisation de ce résultat dans la lutte contre les bulins serait possible dans le cadre d'une approche participative où les irrigants sont appelés à contribuer en gérant la même dotation en eau sous forme de plusieurs tours d'eau au lieu d'un seul. La fréquence des lâchers serait donc plus élevée et réduirait la densité des mollusques. La mise en application de ces mesures de lutte nécessite l'implication de la communauté cible afin de pouvoir assurer la durabilité de leur mise en application. Le curage répété des canaux peut être utilisé comme moyen adjuvant de lutte qui profite aussi à l'amélioration des performances des canaux d'irrigation. La méthode de lutte la plus efficace consiste à couvrir les siphons par des couvertures amovibles qui n'empêchent pas l'accès à l'eau des siphons. Le coût d'une telle mesure ne doit pas être mis sur le seul compte de la bilharziose puisqu'il profite à l'amélioration de la qualité de l'eau, à la prévention des nuisances et du paludisme et donc à l'amélioration de l'état de santé de la population et de son environnement. Elle permet en plus de prévenir le colmatage des buses dû aux jets de pierre et de terre dans les puisards ■

Remerciements

Les auteurs remercient l'IRD et les organisateurs du colloque « Eau et Santé Ouaga 2000 » d'avoir permis au Dr H. Laamrani d'y participer. Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet CE *Environmental control of schistosomiasis in irrigation schemes of the Mediterranean regions* (CT93-AVI-0004), avec le soutien de la Fondation néerlandaise pour le développement de la recherche tropicale (Wotro, bourse WB93-260). Nos remerciements vont aussi à l'équipe de l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan-II à Rabat sous la direction du Dr K. Khallaayoune, au Département de parasitologie de l'université de Leiden, à l'université de Wageningen, au Danish Bilharziosis Laboratory et à l'Institut de médecine tropicale prince Léopold à Anvers.

Références

1. Anafid. *L'irrigation au Maroc*. Rabat : Association nationale des améliorations foncières, de l'irrigation et du drainage, 1991 ; 48 p.
2. Doumenge JP, Mott KE, Cheung C, et al. *Atlas de la répartition mondiale des schistosomiasis*. Genève : Ceget-CNRS, 1987 ; 400 p.
3. Laamrani H, Mahjour J, Madsen H, Khallaayoune K, Gryseels B. *Schistosoma haematobium* in Morocco: moving from control to elimination. *Parasitology Today* 2000 ; 16 : 257-60.
4. Khallaayoune K, Laamrani H, Madsen H. Distribution of *Bulinus truncatus*, the intermediate host of *Schistosoma haematobium* in an irrigation system, Morocco. *J Freshwater Ecol* 1998 ; 13 : 129-33.
5. Laamrani H, Khallaayoune K, Boelee E, Laghroubi MM, Madsen H, Gryseels B. Evaluation of environmental methods to control snails in an irrigation system in central Morocco. *Trop Med Int Hlth* 2000 ; 5 : 545-52.
6. World Health Organization. *The control of schistosomiasis*. Geneva : WHO, Technical Report Series 830, 1993 ; 86 p.
7. Sturrock RF. The intermediate host and host parasite relationships. In : Jordan P, Webbe G, Sturrock RF, eds. *Human schistosomiasis*. Wallingford : CAB International, 1993 : 33-85.
8. Madsen H. Ecological studies on the intermediate host snails and the relevance to schistosomiasis control. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 1992 ; 87 : 249-53.
9. Zar JH. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, Britain, 1984.
10. Khallaayoune K, Laamrani H. Seasonal patterns in the transmission of *Schistosoma haematobium* in Attaouia, Morocco. *J Helminthol* 1992 ; 66 : 89-95.
11. Boelee E. *Irrigation ecology of schistosomiasis: environmental control options in Morocco*. PhD Thesis Wageningen University, 1999 ; 200 p.
12. Oomen JMV, De Wolf J, Jobin WR. *Health and Irrigation*. Vol. 1. Wageningen, The Netherlands : International Institute for Land Reclamation and Improvement. Publication 45, 1990 ; 304 p.
13. Lanoix JN. Relation between irrigation, engineering and bilharziasis. *Bull Who* 1958 ; 18 : 1011-35.
14. McJunkin FE. *Engineering measures for control of schistosomiasis. A report for the Agency for International Development*. Washington DC : 1970 ; 66 p.
15. Kloos H, Lemma A. Bilharziasis in the Awash valley. II. Molluscan fauna in an irrigation farms and agricultural development. *Ethiop Med J* 1974 ; 12 : 157-73.
16. Scorza JV, Silva J, Gonzales L, Machado R. Stream velocity as a gradient in *Australorbis glabratus* (Say, 1818). *Zeitschrift Für Tropenmedizin und Parasitologie* 1961 ; 12 : 191-6.
17. Jobin WR, Laracuente A, Mercado R, Negron-Aponte H. Critical water velocities for snail habitats in canals. *J Environ Eng* 1984 ; 110 : 279-82.
18. Appleton CC. Review of literature on abiotic factors influencing the distribution and life cycle of bilharziasis intermediate host snails. *Malacological Review* 1978 ; 11 : 1-25.
19. Laamrani H, Khallaayoune K, Madsen H, Mahjour J, Gryseels B. New challenges in schistosomiasis control in Morocco. *Acta Trop* 2000 ; 77 : 61-7.
20. Watts S, Khallaayoune K, Bensefia R, Laamrani H, Gryseels B. The study of human behaviour and schistosomiasis transmission in irrigated areas in Morocco and Egypt. *Soc Sci Med* 1998 ; 46 : 755-65.
21. Boelee E, Laamrani H, Khallaayoune K, Watts S. Domestic water use in Morocco's Tessaout Amont irrigation system. *Waterlines* 1999 ; 18 : 21-3.
22. Laamrani H, Khallaayoune K, Laghroubi M, et al. Domestic use of irrigation water in central Morocco. *Water Int* 2000 ; 25 : 410-7.

Résumé

Au Maroc, les réseaux d'irrigation gravitaires ont été à l'origine de l'introduction de la bilharziose dans des régions où elle n'était pas connue avant l'aménagement hydro-agricole.

Une étude transversale de la distribution de *Bulinus truncatus*, hôte intermédiaire de *Schistosoma haematobium* au Maroc, a été réalisée au niveau du périmètre irrigué de Tessaout Amont qui constitue un foyer de bilharziose. Elle a montré que la conception et la gestion du réseau pouvaient favoriser l'installation et la prolifération des populations de mollusques. C'est le cas de la conception télescopique des canaux qui diminuent de section de l'amont vers l'aval et celui lié à une eau qui reste stagnante dans certaines sections et structures (notamment des siphons, des ouvrages d'angles et de chute), même hors de la période de mise en eau du réseau. Les puisards des canaux tertiaires sont les habitats les plus colonisés par *Bulinus truncatus*. Pendant la quasi-totalité de l'année, l'eau y est stagnante et la nourriture, notamment les algues et du débris, y sont disponibles. La température de l'eau y est favorable au développement et à la reproduction des mollusques.

Une étude longitudinale menée au niveau des puisards sur une année dans le même réseau a démontré que la densité des populations de *Bulinus truncatus* diminue quand la fréquence de l'irrigation et sa durée augmentent. Cette corrélation négative est d'autant plus significative en dehors de la campagne d'irrigation. Ainsi la même quantité d'eau délivrée aux irrigants en plusieurs tours d'eau au lieu d'un seul pourrait être un moyen de réduire l'abondance des mollusques dans ces ouvrages.

L'effet du curage répété et de la couverture des siphons colonisés par les mollusques ont été testés dans la lutte contre les mollusques. Les résultats obtenus démontrent que, dans la lutte contre le mollusque hôte intermédiaire, l'ingénierie élémentaire peut être moins coûteuse et tout aussi efficace que les mesures de lutte chimique à condition qu'elle repose sur une connaissance de l'écologie du vecteur et qu'elle soit acceptée par les agriculteurs afin d'en assurer la durabilité.

Instructions aux auteurs

Les *Cahiers d'études et de recherche francophones/Agricultures*, revue bimestrielle, publient des articles originaux et des synthèses sur tous les aspects scientifiques, techniques, économiques, sociaux et organisationnels des activités agricoles au sens large, dans l'ensemble des pays de la francophonie.

La revue publiera régulièrement dans les rubriques suivantes :

- Synthèses réalisés par des spécialistes d'un sujet, faisant le point de manière précise et pédagogique sur la recherche fondamentale ou appliquée en agronomie, élevage, économie, foresterie, filières agro-alimentaires, environnement, vie rurale...

- Études originales : résultats de recherches, comptes rendus d'expériences dans les sciences et leurs applications (biologie, génétique, sol, eau, écologie, sciences de l'ingénieur, socioéconomie...), fondés sur le développement des agricultures au sens large.

- Notes de recherches : observations ponctuelles d'intérêt général ou résultats trop limités pour être publiés comme Étude originale. Les notes situent l'étude dans son contexte, exposent les faits et tirent des conclusions.

- Méthodes et Techniques sur un aspect particulier de la recherche-développement (équipements et produits, évaluation des matériels, organisation et gestion, coopérations...).

- Options : articles d'opinion sur l'environnement (forêts, déchets, eaux...) ; sur le développement (grands programmes nationaux, régionaux, internationaux de développement et politiques mises en œuvre, notamment dans le cadre des relations Nord-Sud) ; sur les ressources humaines (témoignages de terrain privilégiant le vécu)...

Les *Cahiers d'études et de recherches francophones/Agricultures* publient également des éditoriaux, des analyses d'ouvrages, des informations et des nouvelles brèves, des annonces et des comptes rendus de colloques, réunions et congrès.

Conditions de publication

Les *Cahiers d'études et de recherches francophones/Agricultures* publient préférentiellement des documents n'ayant pas fait l'objet d'une publication antérieure. Toutefois, un article dont la qualité a une valeur d'exemple peut être accepté, avec l'accord des auteurs et du directeur de la publication d'origine.

Tous les articles sont soumis à l'appréciation de deux lecteurs anonymes. En cas de litige, l'avis d'un troisième lecteur peut être demandé. Les corrections ou modifications sont proposées par le Comité de rédaction aux auteurs. Tous les articles acceptés pour publication bénéficient d'une assistance rédactionnelle en accord avec les auteurs. Les opinions émises sont celles des auteurs : elles n'engagent pas la responsabilité de la Rédaction.

Présentation des manuscrits

Les articles ne devront pas excéder 15 pages dactylographiées à l'exception des synthèses qui peuvent aller jusqu'à 25 pages, double interligne, 25 lignes par page, 60 signes par ligne, au recto seulement.

Les *Cahiers d'études et de recherches francophones/Agricultures* doivent pouvoir être consultés par des lecteurs anglophones et donc présenter des synthèses en anglais ainsi qu'une traduction systématique des légendes des illustrations.

Les manuscrits seront présentés de la manière suivante :

- une page de garde : titre de l'article, rubrique, titre court, titre anglais et références complètes des auteurs (fonction, raison sociale et adresse) ;
- un résumé en français de l'article (15 lignes maximum) ;
- trois à cinq mots clés réservés à l'indexation ;
- une mini-synthèse en anglais. "Abridged version" de 2 pages dactylographiées faisant référence aux tableaux, figures et photos ;
- le texte, sans illustrations ;

- les illustrations (schémas, tableaux et photographies) accompagnées de légendes détaillées et appelées dans le cours du texte ;

- des références bibliographiques (30 au maximum, 60 pour les synthèses) selon les normes définies ci-dessous ;

- des intertitres courts doivent être proposés ;

- il est souhaitable que les disquettes de traitement de texte (3 pouces 1/2) indiquent le logiciel et le système utilisé (IBM, Macintosh).

Les notes de recherches n'excéderont pas 5 pages, 6 références bibliographiques, 2 illustrations (figure, tableau ou photo) ; un résumé anglais de 10 lignes est indispensable.

Références bibliographiques

Les références bibliographiques seront classées selon leur ordre d'apparition dans le texte où elles seront appelées par leur numéro placé entre crochets. Nommer tous les auteurs lorsqu'il y en a 6 ou moins ; au-delà, indiquer les trois premiers suivis de *et al.*

Les références doivent présenter dans l'ordre :

- Pour les articles de revues : Noms des auteurs suivis des initiales de leurs prénoms. Titre de l'article (dans la langue d'origine). Nom de la revue abrégé et en italiques (pas de ponctuation après les abréviations) année ; volume : première-dernière page de l'article.

Exemples : 1. Casse-Delbart F, Tepfer M. Essais en champs : savoir ce que l'on transfère. *Biofutur* 1990 ; 91 : 56-9.

2. Ebert KM, Slegrath JP, DiTullio P, et al. Transgenic production of a variant of human tissue-type plasmonogen activator in goat milk : generation of transgenic goats and analysis of expression. *Bio/Technology* 1991 ; 9 : 835-8.

- Pour les articles de livres : Même présentation des auteurs. Titre de l'article (dans la langue d'origine). In : noms et initiales des « editors ». Titre du livre en italiques. Ville : nom de l'éditeur, année de publication : première et dernière page de l'article.

Exemple : 3. Lepoivre P, Kummert J. Le diagnostic des maladies parasitaires. In : Semal J, ed. *Traité de Pathologie végétale*. Gembloux : Presses Agronomiques, 1989 : 361-79.

- Pour les livres : Même présentation des auteurs. Titre du livre en italiques. Ville : nom de l'éditeur, année de publication ; nombre de pages.

Exemple : 4. Demarly Y, Sibi M. *Amélioration des plantes et biotechnologies*. Paris : John Libbey Eurotext, 1987 ; 35 p.

Illustrations

Les illustrations seront impérativement fournies sur feuilles séparées et légendées de façon détaillée en français et en anglais. Un exemplaire suffit mais le double doit être conservé par les auteurs.

Pour les documents reproduits sans modification, indiquez les références exactes (auteurs de l'ouvrage, éditeur...) afin d'en permettre la demande de reproduction.

Toutes les illustrations placées dans le texte seront numérotées en chiffres arabes (*tableau 1*) (*figure 2*) (*photo 3*) et leur place d'insertion dans le texte doit être indiquée sur le manuscrit. Veuillez indiquer au dos de chaque document : le nom de l'auteur, le numéro de l'illustration.

Manuscrits

Les manuscrits doivent être adressés en trois exemplaires accompagnés d'une disquette à Jean Semal et Didier Spire, Rédacteurs en chef des *Cahiers Agricultures*, Éditions John Libbey Eurotext, 127, avenue de la République, 92120 Montrouge, France.

Tél. : 01 46 73 06 60, Fax : 01 40 84 09 99.

La rédaction remercie les auteurs de leur contribution à la revue.

Développement du maraîchage autour des eaux de barrage à Ouagadougou : quels sont les risques sanitaires à prendre en compte ?

Guéladio Cissé, Mathieu Kientga,
Boureïma Ouédraogo, Marcel Tanner

L'intérêt économique et social de l'agriculture urbaine pour des ménages pauvres, l'existence de nombreux faits accomplis d'utilisation d'eau polluée par des populations peu conscientes des risques sanitaires, la faiblesse des institutions publiques susceptibles de faire respecter des directives sanitaires ou de mettre en place des ouvrages de traitement collectif des eaux usées, la pauvreté et la vulnérabilité des acteurs (populations défavorisées), la nécessité pour les scientifiques de contribuer à la recherche de solutions qui améliorent les situations avec les acteurs eux-mêmes : tels sont quelques-uns des plus importants enjeux en matière de recherche sur la pollution des eaux utilisées en agriculture urbaine dans le contexte sahélien.

G. Cissé : Centre suisse de recherches scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS), BP 1303 Abidjan 01, Côte d'Ivoire.
<gueladio.cisse@csrs.ci>

M. Kientga : École inter-États d'ingénieurs de l'équipement rural (EIER), 03 BP 7023 Ouagadougou, Burkina Faso.
<mathieu.kientga@eier.org>

B. Ouédraogo : Université de Ouagadougou, FLASH, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso.
<boureïma.deda@cenatrin.bf>

M. Tanner : Institut tropical suisse, Socinstrasse 57, 4002 Bâle, Suisse.
<marcel.tanner@unibas.ch>

Tirés à part : G. Cissé

Thèmes : Nutrition, hygiène et alimentation humaine ; Système agraire ; Eau, irrigation.

De 1994 à 1999, l'École inter-États d'ingénieurs de l'équipement rural (EIER), en partenariat avec l'Institut tropical suisse (ITS), l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS), a conduit des travaux de recherche multidisciplinaire sur la réutilisation des eaux usées en maraîchage urbain dans deux capitales de pays sahéliens (Ouagadougou au Burkina Faso et Nouakchott en Mauritanie), sur financement du Programme prioritaire environnement (PPE) du Fonds national suisse de recherches scientifiques (FNRS).

Cette étude présente ceux des principaux résultats du projet qui sont relatifs aux risques sanitaires sur les sites de maraîchage existants autour de deux retenues d'eau dans la ville de Ouagadougou.

Problématique

L'explosion démographique et l'extension fulgurante des villes africaines, notamment dans les zones périurbaines, consécutives au phénomène d'urbanisation, provoquent un accroissement rapide des besoins en eau, ce qui entraîne une très grande pression sur les eaux de surface (eaux de marigots, eaux de barrages) dans les villes. Alors que la ville a longtemps été synonyme d'accessibilité facile à de l'eau de qualité (adduction d'eau potable) et suffisante pour tous les citoyens, toutes les eaux disponibles (y compris les eaux usées générées) rentrent obligatoirement aujourd'hui dans les stratégies de gestion intégrée des ressources en eau.

La pratique de l'agriculture urbaine constitue l'une des problématiques cruciales qui augmente la pression sur les besoins en eau dans les villes. Dans les pays sahéliens, l'agriculture est couramment pratiquée en milieu urbain et périurbain. On compte environ 200 millions d'habitants de villes de pays en développement qui sont aujourd'hui des agriculteurs urbains [1]. L'agriculture, de façon générale, est grande consommatrice d'eau. Dans les conditions arides du Sahel, les exploitants agricoles en milieu urbain sont amenés à utiliser différentes sources d'eaux pour l'arrosage de leurs légumes. Sur certains sites, ils utilisent des eaux usées non traitées, coulant dans les rigoles ou canaux d'évacuation d'eaux pluviales, pouvant provenir aussi bien des ménages que des industries.

La présence, dans la ville, de retenues d'eau ou d'eaux de surface plus ou moins abondantes, de façon saisonnière ou permanente, est une grande aubaine au Sahel pour les populations désirant s'adonner à l'agriculture non pluviale. La présence de ces eaux de surface favorise le maintien « d'îlots de ruralité » au centre ou en périphérie des villes [2]. C'est le cas pour des villes comme Niamey au Niger (fleuve), Bamako au Mali (fleuve) et Ouagadougou au Burkina Faso (barrages). En revanche, une ville comme Nouakchott n'a pas de telles ressources dans son tissu urbain (pas de fleuve, ni de rivière, ni de retenue d'eau).

La ville de Ouagadougou, objet de la présente étude, est traversée par un réseau hydrographique constitué de marigots et de canaux aménagés pour

l'évacuation des eaux pluviales, marqué notamment par la présence de retenues d'eau importantes (barrages I, II et III, retenue d'eau de Boulmiougou). Les plus grandes superficies de maraîchage se trouvent autour de ces retenues (Boulmiougou, Tanghin, Tampouy), et la période d'activité y est plus longue par rapport aux autres sources d'eau possibles (puits, marigots).

Le maraîchage est une activité relativement récente dans les pays sahéliers [3-5]. Certaines sources indiquent que c'est aux pères blancs (1920-1930) que l'on doit l'initiation aux cultures maraîchères et leur promotion dans la région de Ouagadougou [4]. Au Mali, le rôle des colonisateurs dans l'introduction du maraîchage urbain est confirmée dans certaines sources qui indiquent que le premier périmètre maraîcher urbain à Bamako, dit « jardin du commandant », date du début du siècle et était entretenu par une main-d'œuvre pénale [5]. Selon les maraîchers de Boulmiougou, c'est leur site qui a abrité les premières cultures maraîchères de la ville de Ouagadougou. Les enquêtes conduites en 1994 dans le cadre du projet EIER/ITS/EPFL avaient montré que les années d'expériences dans la pratique du maraîchage étaient plus importantes sur ce site : 1 à 16 ans à l'Abattoir, 2 à 20 ans à Canal Central, 2 à 25 ans à Tanghin, 5 à 30 ans à Boulmiougou [6].

L'activité de maraîchage autour des barrages constitue une source importante de nourriture et de revenus pour de nombreux ménages pauvres en milieu urbain. Cependant, les eaux de ruissellement, charriant des déchets divers, arrivent dans les barrages avec une forte charge de pollution. Par ailleurs, ces eaux font l'objet de nombreux usages qui augmentent leur pollution. On note une forte concurrence entre différents usagers pour l'utilisation de l'eau disponible dans les barrages : nettoyage de véhicules, lessive, abreuvement d'animaux, alimentation de chantiers de construction. Les eaux de barrage proviennent d'eaux de ruissellement qui charrient plusieurs déchets dans un environnement urbain mal assaini. Elles peuvent donc atteindre un niveau de pollution quasiment identique à celui de certaines eaux usées.

L'utilisation des eaux usées pour l'irrigation comporte un certain nombre de risques, à cause de la présence de nombreux agents pathogènes (virus, bactéries, parasites) dans les eaux, les sols et les végétaux. C'est ce qui a conduit l'Organisation mondiale de la santé (OMS) à

édicter des directives en 1989. L'OMS recommande notamment, pour des eaux destinées à l'arrosage de légumes susceptibles d'être consommés crus, qu'il n'y ait pas plus de 1 000 coliformes fécaux par 100 ml, et qu'il n'y ait aucun œuf d'helminthes par litre [7].

Il importe donc de s'assurer que dans les retenues urbaines et périurbaines, les eaux utilisées pour arroser des légumes comme la laitue n'atteignent pas des niveaux de pollution supérieurs aux seuils recommandés par l'OMS. L'investigation d'une telle problématique marquée par la multitude des chemins et liens à risque (entre eaux polluées, sol, végétaux, exploitants, revendeurs, traiteurs, consommateurs, ménages, etc.), et la recherche de solutions adaptées et acceptées, ne peuvent se faire que selon une approche interdisciplinaire (figure 1).

Méthodologie

Le projet de recherche a commencé par la localisation géographique des espaces de maraîchage dans la ville matérialisée sur une carte. Cette cartographie a aussi permis d'identifier la principale ressource en eau utilisée sur chaque site, d'évaluer les superficies exploitées par site [8, 9], et de choisir les sites méritant de faire l'objet du suivi microbiologique. L'enquête géographique a concerné toutes les rues de chaque commune. Une fiche d'inventaire des sites de maraîchage a été utilisée, sur laquelle les informations relatives au site ont été enregistrées par un enquêteur. La position géographique du site a été déterminée par un appareil Garmin GPS [10], l'objet étant indiqué sur une carte de la ville à l'échelle 1/10 000^e. Les données col-

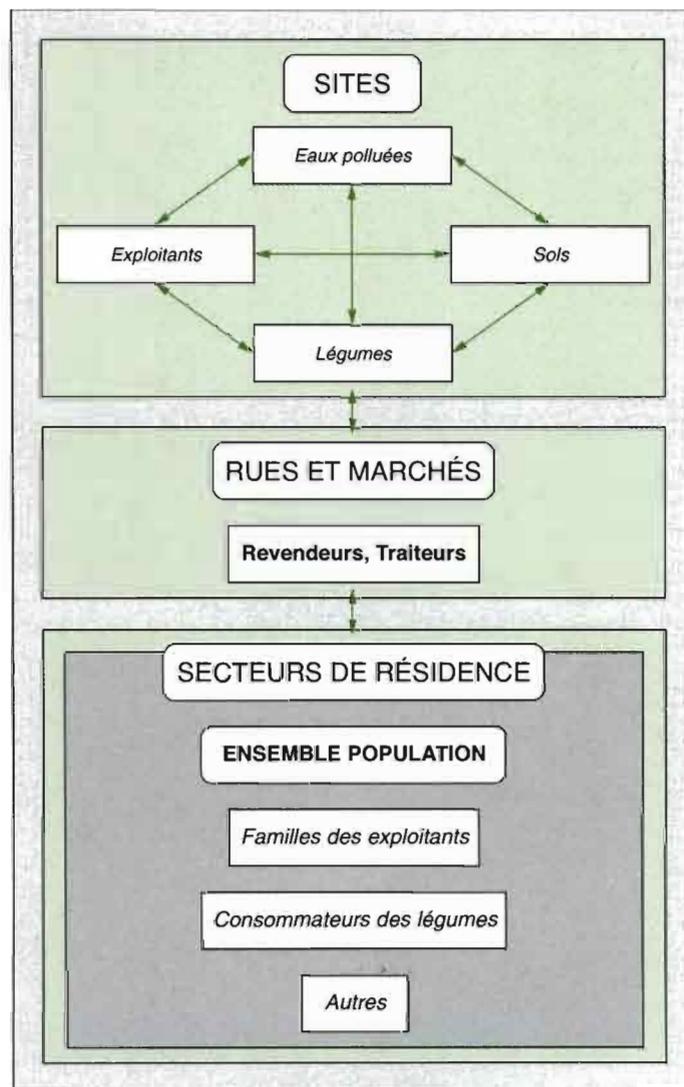


Figure 1. Illustration de la problématique de l'évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation d'eaux polluées en agriculture urbaine.

Figure 1. Illustrative framework of health risk assessment of polluted water usage in urban agriculture.

lectées par l'appareil GPS ont ensuite été converties à l'aide du logiciel PCX5 de Garmin [11] et traitées sous Excel. Des cartes thématiques ont été générées à l'aide du logiciel Mapinfo.

La démarche microbiologique a permis de suivre la pollution bactériologique (coliformes fécaux) et parasitologique (œufs d'helminthes et protozoaires) des eaux, des sols et des végétaux sur les sites de maraîchage les plus importants de la ville, dont les deux sites situés autour de retenues d'eau (sites de Boulmiougou et de Tanghin). Sur ces derniers, deux types d'eau ont été suivis : l'eau principale d'arrosage (eau de puits) et l'eau secondaire ou « témoin » (eau de barrage).

Pour la recherche des coliformes fécaux, chaque type d'eau a fait l'objet d'un prélèvement hebdomadaire pendant au moins deux années consécutives. Quelques perturbations circonstancielles dans ce rythme ont été enregistrées en saison des pluies et en saison sèche, jouant sur le nombre total d'échantillons. Au total, 174 échantillons d'eau de barrage (84 à Boulmiougou et 90 à Tanghin) et 172 échantillons d'eau de puits (82 et 90, respectivement) ont été analysés.

Pour la recherche des parasites, à la différence de celle des coliformes fécaux, le suivi visé était de deux prélèvements par mois. Les perturbations saisonnières mentionnées ci-dessus pour les prélèvements en bactériologie sont également entrées en jeu par rapport au nombre total d'échantillons effectifs. Malgré tout, c'est au total 54 échantillons d'eau de barrage qui ont été analysés.

La recherche des coliformes fécaux s'est effectuée suivant une méthode Afnor [8, 12]. La recherche des œufs d'helminthes s'est effectuée suivant la méthode Schwatzbrod (concentration et flottaison dans du sulfate de zinc) combinée à la méthode SAF [8].

Résultats et discussion

Localisation des sites, identification des sources d'eau et superficies exploitées

Les enquêtes géographiques ont trouvé 48 endroits de la ville, répartis sur 14 sec-

teurs, où apparaissent des cultures maraîchères, à une saison ou à une autre. Les sites de maraîchage sont localisés dans certains quartiers plutôt que dans d'autres. Certains sites disparaissent en saison sèche pour réapparaître en saison des pluies ou en saison fraîche. Les superficies maximales exploitées pour toute la ville se retrouvent en décembre, en milieu de saison fraîche. Les ressources en eau utilisées sont des eaux de puits, des eaux de canaux ou de rigoles et des eaux de barrages. La carte présente la localisation des principaux sites de maraîchage et des principales eaux de surface dans la ville.

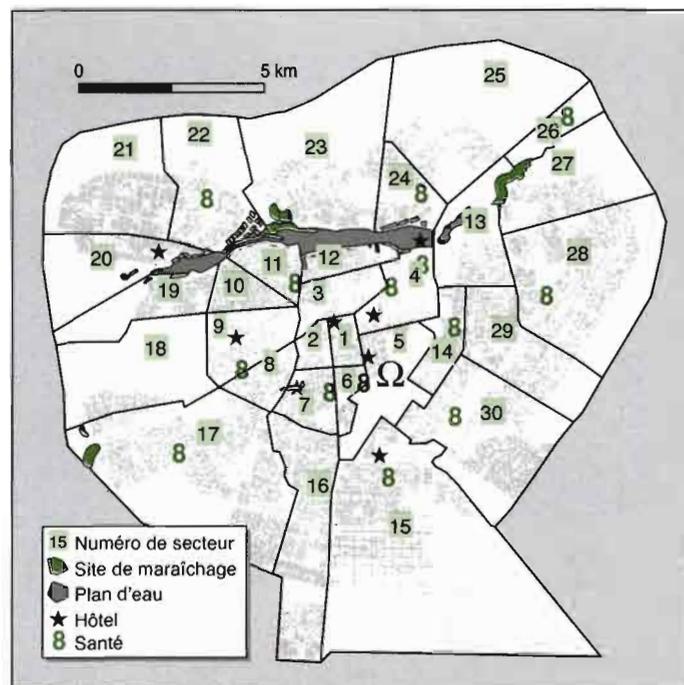
Les sites de maraîchage sont surtout permanents autour des ressources en eau des barrages et le long du canal central. Les sites de Boulmiougou à l'ouest de la ville (au secteur 17, sur la route de Bobo-Dioulasso) et de Tanghin au nord (secteur 23) apparaissent comme étant les plus importants sites de maraîchage localisés auprès de barrages. Ces deux sites comptent pour plus de 25 % de toutes les superficies exploitées en moyenne dans la ville sur toutes les saisons couvertes par l'enquête géographique.

Pollution microbiologique des eaux

Les niveaux moyens de pollution hebdomadaire en CF/100 ml sont quasiment identiques pour les eaux de barrage et les

eaux de puits aussi bien sur le site de Boulmiougou (les différences n'étant pas significatives, $p = 0,26$) que sur le site de Tanghin ($p = 0,03$). Les niveaux de pollution des eaux de puits sont en général au-dessus des seuils de l'OMS (figures 2 et 3). La courbe de variation des eaux de puits reste généralement au-dessus de celle des eaux de barrage à Boulmiougou. À Tanghin, en revanche, aucune des courbes ne reste de manière nette au-dessus de l'autre. Les maxima avoisinent 10^6 CF/100 ml. Les niveaux les plus élevés se situent généralement en saison sèche, puis en juillet et en septembre. Les niveaux les plus bas s'enregistrent en janvier et en février. Les pollutions marquent une tendance à la croissance entre février et juin. Les tendances à la réduction de pollution se présentent entre octobre et janvier (saison fraîche). Les niveaux moyens de pollution hebdomadaire en CF par 100 ml sont quasiment identiques pour les eaux de barrage sur les deux sites de Boulmiougou et de Tanghin (tableaux 1 et 2).

En parasitologie, les échantillons d'eau de barrage de Boulmiougou présentent une proportion de pollution parasitologique plus élevée que ceux de Tanghin (36 % contre 27 %). Sur chacun des sites, les eaux de barrage présentent une proportion plus importante d'échantillons positifs que les eaux de puits (36 % contre 5 % à Boulmiougou, et



Carte. Position géographique des principaux sites de maraîchage et des principaux plans d'eau dans le tissu urbain de Ouagadougou.

Map. Spatial location of the main homegardening sites and water stretches in the urban fabric of Ouagadougou city.

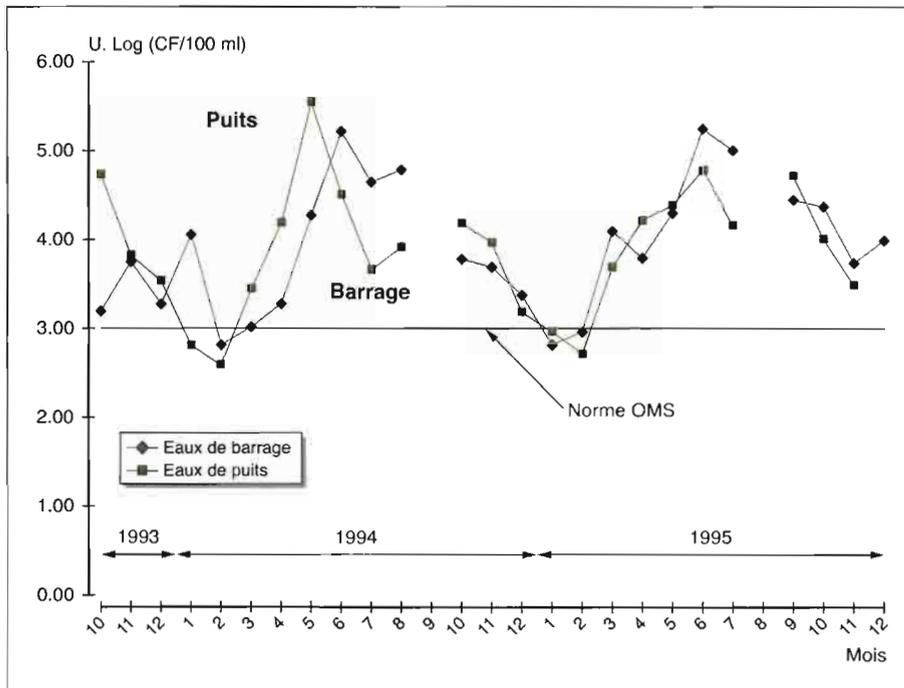


Figure 2. Variation mensuelle de la pollution en coliformes fécaux (CF/100 ml) des eaux d'arrosage sur le site de maraîchage de Boulmiougou, d'octobre 1993 à décembre 1995.

Figure 2. Monthly variation of faecal coliform concentration (FC/100 ml) in the water used for homegardening purposes at the Boulmiougou site, from October 1993 to December 1995.

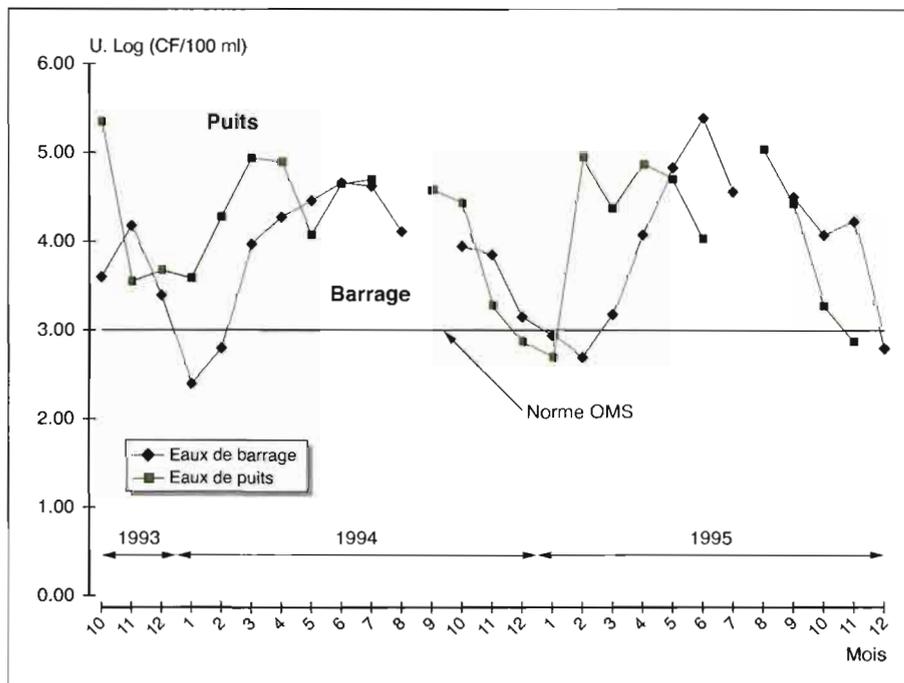


Figure 3. Variation mensuelle de la pollution en coliformes fécaux (CF/100 ml) des eaux d'arrosage sur le site de maraîchage de Tanghin, d'octobre 1993 à décembre 1995.

Figure 3. Monthly variation of faecal coliform concentration (FC/100 ml) in the water used for homegardening purposes at the Tanghin site, from October 1993 to December 1995.

27 % contre 13 % à Tanghin). Alors que les eaux de barrage de Boulmiougou sont plus contaminées par les ankylostomes (21 %), celles de Tanghin le sont plus par les ascaris (27 %).

Les niveaux de pollution trouvés dans les eaux de barrage sont plausibles au regard d'un certain nombre d'éléments. Les eaux de barrage proviennent du ruissellement des eaux de pluie. Vu l'importance des dépôts d'ordures anarchiques et des rejets d'eaux usées dans les quartiers de Ouagadougou [7], les eaux de ruissellement arrivent dans les barrages avec une forte charge de pollution. Par ailleurs, ces eaux font l'objet d'usages autres que le maraîchage : nettoyage de véhicules, lessive, abreuvement des animaux, alimentation de chantiers de construction. Toutes ces activités font que les eaux de barrage peuvent atteindre des niveaux de pollution quasiment identiques à ceux de certaines eaux usées domestiques.

Comme tous les autres types d'eau, les eaux de barrage enregistrent une croissance des niveaux de pollution en saison sèche (février à juin). Ce résultat est indicatif du rôle des conditions d'aridité. Les quantités d'eau se réduisant dans la retenue (parfois jusqu'à tarissement) au fur et à mesure que la saison sèche s'installe, les concentrations en polluants microbiologiques et parasitaires augmentent. À l'inverse, après la saison des pluies et pendant la saison fraîche, les retenues d'eau enregistrant leur plus haut niveau de stock, les pollutions sont suffisamment diluées. En matière de risques sanitaires, les résultats parasitologiques trouvés sont les plus préoccupants. Ceux relatifs aux coliformes fécaux sont aussi, par ailleurs, indicateurs de pollution d'origine fécale. À partir de ces risques potentiels, on peut, à raison, craindre des risques effectifs le long de la chaîne sanitaire, telle qu'elle est illustrée à la figure 1.

Risques sanitaires

L'OMS [7] souligne qu'il existe quatre catégories de personnes sur qui l'utilisation agricole des eaux usées fait peser un risque « potentiel » distinct du risque « effectif » : (i) les ouvriers agricoles travaillant dans les champs et les membres de leurs familles ; (ii) les manutentionnaires et manipulateurs des produits des récoltes ; (iii) les consommateurs des cultures (hommes et bétail) ; (iv) les personnes vivant à proximité des champs. Les principales conclusions des études

Tableau 1

Différences en contamination bactériologique (coliformes fécaux par 100 ml) entre types d'eau d'arrosage sur sites de maraîchage à Ouagadougou (résultats de deux années de suivi hebdomadaire, 1994 et 1995)

Sites et types d'eau	Observation (n)	Coliformes fécaux par 100 ml*				P-value [1] ^a
		Moyenne	Médiane	Minimum	Maximum	
Tous sites*						
Eaux de bassin	72	1,1 E + 06	8,3 E + 04	5,0 E + 02	3,4 E + 07	
Eaux de barrage	174	3,3 E + 04	4,5 E + 03	< 1	1,2 E + 06	
Eaux de canal	89	8,1 E + 05	5,9 E + 04	5,0 E + 02	2,2 E + 07	
Eaux de puits	262	4,4 E + 04	1,0 E + 04	< 1	2,5 E + 06	
Eaux de rigole	72	7,4 E + 06	1,4 E + 06	4,0 E + 03	9,4 E + 07	
						< 0,001

* Les résultats marqués < 1 signifient qu'aucune colonie n'a été comptée dans les boîtes ; ^a P-value selon Kruskal-Wallis ; ^b sites de Abattoir, Boulmiougou, Canal central et Tanghin.

Differences in bacteriological pollution (faecal coliforms by 100 ml) between different types of irrigation water used on the homegardening sites of Ouagadougou (results from a two-year weekly follow-up: 1994-1995)

Tableau 2

Différences entre les sites de maraîchage à Ouagadougou selon la contamination bactériologique (coliformes fécaux par 100 ml) des différents types d'eau sur chaque site (résultats de deux années de suivi, 1994 et 1995)

Sites et types d'eau	Observation (n)	Coliformes fécaux par 100 ml*				P-value [2] ^a
		Moyenne	Médiane	Minimum	Maximum	
Tous types d'eau ^b						
Abattoir	144	4,2 E + 06	4,6 E + 05	5,0 E + 02	9,7 E + 07	
Boulmiougou	174	2,9 E + 04	5,0 E + 03	< 1	1,0 E + 06	
Canal Central	89	4,3 E + 05	2,1 E + 04	< 1	2,2 E + 07	
Tanghin	262	3,2 E + 04	7,3 E + 03	< 1	1,2 E + 06	
						< 0,001

* Les résultats marqués < 1 signifient qu'aucune colonie n'a été comptée dans les boîtes ; ^a P-value selon Kruskal-Wallis ; ^b eaux de barrage, de bassin, de rigole, de canal et de puits.

Differences between four homegardening sites of Ouagadougou with regard to different types of gardening water, using bacteriological pollution (faecal coliforms by 100 ml) as a criteria (results of a two-year follow-up: 1994-1995)

épidémiologiques conduites jusqu'ici indiquent que l'utilisation des eaux résiduaires en agriculture entraîne un risque effectif important en présence de nématodes intestinaux, et un risque plus bas en présence de bactéries.

Les enquêtes épidémiologiques effectuées en 1995, dans le cadre de la grande

étude, ont permis de montrer (tableau 3) que les enfants d'exploitants maraîchers âgés de moins de 5 ans présentent, de manière significative, des prévalences supérieures à celles des enfants de même âge dans la population générale pour les ankylostomes (10,80 ± 6,68 % contre 1,40 ± 0,43 %, RP = 8,45, p < 0,001), et

pour les kystes de *Blastocystis hominis* (RP = 1,79 ; p = 0,01). Une analyse portant uniquement sur les maraîchers selon le type d'eaux utilisées sur le site n'a pas pu mettre des différences significatives en évidence [8].

Les risques sanitaires ne sont pas les seuls à prendre en compte dans l'analyse des problèmes liés aux eaux de barrage utilisées pour le maraîchage urbain. L'accès des agriculteurs urbains aux eaux de barrage situées à proximité de la ville constitue un grand domaine de difficultés. La compétition est de plus en plus forte avec d'autres activités de la ville ayant aussi besoin de ces eaux. La menace d'expropriation est grande sur les espaces d'agriculture urbaine, à cause d'un programme de lotissement urbain atteignant rapidement toutes les zones proches de la ville. La ville s'étend et digère progressivement les surfaces cultivables : on a estimé, en 1997, que près de 40 % des superficies exploitées étaient exposées à un grand risque d'expropriation [13].

Autres dimensions à prendre en compte

Le rapport bénéfices/risques de l'agriculture urbaine est élevé, car la majorité des agriculteurs urbains, notamment les maraîchers, proviennent de groupes à faibles revenus. Pour ces habitants pauvres des villes sahéliennes, l'agriculture est une importante activité de survie, et génératrice de revenus. Avoir accès à de l'eau pour entreprendre des activités agricoles serait une d'une grande opportunité, dans un contexte sahélien où la rareté de l'eau est caractéristique.

Les eaux des barrages s'avèrent être moins polluées que les autres types d'eaux, constituant ainsi une grande aubaine pour les agriculteurs urbains, si l'on arrive à assurer leur protection qualitative. Les sites de maraîchage existant autour de barrages dans les villes au Sahel figurent sans doute parmi les plus viables et leur préservation doit être rattachée à un débat de fond, extrêmement d'actualité, sur la bonne gouvernance de l'eau [14], et sur la conception que chacun pourrait avoir sur les limites de la ville (« jusqu'où la ville ? » [15] et pour qui ?).

Au-delà de ce débat, les acteurs les plus concernés (les exploitants agricoles) ont besoin d'être soutenus par des initiatives multiformes dans le jeu d'interactions et de négociations avec les autres parties prenantes [16].

Tableau 3

Risques relatifs pour les diarrhées et les douleurs abdominales, et ratios de prévalences pour les infections parasitaires chez les enfants et les adultes selon l'exposition au maraîchage (maraîchers contre population générale) à Ouagadougou, en fin de saison des pluies (septembre-octobre 1995)

Variable	Maraîchers p (%)	Population p (%)	RR ou RP	IC 95 %	p-value
Diarrhées 2 semaines					
Enfants de 0 à 4 ans	37,10	35,60	1,04	0,80-1,36	0,85
Adultes	6,30	13,90	0,42	0,19-0,88	0,02
Douleurs abdo. 2 semaines					
Enfants de 0 à 4 ans	35,10	34,60	1,08	0,76-1,33	0,95
Adultes	27,70	26,00	1,06	0,77-1,46	0,82
Œufs d'ankylostomes					
Enfants de 0 à 4 ans	10,80	1,40	8,45	3,67-18,91	< 0,001
Adultes	40,60	14,90	3,90	2,29-6,68	< 0,001
Œufs <i>Hymenolepis nana</i>					
Enfants de 0 à 4 ans	0,00	12,10	0	*	0,001
Adultes	2,40	1,60	1,47	0,33-6,49	0,71
F. veg. <i>Entamoeba histolytica</i>					
Enfants de 0 à 4 ans	4,80	1,80	2,61	0,97-7,05	0,07
Adultes	4,70	3,70	1,28	0,41-4,01	0,84
F. veg. <i>Entamoeba coli</i>					
Enfants de 0 à 4 ans	10,80	6,50	1,75	0,81-3,68	0,18
Adultes	24,10	20,20	1,19	0,81-1,76	0,45
F. kyst. <i>Entamoeba histolytica</i>					
Enfants de 0 à 4 ans	12,00	7,40	1,50	0,72-3,04	0,32
Adultes	24,10	18,60	1,30	0,87-1,93	0,25
F. kyst. <i>Entamoeba coli</i>					
Enfants de 0 à 4 ans	37,30	20,90	1,79	1,34-2,38	< 0,001
Adultes	76,50	73,40	1,04	0,92-1,17	0,59
F. kyst. <i>Giardia intestinalis</i>					
Enfants de 0 à 4 ans	39,80	41,50	0,96	0,73-1,25	0,84
Adultes	21,80	17,00	1,28	0,84-1,96	0,32
F. kyst. <i>Blastocystis hominis</i>					
Enfants de 0 à 4 ans	39,80	26,50	1,50	1,14-1,97	0,01
Adultes	26,50	34,00	0,78	0,56-1,07	0,15

p : prévalence ou incidence ; RP : ratio de prévalence ; RR : risque relatif ; IC 95 % : intervalle de confiance de RP ou RR à 95 % ; * : pas de résultat ; lignes en gris : p-value < 0,05.

Relative risks for diarrhoea and abdominal pains and prevalence ratios for parasitic infections among children and adults according to exposure to homegardening activities (field workers versus general population) in Ouagadougou at the end of the rainy season (September-October 1995)

Conclusion

Le suivi, pendant deux années consécutives, des types d'eaux d'arrosage utilisées en maraîchage autour de deux retenues d'eau à Ouagadougou a mis en exergue des niveaux de pollution microbiologique des eaux de barrage parfois préoccupants par rapport aux seuils de l'OMS. Les pollutions présentaient notamment des pics en saison sèche. Les risques sanitaires sont surtout d'ordre parasitolo-

gique, liés au fait que des légumes consommables crus sont produits sur les deux sites (laitue, carottes). Les études épidémiologiques ont mis en évidence des risques parasitologiques effectifs plus élevés chez les enfants des exploitants maraîchers pris sur l'ensemble des sites que chez ceux de la population générale. Cependant, les eaux de barrage se sont révélées être les types d'eaux les moins pollués sur les sites de maraîchage à Ouagadougou.

Les sites de maraîchage autour de ces retenues d'eau sont les plus viables de la ville, et il serait profitable de les préserver et de les rendre durables. Si l'on accepte de prendre en compte les considérations politiques, philosophiques et socio-économiques, il apparaît important de préserver l'usage de ces eaux pour des activités agricoles dans les « limites » de « la ville ». D'autant plus qu'aujourd'hui, les limites de la ville (et quelle ville ?) méritent d'être repensées ■

Summary

Health risks of urban agriculture development around small dams in Ouagadougou

G. Cissé, M. Kientga, B. Ouédraogo, M. Tanner

Ouagadougou, the capital city of Burkina Faso, is crossed by a network of rivers and channels through which rainwater is flooding. There are also some water dams getting water from this network during the rainy season and retaining water until the dry season. This gives an essential opportunity for a wide range of human activities, mainly agricultural. The urban agricultural sites in Ouagadougou use several water resources for irrigation, mainly from wells, channels, and dams. However, the largest homegardening activities are undertaken in areas close to dams.

All water resources in the Sahelian context are submitted to high risks of contamination by different kinds of pollution. The potential of risks related to the use of polluted water in agriculture led the World Health Organization to prescribe guidelines in 1989, indicating a limited level of microbiological contamination for different cases, particularly when the vegetables are likely to be consumed uncooked, the threshold being 1,000 FC/100 ml. It was then very relevant to assess whether water from dams in Ouagadougou is presenting a level of contamination under or above the thresholds set up by WHO. The aim of the study presented here is to assess the levels of microbiological pollution of irrigation with water from dams in Ouagadougou, as well as the health risks associated with such practice.

The microbiological approach made it possible to monitor the bacteriological (faecal coliforms) and parasitological (helminth and protozoan eggs) water pollution levels. Water samples were taken in four homegardening areas representing, all year round, between 49 and 56% of the exploited surfaces in the city, including two sites close to dams (Tanghin and Boulmiougou).

A weekly microbiological follow-up conducted during two successive years (1994-1995) allowed 174 water samples from dams (84 from Boulmiougou, 90 from Tanghin) and 172 samples of water from wells (82 and 90, respectively) to be tested. Most of the time, the bacteriological water pollution levels were found to be above the thresholds recommended by WHO for the watering of vegetables likely to be consumed uncooked (1,000 FC/100 ml). There was no significant difference between the two dam sites of Tanghin and Boulmiougou. Water from canals or channels (Abattoir and Canal Central sites) proved to be more polluted, both bacteriologically and parasitologically, than water from wells and dams (Boulmiougou and Tanghin sites). The homegardening sites with the most parasite-polluted beds were those of Abattoir (79% of the samples) and Canal Central (75%) which correspond to the sites with irrigation water that are also the most polluted.

Therefore, the health risks must not be underestimated, even on homegardening sites close to dams. An epidemiological approach coupled with a microbiological approach in the same period in Ouagadougou made it possible to assess differences in incidence or prevalence rates between farmers and the general population for diarrhoea, stomach aches and various parasitic infections. Particularly, some results showed that the group of farmers (sampled from all the homegardening sites), both children and adults, have in a very significant way, higher prevalence rates than those of the general population as far as *Ankylostoma* are concerned (10.80 ± 6.68% against 1.40 ± 0.43% among children; 40.60 ± 7.38% against 14.90 ± 5.09% among adults).

These results show that water dams in sahelian cities constitute a very big opportunity for urban agricultural farmers both in terms of quantity and quality, as they present the lowest health risks regarding the bacteriological and parasitological water pollution levels.

Cahiers Agricultures 2002 ; 11 : 31-8.

Références

1. Richter J, Schnitzer WH, Gura S. *Vegetable production in periurban areas in the tropics and subtropics – food, income and quality of life. Proceedings of an international workshop.* Deutsche stiftung für international Entwicklung, Feldafing, Germany, 1995 ; 160 p.
2. Julvez J, Chippaux JP, Garba A, Lamotte M, Labbo R. *Les maladies transmissibles en milieu urbain sahélien : Niamey, Niger. Maladies à transmission vectorielle. Communication personnelle.* Colloque eau-Santé Ouaga, 2000.
3. Ouédraogo BL. *Entraide villageoise et développement. Groupements paysans au Burkina Faso.* Paris : L'Harmattan, 1990.
4. Ouédraogo MM. *Approvisionnement de Ouagadougou en produits vivriers, en eau et en bois.* Thèse de troisième cycle, 1983.
5. Zallé D. *Les stratégies politiques pour l'agriculture urbaine, rôle et responsabilité des autorités communales : le cas du Mali. Communication personnelle, Workshop on the contribution of urban agriculture to food security in African cities.* Ouagadougou : IRDC, 1999.
6. Ouoba N. *Impact sanitaire de l'utilisation des eaux usées ou polluées par les maraîchers de la ville de Ouagadougou : sélection de ménages à suivre dans le cadre du volet socio-anthropologie.* Document de travail, Projet de recherche REU (EIER/EPFL/ITS), Ouagadougou : EIER, 1994.
7. OMS. *L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture: recommandations à visées sanitaires. Rapport d'un groupe scientifique de l'OMS.* Genève : OMS, Série de Rapports Techniques 778, 1989 ; 82 p.
8. Cissé G. *Impact sanitaire de l'utilisation d'eaux polluées en agriculture urbaine. Cas du maraîchage à Ouagadougou.* Thèse de doctorat es sciences techniques n° 1639. Lausanne : EPFL, 1997 ; 267 p.
9. Cissé G, Odermatt P, Maystre LY, Tanner M. *Utilisation d'un GPS et d'un logiciel de SIG pour évaluer les variations saisonnières des superficies exploitées des sites de maraîchage dans le tissu urbain de Ouagadougou.* *Sécheresse* 1999 ; 10 : 123-8.
10. *Garmin GPS : GPS 75. Personal Navigator. Owner's manual.* Garmin Lenexa, USA, 1993.
11. *Garmin GPS : PCX5/PCX5AVD Pc software. Owner's manual.* Garmin Lenexa, USA, 1993.
12. *Afnor : eaux : méthodes d'essais ; recueil de normes françaises.* Paris : Afnor, 1990.
13. Camara A. *Évaluation stratégique du maraîchage dans le futur paysage urbain de Ouagadougou.* Mémoire de recherche pour le cycle d'études post-grades en ingénierie et management de l'environnement. Lausanne : EPFL, 1997 ; 52 p.
14. Bouguera ML. *Sept propositions pour une bonne gouvernance de l'eau.* *Caravane* 2000 ; août, n° 6.
15. Clément G. *Regardons à travers les mailles des tissus urbains.* In : *Jusqu'ou la ville ? Courrier International* 2000 ; 516 (S).
16. Ouédraogo B, Cissé G, Tanner M. *De la recherche épidémiologique à l'intervention socio-économique pour les maraîchers de Ouagadougou.* *Sempervira* (CSRS) 2000 ; 10, 142 p.

Résumé

L'agriculture urbaine est visible le long du réseau hydrographique de Ouagadougou, et la plus importante activité de maraîchage se rencontre autour des eaux de barrage.

En 1989, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a édicté des directives où des seuils de pollution des eaux d'arrosage ont été fixés, notamment pour l'arrosage de légumes consommables crus (moins 10^3 CF/100 ml, et aucun œuf d'helminthe par litre).

Pour évaluer les eaux de barrage utilisées pour arroser des légumes consommables crus dans des contextes sahéliens ne dépassant pas les seuils de l'OMS, celles de Tanghin et de Boulmiougou, à Ouagadougou, ont fait l'objet d'un suivi microbiologique hebdomadaire durant deux années consécutives (1994-1995). Les niveaux moyens de pollution bactériologique (CF/100 ml) ont été trouvés quasiment identiques sur les deux sites (mini < 1 , moyenne $3,3 \times 10^4$ CF/100 ml, médiane $4,5 \times 10^3$ CF/100 ml, maxi 10^6 CF/100 ml). Sauf en janvier et février, les niveaux de pollution ont été tout le temps au-dessus des seuils recommandés par l'OMS pour l'arrosage des légumes consommables crus. Par ailleurs, plusieurs échantillons d'eau ont été trouvés positifs aux analyses parasitologiques.

Les résultats des études épidémiologiques ont montré que par rapport aux enfants de la population générale, les enfants des exploitants agricoles pris sur tous les sites présentaient des risques sanitaires plus élevés pour certaines affections, telles que les ankylostomes ($10,80 \pm 6,68$ % contre $1,40 \pm 0,43$ %, RP = 8,45, $p < 0,001$).

Cependant, les eaux de barrage s'avèrent être moins polluées que les autres types d'eau d'arrosage utilisés par les agriculteurs urbains à Ouagadougou. Les retenues d'eau constituent alors une grande opportunité pour le maraîchage urbain qu'il importe de préserver en veillant à assurer la protection des ressources contre les pollutions et un bon arbitrage entre besoins concurrents.

Le lagunage à laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) à Ouagadougou : une alternative pour l'épuration des eaux usées destinées à l'irrigation

Doulaye Koné, Guéladio Cissé, Chantal Seignez,
Christof Holliger

Le maraîchage est une activité agricole qui a été introduite en Afrique de l'Ouest avec l'arrivée des colons. Cette activité prend de plus en plus d'importance de nos jours avec le développement des centres urbains, la demande en produits maraîchers ne cessant d'augmenter. D'après certaines études [1], le maraîchage génère environ 4 000 emplois pour la seule ville de Ouagadougou.

La ville de Ouagadougou compte 48 sites de maraîchages en saison favorable. Mais pendant la saison sèche qui dure neuf mois, seuls quelques sites irrigués par les eaux de barrage et ceux utilisant les eaux usées sont permanents [2]. Quatre de ces sites représentant 60 % des surfaces totales dépendent directement d'eaux usées urbaines ou industrielles pour l'irrigation des cultures [1].

La localisation des sites de maraîchage sur la carte montre bien l'importance de cette activité en saison sèche.

L'impact sanitaire de la réutilisation des eaux usées en maraîchage n'est pas totalement ignoré des maraîchers [3] mais les économies engendrées par cette activité [1], pour de modestes familles, dans un contexte de pauvreté, ne sont pas négligeables. Sur certains sites tels que celui de Kossodo, des aménagements de fortune sont réalisés par les maraîchers pour séparer les effluents industriels s'écoulant dans le même canal. Cette séparation permet de

sélectionner les rejets moins agressifs pour les plantes. Il est aussi reconnu que les eaux usées utilisées pour l'irrigation apportent une quantité importante d'éléments nutritifs (azote, phosphore, oligo-éléments) aux cultures [4].

Face à cette situation, les autorités responsables du secteur de l'assainissement sont souvent promptes à envisager la fermeture totale de ces sites pollués. Pourtant, une solution durable à ce défi peut être mise en œuvre grâce aux techniques alternatives d'épuration des eaux usées. Ces techniques dites rustiques ont l'avantage de

D. Koné : École inter-États d'ingénieurs de l'équipement rural (EIER), 03 BP 7023 Ouagadougou, Burkina Faso.

<doulaye.kone@eier.org> <doulaye.kone@epfl.ch>

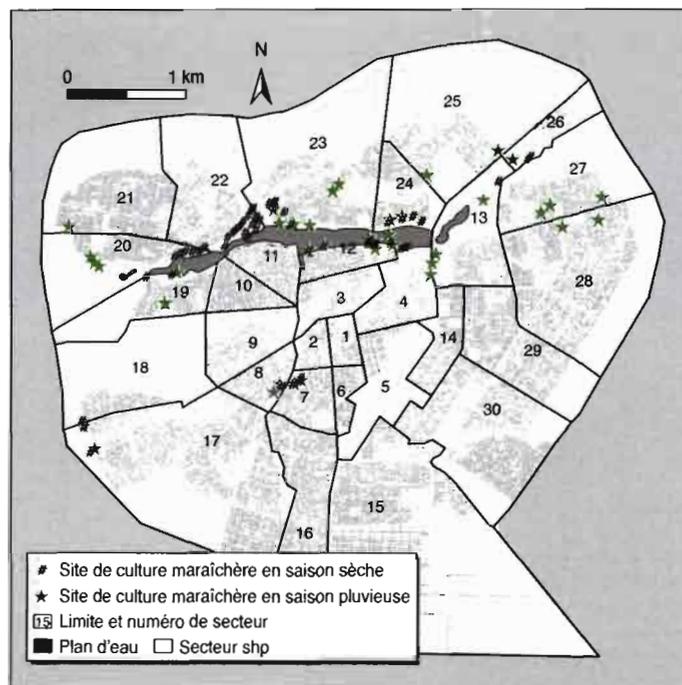
G. Cissé : Centre suisse de recherche scientifique en Côte d'Ivoire, 01 BP 1303, Abidjan 01, Côte d'Ivoire.

C. Seignez, C. Holliger : Laboratoire de biotechnologie environnementale - École polytechnique fédérale de Lausanne, CH-1015, Lausanne, Suisse.

<Christof.Holliger@epfl.ch>

Tirés à part : D. Koné

Thèmes : Nutrition, hygiène et alimentation humaine ; Système agricole ; Eau, irrigation.



Carte. Localisation des sites de maraîchage à Ouagadougou en saison sèche et saison pluvieuse [2]

Map. Localization of homegardening sites in Ouagadougou in the dry season and in the rainy season [2].

s'adapter au climat et au contexte socio-économique des pays en développement où l'espace est souvent disponible.

Le lagunage en Afrique de l'Ouest

Une enquête réalisée en 1992 par le Comité inter-États d'études hydrauliques (CIEH) [5] sur les systèmes d'assainissement dans les 14 pays francophones de l'Afrique de l'Ouest et du Centre montre que beaucoup d'investissements ont été consentis pour la construction de stations d'épuration de type intensif (boues activées, oxyterne,

chenal d'oxydation). Celles-ci représentent, en nombre, 76 % des stations recensées contre 10 % de stations de lagunage. Cette étude montre également que le lagunage à macrophytes avec *Pistia stratiotes* [6] n'est pas encore bien connu dans cette région.

Comme on peut le voir dans le tableau 1, la taille des installations de lagunage est variable. Les effluents sont généralement destinés à l'irrigation quelle que soit la qualité de ceux-ci. Mais le lagunage peut-il être adapté pour répondre aux besoins de réutilisation exprimés ? Toutes les eaux traitées par lagunage peuvent-elles être réutilisables en irrigation ?

Les différentes études sur le lagunage menées dans la sous-région ne permettent

pas encore de dégager des critères de dimensionnement objectifs pouvant servir de base à une meilleure implantation de cette technique dans le paysage écologique des pays de l'Afrique de l'Ouest. L'approche actuelle ne prend pas suffisamment en considération le contexte socio-économique dans l'implantation de ces technologies alternatives d'assainissement collectif et encore moins leur impact sanitaire sur l'environnement immédiat [7].

Une des clés du succès pour l'intégration du lagunage dans le paysage écologique des différents pays cités ci-dessus reposera en grande partie sur le degré de prise en compte des contextes socio-économiques et socio-techniques locaux dans la conception des stations d'épuration, car ce sont eux qui doivent guider les objectifs épuratoires à assigner à ces stations. L'approche de l'assainissement par station d'épuration décentralisée (systèmes semi-collectifs) peut, dans ce cas, être une alternative.

C'est donc pour répondre à ces insuffisances qu'un programme de recherche est développé en partenariat entre l'École inter-États d'ingénieurs de l'équipement rural à Ouagadougou (EIER) et l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) sur l'étude des techniques alternatives pour l'épuration des eaux usées. La station de lagunage à laitue d'eau de l'EIER est en fonction depuis avril 1998. Les résultats expérimentaux présentés ici portent sur une période d'étude de trois mois, entre février et avril 2000.

Expérimentation du lagunage à laitue d'eau à l'EIER

Objectifs

L'objectif de cette recherche est d'étudier sur deux stades successifs : i) les performances épuratoires d'une combinaison de procédés – lagunage à laitue d'eau, bassins facultatifs, filtration sur gravier – pour de fortes charges organiques ; ii) les possibilités de valorisation des effluents.

Dispositif expérimental

Le site expérimental est situé à l'EIER à Ouagadougou, au Burkina Faso. Il est schématisé comme indiqué dans la

Tableau 1

Situation du lagunage dans les pays membres du Comité inter-États d'études hydrauliques [1]

Localisation	Dispositif (année construction)	Capacité (équivalent-habitant)	Exutoire ou activités de réutilisation	Problèmes de fonctionnement
Burkina Faso				
EIER (Ouaga)	L* (1989)	200	Maraîchage Arrosage de plantes paysagères	Bassins non étanches, pertes d'eau par infiltration
Cameroun				
Garoua	LM** (1986)	1 300		
Yaoundé	LM (1985)	600	Rejet dans un ruisseau	Pas d'entretien Digues en mauvais état
	LM (1986)	600		Inondation régulière Saturation en boues
Côte d'Ivoire				
Dabou	L (1990)	2 400	Pisciculture	Bassins non étanches, pertes d'eau par infiltration
Sénégal				
Cap Skiring	LM (1987)	4 à 500	Rejet en mer	Entretien insuffisant
Louga	L + chloration (1980)	12 000	Maraîchage	Faible abattement bactérien
Pikine-Niayes	L (1973)	3 800	Maraîchage	Faible abattement bactérien
Saint-Louis	L (1989)	30 000	Maraîchage	Bassins non étanches, pertes d'eau par infiltration

* L = lagunage naturel (à microphytes).

** LM = lagunage à laitue d'eau (macrophytes).

Note : la plupart des stations de lagunage construites sont peu performantes : pertes d'eau par infiltration, insuffisance de gestion et d'entretien, mais les effluents sont le plus souvent réutilisés en agriculture.

Review of stabilization ponds in the Comité inter-États d'études hydrauliques countries (14 countries in West and Central Africa [1]).

figure. L'épuration primaire est assurée par un décanteur primaire en tête de station. Les effluents de ce décanteur alimentent trois bassins en séries (B1, B2 et B3). Le premier est un bassin facultatif et les deux suivants sont des bassins à laitue d'eau. Ces trois bassins constituent le premier stade du traitement secondaire. Le deuxième stade est constitué par deux bassins alimentés en parallèle, B4 et B5 (un filtre horizontal de gravier et un bassin facultatif secondaire), définissant ainsi deux filières. La filière B4 correspond à la finition avec le gravier, et la filière B5 à la finition avec le bassin facultatif. Les trois premiers bassins (stade 1) ont une profondeur moyenne de 0,7 m, une longueur de 8 m et une largeur de 3 m. Les bassins du stade 2 mesurent 0,7 m de profondeur, 10 m de long et 1,3 m de large. Le débit moyen à l'entrée de la station sur la période d'étude (février-avril 2000) est de 3 m³/j.

Méthode

Les caractéristiques des eaux alimentant la station sur la période d'étude sont reprises dans le *tableau 2*. Les analyses ont été effectuées une fois par semaine sur des échantillons d'eau prélevés à l'entrée et à la sortie de chaque bassin pour caractériser ses performances physico-chimiques (échantillonnage moyen journalier) et microbiologiques (échantillonnage instantané). Les paramètres analysés sont : les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO₅), les formes azotées (N-total, N-NH₄, NO₃), et le phosphore (PO₄ et Pt), pour la physico-chimie. L'analyse bactériologique a porté sur les coliformes toraux (CT) et fécaux (CF) et les streptocoques fécaux (SF).

Résultats et discussion

Charge appliquée et temps de séjour

Le temps de séjour est de 21 jours pour la filière avec le filtre à gravier et de 24 jours pour la filière B5. La charge appliquée sur le bassin facultatif en tête (B1) est de 500 kg DBO₅/ha/j. Elle est 1,6 fois supérieure à la limite de 300 kg DBO₅/ha/j recommandée dans la littérature pour les bassins facultatifs. Le *tableau 2* présente l'évolution des concentrations pour différents paramètres de pollution et une comparaison de ces valeurs avec les concentrations mesurées sur le site de maraîchage de l'hôpital Yalgado [8]. Les eaux usées de ce site de maraîchage proviennent des rejets

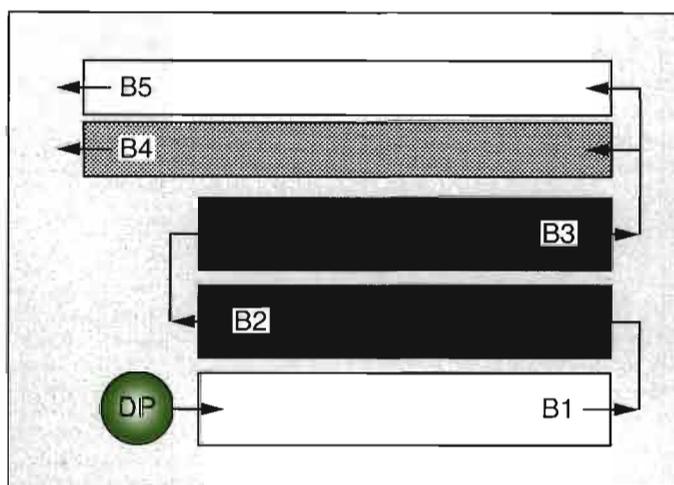


Figure. Schéma du dispositif d'expérimentation du lagunage à laitue d'eau à Ouagadougou.

Figure. Design of the pilot-scale water-lettuce pond-based system in Ouagadougou.

DP : décanteur primaire ; B1 : bassin 1, sans plante ; B2 : bassin 2, avec laitue d'eau ; B3 : bassin 3, avec laitue d'eau ; B4 : bassin 4, filtre gravier ; B5 : sans plante.

de la zone du marché, des bâtiments administratifs et des hôtels du centre ville, de la station de traitement d'eau potable de la ville, de la société d'électricité (rejets d'hydrocarbure et d'huile de vidange), des rejets de l'hôpital et des quartiers traversés par le canal central.

Élimination de la matière organique dans les bassins

Avec les résultats présentés au *tableau 2*, les rendements obtenus à la sortie des trois premiers bassins (B1 + B2 + B3) sont de 68 et 91 % pour les MES et la DBO₅, respectivement. Ce qui montre que le premier stade de traitement avec les plantes aquatiques est très performant

pour l'élimination des matières organiques, malgré la forte charge organique appliquée. Au deuxième stade, le passage dans le filtre de gravier permet d'améliorer ces rendements respectifs à 82 et 94 %, alors que la finition avec bassin facultatif a plutôt un effet néfaste sur les MES. Cette contre-performance du bassin facultatif B5 est principalement due à la production d'algues.

La présence de matières en suspension dans les effluents peut provoquer un colmatage rapide des terres irriguées ou provoquer des odeurs dans les réservoirs de stockage fermés. Leur réduction est en principe recommandée, quelle que soit la destination des effluents.

Tableau 2

Caractéristiques des effluents de la station expérimentale de lagunage à laitue d'eau de l'EIER

Paramètres	MES mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	CF (CFU/100 ml)
Entrée station DP :	158	407	63	5,1 10 ⁶
Effluent étage 1 (B1 + B2 + B3)	47	38	49	9 10 ³
Effluent B4 (Filtre gravier)	27	26	48	2 10 ³
Effluent B5 : (Bassin facultatif 2)	63	41	34	10 ³
Site de maraîchage [8]	50 – 200	50 – 200	40 – 100	10 ⁵ – 10 ⁷
Normes OMS	–	–	–	2 10 ³

Note : le lagunage à laitue d'eau permet de réduire de façon drastique les charges organiques et bactériennes des eaux usées tout en conservant une quantité non négligeable d'azote pour des besoins d'irrigation

Characterization of effluents feeding the pilot-scale water-lettuce pond-based system of the experimental station of the Inter States School for Rural Equipment (EIER)

Les concentrations de MES et DBO₅ à la sortie des deux filières sont très inférieures aux concentrations mesurées sur le site de maraîchage de l'hôpital, mais seul le filtre de gravier permet d'obtenir des valeurs respectant les normes de rejet européennes [9] imposées aux stations d'épuration pour ces paramètres.

Évolution de l'azote au cours du traitement

Contrairement aux résultats obtenus avec la matière organique, l'azote ammoniacal est faiblement éliminé du système. Les rendements sont de 22 % à la sortie des bassins plantés et du filtre (filière B4 avec finition filtre à gravier). La filière B5 (finition bassin facultatif B5) atteint un rendement de 43 % avec une contribution de 60 % du dernier bassin facultatif (B5). Le rendement élevé du dernier bassin pourrait s'expliquer par la volatilisation de l'azote sous forme d'ammoniac, par augmentation du pH pendant la photosynthèse.

Lorsque les effluents de stations d'épuration sont rejetés dans le milieu naturel, l'élimination de l'azote et du phosphore est exigée pour éviter les problèmes d'eutrophisation. Mais dans le cas du Burkina Faso, si la priorité de la réutilisation de l'eau épurée est accordée à l'irrigation, la disponibilité de l'azote ammoniacal dans les effluents constituera une source d'engrais non négligeable pour les productions agricoles. La filière B4 peut, dans ce cas, être un exemple de configuration de station d'épuration.

Abattement des germes pathogènes

Compte tenu de la forte charge organique appliquée, l'objectif assigné à cette station reposait sur une épuration secondaire poussée. Mais les résultats des analyses ont aussi révélé une très bonne performance des systèmes étudiés dans l'abattement des germes indicateurs de contamination fécale. Entre l'entrée et la sortie du système, on obtient un abattement moyen de 3,5 unités logarithmiques pour chacune des deux configurations, dont 2,8 unités logarithmiques pour les premiers bassins (B1 + B2 + B3). Cela montre bien que les bassins plantés peuvent également jouer un rôle important dans l'élimination des pathogènes. Avec un temps de séjour relativement court, la filière B4 se comporte aussi bien que la filière B5. Les abattements obtenus à la sortie de chacune des deux filières étudiées répondent aux recommandations de l'OMS [10] pour l'irrigation restrictive (tableau 2).

Summary

Wastewater treatment by a water-lettuce pond-based system (*Pistia stratiotes*) in Ouagadougou, for irrigation water reuse

D. Koné, G. Cissé, C. Seignez, C. Holliger

Increasing economical poverty and a high unemployment level lead to the development of urban agriculture in Burkina Faso's towns. This agriculture consists in market gardens that provide fresh vegetables to the citizens. It needs much water for constant irrigation. In this sahelian (dry) climate country, water resources are often unavailable for such activities. Lack of water availability leads to the development of gardens near any surface water resource, even if it is polluted. Gardens using wastewater for irrigation represent 60% of the total area of the market gardens in Ouagadougou.

In this study, we evaluate the performance of a wastewater treatment plant combining facultative ponds, water-lettuce ponds and subsurface gravel beds to produce good quality water resources for urban agricultural irrigation.

The pilot scale ponds (figure) consist of three successive equal rectangular ponds (first stage) with one facultative pond (B1) and two water-lettuce ponds (B2 and B3). Ponds are fed in with pretreated domestic wastewater coming from the boarding school facility of the École inter-États d'ingénieurs de l'équipement rural (EIÉR). The second stage consists of either a horizontal flow gravel bed (B4) or a maturation pond (B5) fed in concurrently with the first stage effluent. This study was carried out from February to April 2000.

The first stage ponds have an average depth of 0.7 m, a length of 8 m and a width of 3 m. The three concrete basins have a total volume of 51 m³ and a total surface area of 72 m². The second stage ponds are 0.7 m deep, 10 m long and 1.3 wide. The effluent flow was measured continuously by an ultrasonic probe. The average flow rate during the study was 3 m³/d. COD, BOD₅ and NH₄ loads on the first pond were 650, 500, and 80 kg/ha/d, respectively. Faecal coliforms at the inlet was about 5.10⁶ cfu/100 ml.

The BOD₅ removal varied between 90 and 95%. There was no significant difference between the gravel bed or the maturation pond system. The effluent concentration was less than 30 mg/l.

The COD and suspended solids removal rates varied between 60 and 65% after treatment with a maturation pond. Filtering the water-lettuce pond effluent through a gravel bed enhanced the performance and resulted in 85 and 90% removal of SS and COD, respectively. NH₄ loss by the maturation pond system is about 50% while only 20% were removed in the system combined with the subsurface gravel bed. No nitrate accumulation was measured in these ponds. No significant difference was observed in faecal coliform die-off in the two systems. Concentrations obtained in both systems' effluents are equal to the WHO guidelines for wastewater reuse in agriculture.

This study showed that :

- *Combining water-lettuce pond secondary treatment with a subsurface gravel bed tertiary treatment resulted in the best water quality for irrigation reuse.*
- *The water-lettuce pond system was able to treat efficiently a high organic load wastewater with high removal efficiencies of BOD, SS and faecal coliforms.*
- *Ammonium nitrogen was not removed from the wastewater, which is beneficial for irrigation reuse.*

Cahiers Agricultures 2002 ; 11 : 39-43.

L'abattement des germes pathogènes est l'un des principaux paramètres que doivent impérativement respecter les stations d'épuration dans le contexte décrit ci-dessus, quel que soit l'usage prescrit. En effet, selon l'Unicef [11], les maladies hydriques représentent les 2/3 des maladies au Burkina Faso et sont responsables de forts taux de mortalité infantile et infanto-juvénile.

Conclusion

Les performances obtenues avec les bassins à laitue d'eau montrent bien que le procédé constitue une alternative efficace pour l'épuration des eaux usées domestiques dans le contexte sahélien. Il permet d'obtenir une bonne qualité d'eau pour l'irrigation, avec une meilleure disponibilité d'azote ammoniacal, forme

préférentielle de l'azote chez les végétaux aquatiques. Avec un tel procédé, la qualité microbiologique des eaux peut être ramenée au niveau des recommandations de l'OMS, minimisant ainsi les risques sanitaires.

Avec une charge organique de 500 kg DBO₅/ha/j supérieure aux limites admissibles sur les bassins facultatifs, les rendements obtenus sont supérieurs à 85 % sur la DBO₅, au premier niveau de traitement. La combinaison du procédé avec une filtration horizontale sur gravier permet d'obtenir des concentrations inférieures à 30 mg/l pour la DBO₅ et les matières en suspension, soit un rendement d'élimination supérieur à 90 %.

La comparaison des deux filières met en évidence les performances du filtre à gravier pour l'élimination des matières organiques. De plus, la disponibilité de l'azote dans ce système est meilleure que dans celui du bassin facultatif pour des abattements microbiologiques similaires. Un autre avantage lié à l'utilisation du filtre à gravier est la limitation des pertes d'eau par évaporation ■

Références

1. Camara A. *Évaluation stratégique du maraîchage dans le futur paysage urbain de Ouagadougou*. Lausanne : Mémoire de recherche pour le cycle d'études postgrades en Ingénierie et Management de l'Environnement, EPFL, 1997 ; 52 p.
2. Cisse G. *Impact sanitaire de l'utilisation d'eaux polluées en agriculture urbaine. Cas du maraîchage à Ouagadougou*. Lausanne : Thèse de doctorat, EPFL, 1997 ; 267 p.
3. Ouedraogo B, Cissé G, Odermatt P, Maystre LY, Wyss K, Tanner M. Représentation de l'eau, des pratiques d'hygiène et des maladies chez les maraîchers de Ouagadougou, Burkina Faso. *Info-Crepa* 1999 ; 23 : 9-18.
4. Ag MA. *Étude de la dynamique de l'eau et des pertes de nitrates par lixiviation sous oignons irrigués*. Ouagadougou : EIER, Synthèse des campagnes 1995 et 1996 sur le site expérimental de Kamboinsé, 1996 ; 59 p.
5. Comité africain d'études hydrauliques (CIEH). *Étude comparative des systèmes d'épuration collectifs dans le contexte africain*. Ouagadougou : CIEH, 1993 ; 66 p.
6. Charbonnel Y. *Manuel de lagunage à macrophytes en régions tropicales*. Paris : ACCT, 1989 ; 37 p.
7. Kone D. Problématique de l'épuration des eaux usées dans le contexte de l'Afrique de l'Ouest. *Info-Crepa* 1998 ; 20 : 8-13.
8. Semoroz N. *Performances d'une filière d'épuration d'eaux usées par lagunage à macrophytes flottants (Pistia stratiotes) et conditions d'implantation du procédé dans un canal d'évacuation des eaux usées de la ville de Ouagadougou au Burkina Faso*. Lausanne : Travail pratique de diplôme de Génie Rural, EPFL, 1999 ; 98 p.
9. European Union. *Water quality in the European Union, Urban wastewater treatment: Directive 91/271/EEC, 2000* ; http://www.eurpa.eu.int/water/waterurbanwaste/index_en.html.
10. Who. *Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture*. Geneva: WHO scientific group technical report series 1989 ; 778 ; 74 p. [meeting held in Geneva from 18 to 23 November 1987],
11. Unicef. *Enfants et Femmes du Burkina Faso : défi et espoir*. Ouagadougou : Unicef, janvier 2000 ; 140 p.

Remerciements

- Direction du développement et de la coopération (DDC) - Suisse, pour le financement du projet de recherche.
- Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique - Côte d'Ivoire, pour le financement de la bourse de recherche.

Résumé

L'épuration des eaux usées par lagunage et les autres techniques alternatives en Afrique de l'Ouest est un sujet encore mal documenté. Pourtant, la réutilisation des effluents de station d'épuration dans l'agriculture urbaine fait naître beaucoup d'espoir dans la lutte contre l'utilisation d'eaux usées brutes en maraîchage et dans la réduction des risques sanitaires liés à cette pratique dans les quartiers périphériques des grands centres urbains.

L'étude comparative des systèmes d'épuration collectifs en Afrique de l'Ouest, menée en 1993 par le Comité inter-africain d'études hydrauliques [1] montre que les techniques rustiques (ou alternatives) d'épuration telles que le lagunage à microphytes ou à macrophytes, réputées pour bien fonctionner dans les pays chauds, sont très faiblement représentées (10 %). De plus, la plupart des stations recensées sont en général hors d'usage.

Pourtant dans une étude expérimentale menée à l'École inter-États d'ingénieurs de l'équipement rural (EIER), sur une station de lagunage à laitue d'eau, nous obtenons un abattement supérieur à 90 % sur les matières organiques. Les concentrations en azote et en bactéries des effluents sont compatibles avec l'irrigation restrictive en maraîchage ou l'arrosage d'espaces verts.

L'ART ET L'URGENCE DES POSSIBLES

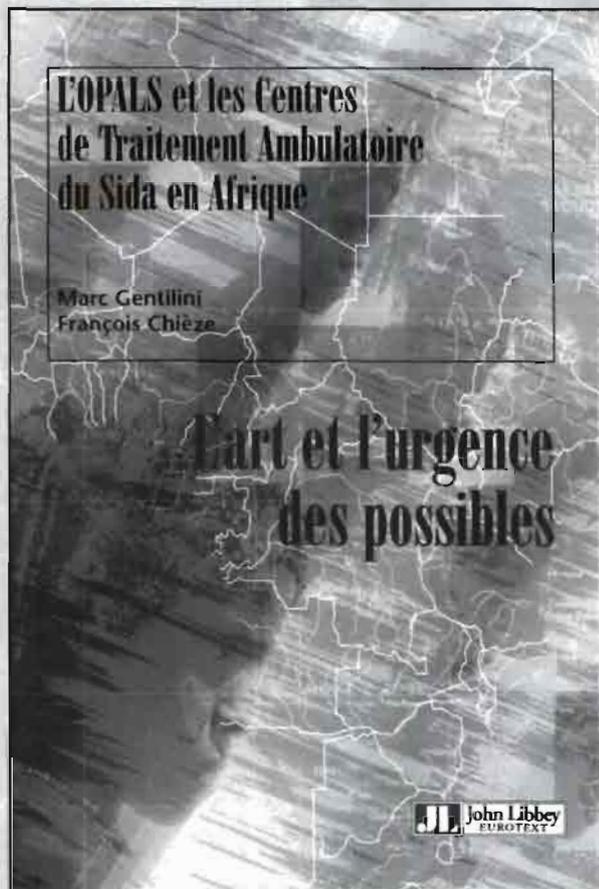
Les actions menées et les progrès accomplis par les centres créés par L'OPALS en Afrique

En Afrique, le sida a très vite évolué pour se hisser au **premier rang des causes de mortalité** chez l'adulte : 23,3 millions de personnes séropositives vivent au sud du Sahara.

L'épidémie continuant de progresser, il est important d'intensifier les **programmes de prévention**, mais également d'améliorer la **prise en charge** des personnes concernées. L'**accès aux soins** en milieu hospitalier reste souvent hors de portée pour la grande majorité des personnes atteintes.

Les **Centres de Traitement Ambulatoire** (CTA) initiés par l'**OPALS** (Organisation PanAfricaine de Lutte contre le sida) s'inscrivent dans le cadre des initiatives heureuses prises par les organisations non gouvernementales. Ces centres accueillent les malades dans des structures adaptées aux réalités culturelles africaines et intégrées aux dispositifs nationaux.

Sous la direction de **Marc Gentilini**, Président de la Croix Rouge Française et Président de l'OPALS, cet ouvrage recense toutes les **actions menées** par les centres créés par l'OPALS en Afrique et rend compte en détail des **progrès accomplis**.



Marc Gentilini,
François Chièze
2000
Coédition OPALS / CTA
John Libbey Eurotext
168 pages
ISBN : 2-7420-0295-2
120 FF

Rapide

Commandez cet ouvrage
directement sur Internet
www.john-libbey-eurotext.fr

**Bon
de
commande**

Merci de me faire parvenir :
L'art et l'urgence du possible
Frais de port forfaitaires

... 120 FF
... + 30 FF
... 150 FF

Total :

Je désire recevoir une facture acquittée pour ma déclaration de frais professionnels

Ci-joint mon règlement d'un montant de : FF

Par chèque, à l'ordre des Éditions John Libbey Eurotext
 Par carte bancaire
 Visa Eurocard/Mastercard American Express

Carte N°

Date d'expiration :

Signature

NOM :
Prénom :
Adresse :
CP : Ville :
Pays :



Consultez notre site Internet :
www.john-libbey-eurotext.fr

Ce bulletin doit être retourné aux
Éditions John Libbey Eurotext
127, avenue de la République
92120 Montrouge - FRANCE
Tél : 01 46 73 06 60
Fax : 01 40 84 09 99
contact@john-libbey-eurotext.fr

Impacts économiques, alimentaires et nutritionnels des projets de développement agricole : le cas du projet d'irrigation du Loukkos au Maroc

Sabah Benjelloun, Beatrice L. Rogers, Mostafa Berrada

Pendant longtemps, on a pensé que parce que les projets agricoles augmentent la production agricole, ils améliorent automatiquement le bien-être de la population rurale concernée, c'est-à-dire, un état nutritionnel et un état de santé satisfaisants. Cependant, cet impact escompté a été mis en doute par plusieurs études de par le monde [1-10].

L'objectif de la présente étude a été d'examiner le processus par lequel un projet de développement agricole spécifique, le projet d'irrigation du Loukkos, a affecté le bien-être des familles vivant dans sa région.

Méthodologie

Le projet Loukkos

Situé dans la région Nord-Ouest du Maroc, le périmètre du Loukkos a une

S. Benjelloun, M. Berrada : Institut agronomique et vétérinaire Hassan-II, BP 6202, Rabat, Maroc.
<jelloun@iav.ac.ma>

B.L. Rogers : Tufts University School of Nutrition Science and Policy, 132, Curtis St, Medford, MA, USA.

Tirés à part : S. Benjelloun

Thèmes : Nutrition, hygiène et alimentation humaine ; Eau, irrigation.

superficie de 2 560 km². La diversité morphologique de la région a permis au projet de planifier trois types de schémas de développement : l'irrigation sur 40 500 hectares, un schéma de développement favorable sur 45 000 hectares pour la région du bour (terme local désignant une terre non irriguée) et un schéma de lutte contre l'érosion dans la partie montagnaise (protection de la forêt et réhabilitation des sols) (*carte*).

L'institution en charge du projet est l'Office de mise en valeur agricole du Loukkos (Ormval). La mise en eau a eu lieu pendant la campagne agricole 1979-1980, soit 11 ans avant la présente étude (données collectées en 1990). Les composantes principales du projet Loukkos étaient : l'irrigation à grande échelle (irrigation par pivot), le remembrement de terres irriguées, la distribution de terres agricoles aux « sans-terre » (programme national de la réforme agraire), l'introduction d'une nouvelle culture (canne à sucre), l'amélioration génétique du cheptel bovin et l'encadrement des agriculteurs à travers un large programme de vulgarisation agricole orienté essentiellement vers les agriculteurs bénéficiaires de l'irrigation et les nouvelles cultures.

Conception de l'étude

Le cadre conceptuel sur lequel repose la présente étude est illustré schématiquement à la page suivante (*figure*). Le projet agricole devrait, pense-t-on, affecter la gestion de l'exploitation agricole, ce qui se refléterait dans une augmentation du revenu du ménage qui permettrait d'amé-

liorer la consommation alimentaire et les conditions d'habitation. Ces dernières auraient comme effet la diminution de la morbidité infantile et l'amélioration de l'état nutritionnel des enfants.

Collecte des données

La méthodologie suivie afin d'examiner ces relations conceptuelles est l'enquête effectuée auprès d'un échantillon de 240 foyers, taille calculée sur la base de la méthode de Snedecor et Cochran [11] et sélectionnés par la méthode d'échantillonnage en grappes à deux étapes. La zone étudiée est celle dite « R'mel » choisie pour son sol sableux, présentant une homogénéité du type de sol.

Des discussions de groupe avec des hommes et des femmes de la région ainsi qu'avec les responsables de l'Ormval ont précédé l'établissement d'un large questionnaire comprenant quatre parties : agriculture, dépenses, consommation alimentaire et nutrition et santé. Sauf pour l'agriculture et les dépenses alimentaires, toutes les autres données ont été collectées en hiver et en été. La partie « Agriculture » a collecté des données sur les paramètres suivants : structure foncière des terres, irrigation, utilisation des sols, productions végétales et animales et leurs destinations, crédits, vulgarisation, possession des moyens de production et des biens durables, revenu brut agricole, salaires, recettes et autres sources de revenu. La partie « Dépenses » a énuméré la liste exhaustive des dépenses alimentaires usuelles (par saison et fréquence) et non alimentaires (méthode du rappel des six

mois). La partie « Nutrition » a concerné la consommation alimentaire et le statut anthropométrique. Les apports alimentaires étaient estimés par la méthode de rappel de 48 heures combinée avec la pesée des aliments les plus fréquents dans la consommation quotidienne (thé, café et pain). Les mesures anthropométriques (poids, taille) étaient prises sur l'ensemble des membres des foyers. La partie « Santé » a concerné le rappel des deux semaines des maladies contractées par les enfants de moins de cinq ans et de leurs mamans (symptômes, durée et traitement).

Saisie et analyse des données

La saisie des données a été effectuée sous Lotus123 et leur analyse à l'aide du logiciel SPSS.

L'échantillonnage adopté dans l'étude cherchait à obtenir deux groupes de foyers, l'un composé d'exploitations dont les terres sont irriguées à 100 % par l'Ormval et l'autre composé d'exploitations dont les terres ne sont pas irriguées. Cependant, après enquête, il s'est avéré que l'échantillon avait une composition plus complexe qui, en fait, reflète plus fidèlement la réalité. En effet, les foyers peuvent ne pas avoir de terre, avoir des parcelles irriguées par l'Ormval ou à partir d'un puits privé, ou avoir un mélange de parcelles.

Ainsi, l'échantillon final a donné lieu à six catégories de foyers : 42 foyers sans terre (E1), 54 exploitations totalement irriguées par le système Ormval (E2), 76 exploitations partiellement irriguées par le système Ormval (E3), 25 exploitations totalement irriguées à partir d'un puits privé (E4), 18 exploitations partiellement irriguées à partir d'un puits privé (E5) et 25 exploitations non irriguées (dites « Bour », E6). Cette répartition permet une analyse approfondie de l'impact du projet d'irrigation sur les diverses catégories de familles rurales vivant dans la région.

Impact du projet sur l'agriculture

Degré d'intensification

Mesuré par le rapport de la superficie totale cultivée durant la campagne agricole sur la superficie disponible, ce rapport est en moyenne 1,22, plus élevé

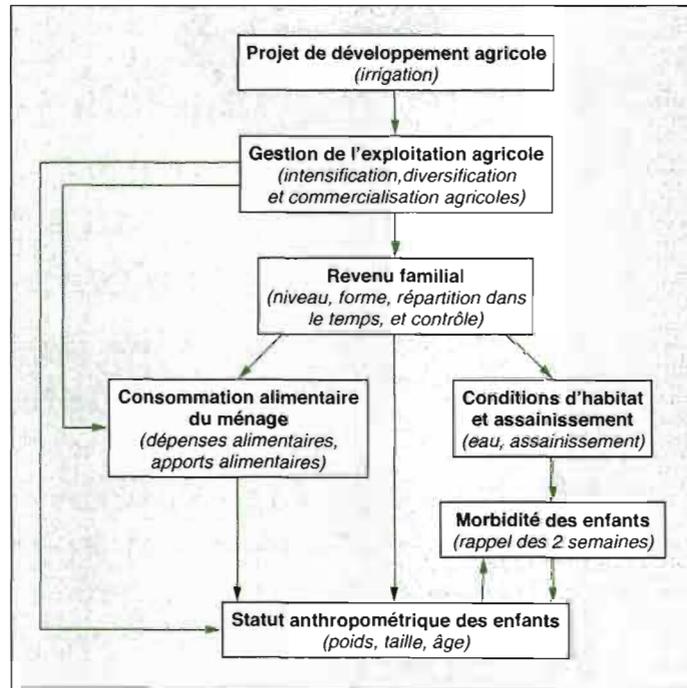
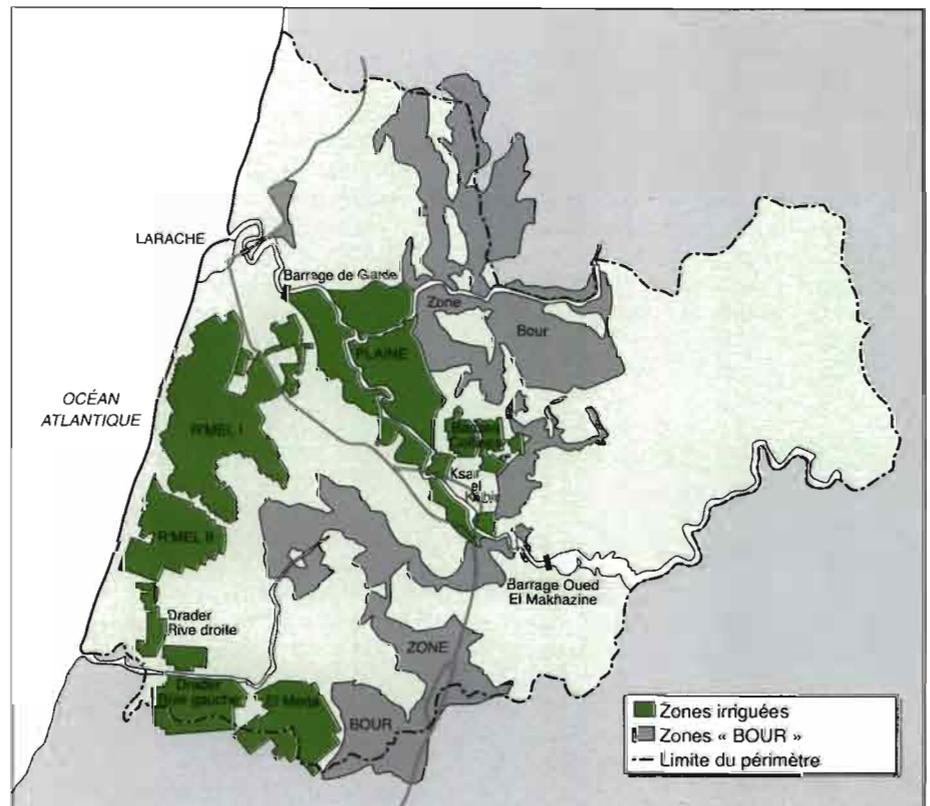


Figure. Schéma conceptuel de l'étude.

Figure. Conceptual design of the study.



Carte. Schéma d'aménagement du périmètre du Loukkos (échelle : 1/400 000^e).

Map. Development plan of the Loukkos area (scale: 1/400,000^e).

dans les exploitations à irrigation individuelle E4 (1,65) que dans les exploitations à irrigation du barrage E2 (1,28).

Le rapport le plus faible est évidemment observé parmi les exploitations non irriguées E6 (1,00) puisqu'elles ne cultivent

chaque lot qu'une fois par an, en relation avec la pluviométrie.

L'analyse en régression multiple a montré que la superficie totale de l'exploitation diminue le degré d'intensification alors que les pourcentages irrigués (à partir du puits ou à partir du barrage) l'augmentent. L'irrigation du barrage a un effet relativement plus faible que l'irrigation individuelle du fait que les exploitations bénéficiant du barrage sont tenues de cultiver une partie de leur terre en canne à sucre, culture annuelle qui ne permet pas l'utilisation intensive de la terre.

Degré de diversification

Il est exprimé par le nombre de cultures différentes cultivées par an et reflète le niveau de diversification des sources du revenu agricole. Il est en moyenne de 3,5 et est significativement plus bas dans les exploitations non irriguées E6 que dans les exploitations irriguées (E2, E3, E4 et E5). Parmi ces dernières, il est plus élevé parmi celles qui bénéficient de l'irrigation du projet (E2). Cela est dû à leur taille plus grande.

Il a été noté également que l'exigence de la canne à sucre imposée par le projet à ses bénéficiaires n'entraînait pas un niveau plus faible de diversification comme c'est parfois le cas dans d'autres projets. Cela est dû au fait que les exploitations qui pratiquent la canne sont généralement plus grandes et que la plupart ne respectent pas les 75 % demandés par le projet. Elles craignent, en effet, l'effet néfaste de la monoculture.

Cultures pratiquées

Dans la zone d'étude, la canne à sucre, l'arachide, les légumes et les légumineuses sont les cultures de rente alors que les céréales et les cultures fourragères sont les cultures vivrières. Les principales cultures pratiquées sur les exploitations bénéficiaires de l'Ormval (E2 et E3) sont la canne à sucre et l'arachide. Les exploitations utilisant l'irrigation individuelle (E4 et E5) cultivent essentiellement l'arachide et les légumes. Les exploitations non irriguées (E6) font des céréales et du fourrage.

Degré de commercialisation

Les foyers qui ont une production agricole (animale ou végétale) vendent, en moyenne, 63 % de leur production annuelle. Cette figure est plus élevée dans les exploitations irriguées par l'Ormval E2 et E3 (77 %) que dans les

Tableau 1

Impact du projet sur le revenu net

Variabes indépendantes	Coefficient de régression	Erreur standard	Coefficient standardisé	t	p
Superficie bour (ha)	698,5	229,9	0,14	3,0	0,0027
Superficie irriguée par le puits (ha)	2 089,3	456,1	0,22	4,6	0,0000
Superficie irriguée par l'Ormval (ha)	1 952,4	272,4	0,31	7,2	0,0000
Nombre de vaches améliorées	28,1	562,8	0,002	0,05	0,9603
Nombre de vaches locales	2 665,0	816,5	0,14	3,2	0,0013
Taille de la famille	1 821,1	188,1	0,43	9,7	0,0000
Constante	7 470,0	1 642,1	-	4,6	0,0000
R2 ajusté = 0,679		F _(6,233) = 85,3	p = 0000		

Variable dépendante : valeur de la dépense annuelle de consommation (DH/an) (comme proxy du revenu net).

Impact of the project on household net income

exploitations irriguées par un puits privé E4 et E5 (60 %) ou dans les exploitations non irriguées E6 (48 %).

La proportion de terres cultivées en cultures de rente est également plus élevée dans les exploitations totalement irriguées par l'Ormval E2 (92 %) que dans toutes les autres catégories.

Impact du projet sur le niveau de vie

Les trois quarts des bénéficiaires du projet ont pu améliorer leurs conditions de vie, en particulier en construisant des maisons en dur en remplacement des maisons en pisé qui constituent encore le logement de plus de 70 % des non-bénéficiaires. De même, alors que plus de la moitié des bénéficiaires ont accédé à l'électricité, la proportion parmi les non-bénéficiaires oscille entre 12 et 28 %. Cependant, d'autres éléments de confort comme l'accès à l'eau potable, la possession d'un réfrigérateur, d'une cuisinière ou d'une voiture sont encore plutôt rares parmi l'ensemble des catégories de foyers. Le poste de télévision et le salon sont également le privilège d'une proportion plus élevée parmi les bénéficiaires que parmi les autres.

Quant au revenu, approché¹ dans cette étude par la dépense de consommation par équivalent-adulte², il est significativement plus bas parmi les exploitations non irriguées (E6) ou irriguées par puits (E4 et E5) que parmi les autres catégo-

ries. Cette différence s'explique plutôt par l'exiguïté de leurs terres agricoles et le nombre d'équivalent-adultes par hectare que par l'irrigation de l'Ormval.

En effet, un modèle de régression examinant l'effet du projet sur le revenu a montré que, contrôlant la taille de la famille et la superficie de la terre non irriguée, la superficie de la terre irriguée à partir du système Ormval et celle de la terre irriguée à partir du puits privé ont le même effet sur le revenu de la famille (tableau 1), c'est-à-dire que l'irrigation par le système Ormval augmente le revenu familial de la même façon que le fait l'irrigation à partir du puits privé. Par ailleurs, le nombre de vaches génétiquement améliorées augmente le revenu alors que le nombre de vaches locales n'a pas d'effet.

Impact du revenu sur la consommation alimentaire

Malgré les différences observées parmi les diverses catégories de foyers en termes de taille d'exploitation, d'irrigation, de cul-

¹ Pour des raisons méthodologiques, le revenu n'a pas pu être estimé dans cette enquête. Il est remplacé dans l'analyse par son proxy, la dépense de consommation. Ce « remplacement » est très fréquent dans les analyses économiques.

² L'équivalent adulte est calculé sur la base de l'apport calorique recommandé. Il est utilisé à la place de « par personne », pour atténuer l'effet de la différence dans la composition des foyers (adultes et enfants).

tures pratiquées, ces catégories réalisent sommairement le même niveau de dépense alimentaire par équivalent-adulte (en moyenne, 3 527 dirhams³ par an). La dépense de consommation non alimentaire est en revanche plus élevée parmi les bénéficiaires de l'irrigation de l'Ormval, E2 et E3, et les exploitations partiellement irriguées par puits, E5, que parmi les autres. Ces deux types d'exploitations ont les tailles les plus élevées par équivalent-adulte. Ce constat confirme le résultat observé plus haut que la source d'irrigation n'a pas d'impact sur le revenu au-delà de celui de la taille de l'exploitation.

Un modèle de régression a examiné l'effet du revenu familial sur la dépense alimentaire, et a montré que, contrôlant la taille de la famille et sa structure (âge et sexe), l'élasticité-revenu pour les dépenses alimentaires est assez élevée (0,87). En d'autres termes, l'augmentation du revenu de 1 DH occasionnerait une augmentation de 0,87 DH de la dépense alimentaire.

La forme du revenu a également un effet sur la dépense alimentaire, à savoir que plus le revenu est sous forme monétaire, plus il tend à être utilisé pour des dépenses non alimentaires.

Par ailleurs, le pourcentage d'adultes qui sont de sexe masculin tend à affecter les dépenses alimentaires d'une manière négative : plus il y a d'hommes dans le foyer, plus le revenu tend à être utilisé pour des dépenses non alimentaires.

Impact sur la qualité du régime alimentaire

En termes de structure de la dépense alimentaire, en moyenne, le tiers de la dépense alimentaire est utilisé pour les céréales. Il est surprenant que cette part soit encore plus élevée dans les exploitations bénéficiant de l'irrigation de l'Ormval (E2 et E3). Cela montre le poids que représentent les habitudes alimentaires. En effet, l'augmentation de la consommation de viande entraîne une augmentation relative de la consommation de pain car la viande est préparée sous forme de tajine (viande, légumes et sauce).

Un modèle de régression a examiné les déterminants de la part des produits animaux dans la dépense alimentaire. Contrôlant la taille de la famille et sa structure, le revenu familial a un effet positif mais faible sur cette part. En revanche, l'accès au marché l'augmente par plus de deux unités. Dans la région étudiée, le marché est hebdomadaire et

Summary

Economic, dietary and nutritional impacts of agricultural development projects: the case of the Lukkos irrigation project in Morocco

S. Benjelloun, B.L. Rogers, M. Berrada

Two-hundred and forty households were interviewed as part of a survey which attempted to assess the impact, on various aspects of household welfare, of a large-scale irrigation project in the Lukkos region of Morocco (Ormval). Sample households were classified in six different categories: landless households, totally Ormval – irrigated farms, partially Ormval-irrigated farms, totally well irrigated farms, partially well irrigated farms, and unirrigated farms.

Both large-scale irrigation and irrigation from private wells increase the intensification, diversification, and commercialization of agriculture. Landholding size, size of genetically improved cattle, and irrigation are important determinants of net income, but large-scale irrigation is not different from private irrigation in this regard.

Per-adult-equivalent food expenditures are strikingly similar across household categories. It is clear, therefore, that households in the region – notwithstanding different types of resources with regard to land, irrigation, and wage-earning opportunities – achieve basically the same level of economic welfare, as conveyed by their total and food consumption levels. However, other indicators of economic status, such as the level of non-food consumption and the ownership of consumption assets, are higher among large landholders. In particular, modern housing and electrification are the privilege of a larger number of farms irrigated by the Lukkos project than of other households.

Calorie and protein intakes are adequate for all household categories. Three nutrients are deficient: calcium, vitamin B2, and vitamin A. Calcium intake and the consumption of dairy products are strongly and negatively affected by the commercialization of milk.

Household income positively affects household food consumption. The effect is large and significant on food expenditures but only marginal on caloric intake. That is, an increase in income is well reflected in household food expenditure but less reflected in caloric intake. Indeed, indicators of dietary quality such as animal products and fat consumption are affected positively by income. However, this effect is small, and cereal consumption is still quite high and is not diminished by increased income. The reasons for this lie in the slow change of food habits in which cereals are predominant and in infrequent food markets able to provide animal products.

Among children, the major nutritional problem is stunting (28%). This prevalence is similar in all household categories. Irrigation has no impact on child growth.

The study recommends that a program of nutrition education be designed to address the high consumption of cereals. The improvement of the regularity (more than once a week) and the access (roads and transportation means) to rural markets will help households diversify their diet. The expansion of road infrastructures would also facilitate the access to health services which, in turn, will be of a particular benefit to child's health and anthropometric status.

Cahiers Agricultures 2002 ; 11 : 45-50.

limite donc le degré auquel l'augmentation du revenu peut entraîner l'augmentation de la consommation de produits périssables tels que les produits animaux.

Impact sur l'adéquation de la ration alimentaire

Les niveaux calorique, protéique, de fer, de vitamine C et de vitamine B1 sont adéquats pour la grande majorité des foyers enquêtés. En revanche, les niveaux de

consommation de calcium, de vitamine B2 et de vitamine A sont au-dessous des niveaux recommandés (tableau 2). Ces déficiences peuvent raisonnablement être liées à la faible consommation de produits laitiers. Une analyse des données de cette même étude, rapportées ailleurs [12] a montré l'effet négatif qu'a eu la commercialisation du lait, elle-même résultante du projet, sur la consommation de produits laitiers et de calcium.

³ 1 dirham (DH) équivaut à 0,1 US dollar

Tableau 2**Adéquation nutritionnelle**

	Ensemble (239)	Sans terre E1 (41)	100 % Ormval E2 (54)	Ormval et autres E3 (76)	100 % Puits E4 (25)	Puits et bour E5 (18)	100 % Bour E6 (25)
Énergie	1,38	1,37	1,42	1,39	1,21	1,34	1,42
Protéines	2,16	2,12	2,26	2,19	1,94	2,10	2,18
Calcium	0,85	0,96	0,90	0,80	0,63	0,78	1,04
Fer	1,93	1,78	2,09	1,96	1,65	1,84	2,00
Vitamine C	4,43	5,01	4,70	4,48	3,53	3,27	4,62
Vitamine B1	2,48	1,91	3,12	2,31	1,70	2,73	3,07
Vitamine B2	0,83	0,82	0,89	0,84	0,72	0,76	0,86
Vitamine A	0,94	1,05	0,98	0,89	0,84	0,79	1,08

Calorie, protein and nutrient intakes**Tableau 3****Impact des caractéristiques agricoles sur le statut anthropométrique des enfants de 5 ans et moins**

Variables dépendantes	Score taille-pour-âge		Score poids-pour-âge	
	Coef. de régression	Erreur standard	Coef. de régression	Erreur standard
Âge de l'enfant (mois)	-0,016	0,003	0,010	0,002
Taille de la mère	0,031	0,011	0,015	0,009
Taille du père	0,043	0,010	0,021	0,008
Dépense de consommation par équivalent-adulte	0,00008	0,00003	0,00005	0,00002
Ratio équivalent-adulte	4,203	1,099	4,770	0,829
Catégorie 100 % Ormval	-0,081	0,220	-0,151	0,166
Catégorie 100 % Puits	-0,599	0,256	-0,518	0,192
Catégorie 100 % Bour	-0,268	0,265	0,023	0,199
Catégorie Ormval et autres	-0,173	0,212	-0,032	0,159
Catégorie Puits et bour	-0,373	0,307	-0,330	0,232
Constante	-16,126	2,361	-9,615	1,783
R ² ajusté	0,175		0,174	
F	F _(10,432) = 10,4 p = 0000		F _(10,432) = 10,3 p = 0000	

Impact of various household parameters on the anthropometric status of children aged 5 and under

L'analyse en régression multiple montre que l'élasticité-revenu pour les calories est assez faible : 0,17 par comparaison avec l'élasticité-revenu pour les dépenses alimentaires montrée plus haut (0,87). Autrement dit, alors que 1 DH d'augmentation du revenu entraînerait 0,87 DH d'augmentation de dépenses alimentaires, il n'entraînerait qu'une augmentation de

0,17 kilocalorie. L'explication possible est double : d'abord, l'apport calorique est déjà adéquat pour la majorité des foyers ; ensuite, l'opportunité de l'augmentation de calories par l'augmentation de la consommation de produits plus riches en calories (huiles et produits animaux) est faible en raison de l'accès limité au marché comme démontré plus haut.

En effet, le revenu familial affecte positivement, mais très faiblement, la part des produits animaux dans la ration protéique alors que l'accès au marché l'augmente de quatre unités. En d'autres termes, les foyers habitant près du marché tendent à consommer plus de produits animaux. Le pourcentage des calories dérivées des céréales n'est, en revanche, pas affecté par le revenu familial alors que l'accès au marché diminue ce pourcentage de quatre unités.

Impact du projet sur le statut anthropométrique des enfants

L'étude a évalué le statut anthropométrique des enfants à travers l'utilisation des indicateurs suivants exprimés en scores standardisés (z-scores) : taille-pour-âge, poids-pour-âge et poids-pour-taille. L'insuffisance pondérale (faible poids-pour-âge⁴) et l'émaciation (faible taille-pour-âge⁴) sont très rares parmi les enfants de toutes les catégories (7 et 0,6 %, respectivement). En revanche, le retard de croissance (faible taille-pour-âge⁴) touche 28 % des enfants. Ce chiffre est significativement plus élevé parmi les enfants des exploitations totalement irriguées par puits, E4 (43 %), que parmi ceux des exploitations totalement irriguées par l'Ormval, E2 (25 %), ou que parmi les enfants des exploitations non irriguées, E6 (21 %).

Ces comparaisons ont été confirmées par un modèle de régression qui a examiné l'effet des caractéristiques agricoles sur le statut anthropométrique des enfants (tableau 3). Il a montré que, comparés aux enfants des foyers sans terre, les enfants des foyers appartenant aux autres catégories agricoles ne sont pas différents par leur statut anthropométrique, sauf ceux de la catégorie « exploitations partiellement irriguées à partir du puits privé » qui tendent à avoir plus de retard de croissance et un poids plus faible. Les observations de terrain permettent d'expliquer cela par le fait que, dans ces exploitations de petite taille et à agriculture intensifiée (du fait de l'irrigation), les mères tendent à être moins disponibles pour procurer les soins nécessaires aux enfants, en particulier une alimentation adéquate.

⁴ Le point critique utilisé ici est celui qui est recommandé par l'OMS, à savoir -2 écarts-types par rapport à la moyenne de la population de référence.

Conclusion

L'étude a montré que le projet agricole du Loukkos a permis aux familles rurales de la région du R'mel d'améliorer leur revenu. Cependant, cette amélioration ne s'est reflétée sur la consommation alimentaire et l'état nutritionnel des familles que d'une manière très timide. Le principal obstacle à un effet positif du revenu sur la qualité du régime alimentaire est l'accès au marché. En effet, l'approvisionnement hebdomadaire et la difficulté liée à l'achat et au transport des aliments périssables tels que les produits animaux limitent la consommation de ces produits, si bien que les céréales sont encore prépondérantes dans le régime alimentaire local même parmi les bénéficiaires du projet.

De même, le statut anthropométrique des enfants n'a été amélioré par l'augmentation du revenu que d'une manière très limitée. On soupçonne à cet égard les conditions sanitaires et hygiéniques qui n'ont pas été améliorées. Par ailleurs, l'étude a montré que les enfants des exploitations agricoles de très petite taille, mais dont l'agriculture est intensifiée, sont les plus défavorisés en termes d'indicateurs anthropométriques. On pense que l'intensification du travail agricole sur ces exploitations empiète sur le temps des mères, les empêchant de bien s'occuper de leurs jeunes enfants. De plus, ces exploitations étant trop petites, elles n'arrivent pas à subvenir aux besoins de leurs membres.

En conclusion, cette étude a montré que le projet du Loukkos a réussi sur les aspects agricoles et économiques mais n'a pas pu avoir un effet notable sur l'amélioration des conditions de vie, particulièrement consommation alimentaire et état nutritionnel, de la population rurale concernée. Les obstacles à un meilleur effet ne résident pas nécessairement dans les composantes agricoles du projet mais dans les activités accompagnatrices relevant des autres secteurs de développement comme l'éducation, les infrastructures routière et sanitaire. Cette conclusion et ses implications ne se limitent pas au projet Loukkos mais devraient être généralisées à l'ensemble des projets agricoles qui ne sont pas de développement intégré ■

Références

1. Alaoui C. *Évaluation de l'impact socio-économique de l'irrigation sur les femmes au Doukkala*. Rabat, Maroc : Direction de Développement Rural, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan-II, 1987.
2. Braun VJ, Kennedy E, Bouis H. *Comparative analyses of the effects of increased commercialization of subsistence agriculture on production, consumption, and nutrition. Rapport final provisoire*. Washington, DC, USA : IFPRI, 1988.
3. DeWalt KM, DeWalt BR, Escudero JC, Barkin D. Shifts from maize to sorghum production: nutrition effects in four Mexican communities. *Food Policy* 1990 ; 15 : 395-407.
4. Dewey KG. Nutritional consequences of the transformation from subsistence to commercial agriculture in Tabasco, Mexico. *Human Ecology* 1981 ; 9 : 151-87.
5. FAO. *Integrating nutrition into agricultural and rural development projects: six-case studies*. Nutrition in Agriculture, No 2. Rome, Italy : Nutrition Planning, Assessment and Evaluation Service, Food Policy and Nutrition Division, 1984 ; 132 p.
6. Gross DR, Underwood B. Technological change and caloric costs: sisal agriculture in Northeastern Brazil. *American Anthropologist* 1971 ; 73 : 725-40.
7. Hitchings JA. *Agricultural determinants of nutritional status among Kenyan children*. Thèse de Doctorat, Stanford University, USA, 1982 ; 247 p.
8. Immink MDC, Alarcon JA. Household food security, nutrition and crop diversification among smallholder farmers in the highlands of Guatemala. *Ecol Food Nutr* 1991 ; 25 : 287-305.
9. Van Roosmalen-Wiebenga MW, Kibona WN, Kusin JA, De With C, Buning M. Action-oriented assessment of nutritional status of young children in Mbozi-SW Tanzania. *East Afr J* 1985 ; 62 : 640-9.
10. Seyoum E, Kidane Y, Gebru H, Sevenhuyzen G. Preliminary study of income and nutritional status indicators in two Ethiopian communities. *Food Nutr Bull* 1986 ; 8 : 37-41.
11. Snedecor GW, Cochran WG. *Statistical methods*. Seventh edition. Ames, Iowa, USA : The Iowa State University Press, 1980 ; 507 p.
12. Benjelloun S, Rogers B, Berrada M. Income and consumption effects of milk commercialization in the Lukkos area of Morocco. *Ecol Food Nutr* 1998 ; 37 : 269-96.

Résumé

Au Maroc, une enquête auprès de 240 foyers a tenté d'évaluer les effets du grand projet d'irrigation du Loukkos sur le bien-être des familles rurales. Une large enquête a collecté des données sur l'agriculture, la consommation alimentaire et l'état nutritionnel de la population.

Les deux types d'irrigation, à savoir la grande irrigation par le projet et l'irrigation à partir de puits individuels, augmentent le degré d'intensification, de diversification et de commercialisation de l'agriculture. La taille de l'exploitation, la taille du cheptel bovin génétiquement amélioré et l'irrigation sont des déterminants importants du revenu net, mais l'irrigation du projet ne diffère pas de l'irrigation individuelle à ce propos.

Les dépenses de consommation par adulte-équivalent sont similaires pour toutes les catégories de familles, y compris celles sans terre. Les apports alimentaires et nutritionnels sont similaires quantitativement et qualitativement entre les foyers ayant bénéficié de l'irrigation et ceux n'en ayant pas bénéficié. Le revenu n'exerce qu'un effet minime à ce propos, essentiellement limité par l'accès encore restreint, pour l'ensemble de la région, au marché rural tenu une fois par semaine.

Le problème nutritionnel majeur des enfants est le retard de croissance (28 %), l'irrigation n'exerçant pas d'effet. Cependant, les petites exploitations agricoles irriguées ont les enfants souffrant le plus de retard de croissance. Il semble que cela soit dû aux effets conjugués de leurs moyens économiques limités et de l'intensification de l'agriculture sur ces exploitations qui entraînent une plus faible disponibilité des mères pour les soins des enfants.

Les recommandations comprennent la nécessité d'accompagner le projet d'irrigation par des actions de développement d'infrastructures (marchés, routes et centres de santé) et d'éducation nutritionnelle auprès des populations locales.

Les grands hydro-aménagements au Burkina Faso contribuent-ils à l'amélioration des situations nutritionnelles des enfants ?

Gérard Parent, Noël-Marie Zagré, André Ouédraogo,
Tinga Robert Guiguembé

L'état nutritionnel des enfants, généralement associé aux taux de mortalité infanto-juvénile, est un indicateur de plus en plus souvent utilisé dans les pays en développement en vue d'apprécier le développement humain durable. De façon plus spécifique, il peut être retenu pour évaluer l'efficacité des programmes d'intervention, parmi lesquels les hydro-aménagements et l'irrigation, qui visent à améliorer les productions agricoles. Cela est d'autant plus pertinent dans les pays sahéliens et sahélo-soudanais qui ont à gérer une disponibilité en eau à la fois réduite et irrégulière. C'est le cas du Burkina Faso qui présente des aléas importants de production alimentaire. Cependant, même s'il est logique de penser que l'agriculture irriguée va accroître les productions et donc les disponibilités alimentaires pour les populations concernées, curieusement l'impact sur leur situation nutritionnelle est assez peu étudié et continue à faire l'objet de

polémique [1]. C'est ce qui a incité une équipe pluridisciplinaire de chercheurs au Burkina Faso à analyser deux cas de figure représentatifs des plus grands projets d'hydro-aménagements du pays : celui de Bagré et celui du Sourou.

Cet article analyse les situations nutritionnelles observées chez les enfants de moins de 5 ans, selon qu'ils vivent ou non près de l'eau ou que leurs parents ont ou non des activités liées à l'eau, en y associant certaines variables d'intérêt telles que des infections en relation avec l'eau ou des indicateurs socio-démographiques.

Contexte de l'étude

Au Burkina Faso, l'agriculture, qui occupe près de 85 % de la population, est très dépendante des contraintes climatiques, ce qui entraîne un état de vulnérabilité alimentaire¹ quasi généralisé et permanent, lui-même à l'origine d'une situation nutritionnelle particulièrement précaire qui évolue même vers une aggravation. La comparaison des données des enquêtes démographiques et de santé (EDS) réalisées l'une en 1993 [3] et l'autre en 1999 [4] montre que, chez les

enfants de moins de 5 ans, les taux de faible poids pour l'âge sont passés de 29 à 34 %, avec une augmentation du taux de mortalité infanto-juvénile passant de 187 à 219 ‰.

Cette précarité est en étroite relation avec le contexte économique et social du pays. En 1996, l'INSD (Institut national de la statistique et de la démographie) avait évalué à 44,5 % la proportion de la population vivant en dessous du seuil de pauvreté absolu, estimé à 41 099 FCFA par adulte et par an [5]. Par ailleurs, même si le Burkina Faso connaît un taux de croissance moyen de sa production agricole de 1,67 % par an [6], celui-ci étant plus lié à l'augmentation des superficies cultivées qu'à une amélioration des rendements, il reste inférieur à celui de sa croissance démographique (près de 3 % par an), ce qui signifie donc une régression de la productivité agricole par habitant. C'est dans ce contexte d'insécurité alimentaire qu'a été intensifiée la politique d'hydro-aménagements, dont ceux de Bagré et du Sourou.

Méthodes

Localisation et description des barrages (carte)

Situé au sud-est du pays, Bagré est le plus important barrage du Burkina Faso ; sa construction a été achevée en 1992. Outre sa production d'électricité, il a un potentiel d'irrigation de 7 400 hectares

G. Parent : IRD, 01 BP 182, Ouagadougou, Burkina Faso.

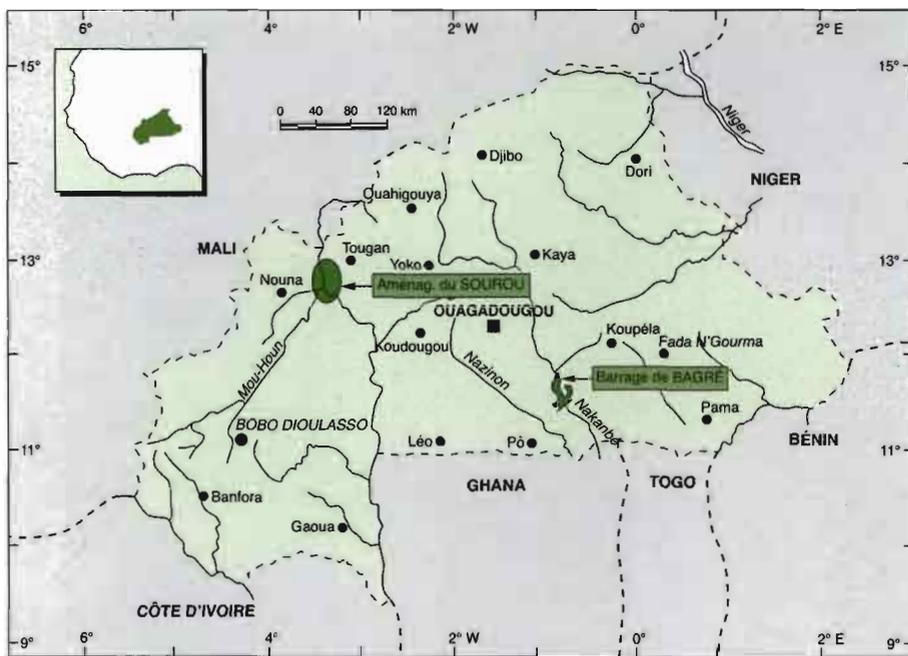
N.-M. Zagré : IRSS/CNRST, 03 BP 7047, Ouagadougou, Burkina Faso.
<Noel.Zagre@ird.bf>

A. Ouédraogo : OMS/WHO Afro, Hararé, Zimbabwe.

T.R. Guiguembé : Centre Muraz, 01 BP 153, Bobo Dioulasso, Burkina Faso.

Tirés à part : N.M. Zagré

Thèmes : Nutrition, hygiène et alimentation humaine ; Eau, irrigation.



Carte. Localisation des barrages étudiés.

Map. Geographical situation of the dams.

irrigables et un potentiel halieutique de 1 500 tonnes de poissons par an. Les études dont les résultats sont analysés ici ont été réalisées durant la période de soudure, entre 1994 et 1995, après la mise en eau du barrage, mais avant que les aménagements aient modifié les conditions environnementales.

La vallée du Sourou, située au nord-ouest du pays, près de la frontière malienne, bénéficie d'une importante réserve d'eau avec un potentiel aménageable d'environ 30 000 hectares dont 3 500 sont actuellement exploités. Depuis plus de 30 ans, de nombreux projets d'irrigation se sont succédés. Ceux-ci ont fait l'objet d'enquêtes menées sur le terrain en 1999, également durant la période de soudure.

Conception de l'étude et échantillonnage

La même approche méthodologique a été utilisée dans les deux sites d'étude. Dans un premier temps, ceux-ci ont été stratifiés pour pouvoir comparer, d'une part, des enfants vivant à proximité de l'eau et dont les parents exercent ou non une activité liée à l'eau (pêche, maraîcha-

ge, riziculture, etc.) et, d'autre part, des enfants considérés comme « témoins », vivant dans un contexte comparable mais distant d'au moins 10 km des eaux des barrages et donc sans influence directe de celles-ci.

L'échantillonnage a été obtenu en prenant le ménage comme unité de sondage, les enfants de moins de cinq ans ayant été sélectionnés par un tirage au sort aléatoire à partir des recensements disponibles.

Collecte des données

Les enquêtes visaient à caractériser le cadre de vie, l'état de santé et l'état nutritionnel des enfants. Les données suivantes ont été recueillies :

- situation socio-démographique et économique des ménages obtenue par interview directe des parents ;
- données anthropométriques : le poids et la taille des enfants ont été collectés selon les règles de rigueur en la matière, par les équipes d'enquête préalablement formées et soumises à une supervision régulière ;
- données sanitaires : recherche de maladies infectieuses en relation avec l'eau, notamment paludisme et maladies diar-

rhéiques, et prélèvement de sang destiné au dosage de l'hémoglobine.

Traitement et analyse des données

Les données ont été saisies et analysées à l'aide des logiciels Épi Info (version 6.04) et SPSS 8.0. Le traitement des mesures anthropométriques a utilisé les indices nutritionnels poids pour taille (P/T) et taille pour l'âge (T/A). Les seuils de malnutrition fixés à -2 Z-scores² des valeurs des populations de référence du National Center for Health Statistics (NCHS), conformément aux recommandations de l'OMS, ont été utilisés pour calculer les prévalences de maigreur (P/T < -2 Z-scores) et de retard statural (T/A < -2 Z-scores) [7]. L'anémie a été définie à partir du seuil établi par l'OMS (à savoir un taux d'hémoglobine < 110 mg/l) [8].

Ont été analysés, dans un premier temps, dans chaque site (barrage) et pour chaque zone (zone sous influence, et zone hors influence, de l'eau) les prévalences de malnutrition en comparant les zones proches de l'eau avec celles qui ne le sont pas, ainsi que les ménages ayant des activités liées à l'eau avec ceux n'en ayant pas. Ensuite, ces mêmes analyses ont été réalisées pour les deux sites réunis. Dans un second temps, les variables socio-démographiques ont été croisées avec les prévalences de maigreur et de retard statural et lorsque ces variables présentaient une distribution significativement différente selon les zones, elles ont été utilisées comme base d'ajustement afin de déterminer, toutes choses égales par ailleurs, si les différences de situations nutritionnelles observées pouvaient ou non être liées à la présence de l'eau.

Résultats

Les analyses ont porté sur un total de 3 998 enfants âgés de moins de 60 mois : 2 759 vivant à proximité de l'eau (1 879 à Bagré et 880 au Sourou) et 1 239 issus de la zone témoin éloignée des points d'eau (949 à Bagré et 290 au Sourou).

² Le Z-score est l'écart entre la valeur individuelle de l'indice considéré et la médiane de la population de référence.

Présentation de l'échantillon d'étude (tableau 1)

Concernant les ménages, l'une de leurs caractéristiques est leur homogénéité, et leur relative similitude avec les autres zones rurales situées en milieu soudano-sahélien du Burkina Faso. La population est essentiellement musulmane, avec une pratique encore fréquente de la polygamie. La très faible scolarisation est générale et affecte la grande majorité des femmes (moins de deux femmes sur dix ont suivi l'école primaire) avec toutefois une différence significative entre les deux

sites de Bagré et du Sourou. Logiquement, la proximité de l'eau favorise les activités liées à l'eau (maraîchage, riziculture, pêche), avec une exception dans la zone témoin de Bagré où, malgré l'éloignement du barrage, près de 20 % des ménages pratiquent le maraîchage, soit en utilisant des puisards (avec, dans ce cas, des quantités produites très réduites), soit en se déplaçant près des points d'eau. Sur le plan sanitaire, les analyses montrent que près d'un enfant sur deux est impaludé avec une prévalence toujours moindre dans les zones témoin sans contact avec des plans d'eau. Les taux d'impaludation s'accroissent jusqu'à l'âge de 12 mois pour rester à peu près

constants par la suite. Concernant les maladies diarrhéiques, plus d'un enfant sur cinq a, ou a eu, au moins un épisode diarrhéique durant une période incluse dans les deux semaines précédant l'enquête dans les zones proches de l'eau, ce qui représente plus de cinq épisodes diarrhéiques par enfant et par an. Les enfants les plus touchés sont ceux de 6 à 18 mois : dans cette tranche d'âge, chaque enfant vivant près de l'eau présente plus de sept épisodes diarrhéiques par an. Ces fréquences de paludisme et de maladies diarrhéiques sont toujours très significativement supérieures dans les zones proches de l'eau ($p < 0,001$).

Situation nutritionnelle en fonction de la proximité de l'eau et des activités liées

Les tableaux 2, 3 et 4 présentent les prévalences de maigreur et de retard statural selon la proximité ou non avec l'eau ainsi que l'activité liée à l'eau ou non, respectivement pour Bagré, pour le Sourou et pour les deux sites pris ensemble. La lecture de ces tableaux confirme, globalement, une situation nutritionnelle précaire chez les enfants : la maigreur touche toujours plus de 10 % d'entre eux, allant même jusqu'à 18,5 %. Quant au retard statural, la prévalence minimale observée est de 26,2 % avec un maximum de 38,8 %.

Les analyses croisées de ces données avec les caractéristiques socio-démographiques des ménages n'ont montré de différences significatives qu'en ce qui concerne le niveau d'instruction des mères. Comme cette variable influençait significativement la prévalence du P/T à Bagré et celle du T/A pour les deux sites réunis et qu'elle est distribuée de façon significativement inégale entre zone sous influence et zone hors influence de l'eau pour les différents sites étudiés, un ajustement a donc été appliqué sur cette variable pour les comparaisons des situations nutritionnelles³.

³ Concernant l'ajustement réalisé sur la variable « niveau d'instruction de la mère », nous avons préalablement défini deux groupes : le groupe des mères ayant le niveau primaire ou plus et celui des mères sans instruction. Puis, partant de l'effectif total et des effectifs par niveau, nous avons recalculé les prévalences des P/T et T/A pour chaque zone, en considérant des effectifs hypothétiques déterminés à partir d'un niveau d'instruction équitablement réparti dans chaque site.

Tableau 1

Caractéristiques socio-démographiques, nutritionnelles et sanitaires des enfants de 0 à 5 ans

	Zones concernées par l'eau		Zones témoin*	
	Bagré (n = 1 879)	Sourou (n = 880)	Bagré (n = 949)	Sourou (n = 290)
Sexe				
Masculin	925 → 49,2 %	447 → 50,8 %	488 → 51,4 %	162 → 55,9 %
Féminin	954 → 50,8 %	443 → 49,2 %	461 → 48,6 %	128 → 44,1 %
Âge moyen	28,2 m. ± 16,2	26,8 m. ± 16,5	28,0 m. ± 16,6	26,8 m. ± 16,0
Religion des parents				
Musulman (%)	82,9	75,9	81,0	64,5
Catholique (%)	9,0	19,7	17,9	15,5
Animiste (%)	5,6	0	1,3	17,2
% parents polygames	57,5	45,2	50,1	39,7
Niveau d'instruction du père				
Aucun (%)	79,1	46,4	82,5	54,5
Primaire + sec (%)	3,9	30,3	6,1	22,5
Niveau d'instruction de la mère				
Aucun (%)	95,8	83,1	92,3	78,1
Primaire + sec (%)	1,7	15,1	4,0	20,9
Proximité de l'eau (%)	100	100	0	0
Activités des parents liées à l'eau (%)	38,8	42,5	18,6	0,2
Paludisme + (%)	45,6	53,5	31,3	46,6
Diarrhée + (%)	22,8	22,0	16,6	13,2
Taux moyen d'hémoglobine	86,1 mg/l ± 17,7	76,7 mg/l ± 36,1	86,5 mg/l ± 21,0	81,4 mg/l ± 29,7
% de maigreur (P/T <-2 Zscores)	12,3	14,3	12,2	12,1
% de retard statural (T/A <-2 Zscores)	35,1	26,5	41,8	26,9

* Sans contact avec l'eau.

Socio-demographic, nutritional and health characteristics of children up to five years of age

Tableau 2**Distribution des indicateurs nutritionnels et sanitaires au barrage de Bagré (non ajusté)**

	Proximité avec l'eau		Activité liée à l'eau	
	Oui (%)	Non (%)	Oui (%)	Non (%)
Maigreur	14,1*	11,6	10,1*	13,2
Retard statural	35,8	38,8	38,5	38,7
Paludisme	59,5**	34,3	38,8	37,8
Maladies diarrhéiques	20,7	20,4	22,7*	19,3

* p < 0,05 ; ** p < 0,01.

Distribution of health and nutritional indicators at Bagré (non adjusted)**Tableau 3****Distribution des indicateurs nutritionnels et sanitaires au Sourou (non ajusté)**

	Proximité avec l'eau		Activité liée à l'eau	
	Oui (%)	Non (%)	Oui (%)	Non (%)
Maigreur	13,7	12,1	18,5**	11,9
Retard statural	26,2	26,9	24,2	27,2
Paludisme	53,5	47,9	52,7	52
Maladies diarrhéiques	22,1***	13,2	33,3***	16,1

* p < 0,05 ; ** p < 0,01 ; *** p < 0,001.

Distribution of health and nutritional indicators at the Sourou site (non adjusted)**Tableau 4****Distribution des indicateurs nutritionnels et sanitaires sur l'ensemble des deux sites (non ajustés)**

	Proximité avec l'eau		Activité liée à l'eau	
	Oui (%)	Non (%)	Oui (%)	Non (%)
Maigreur	13,9*	11,7	12,4	12,7
Retard statural	30,5***	37,1	34,6	34,5
Paludisme	53,8***	42,2	49,4	50,0
Maladies diarrhéiques	21,5	19,3	25,9***	18,0

* p < 0,05 ; ** p < 0,01 ; *** p < 0,001.

Distribution of health and nutritional indicators at both the Bagré and Sourou sites (non adjusted)

• À Bagré, la maigreur ($P/T < -2$ Zscores) est plus fréquente chez les enfants vivant à proximité de l'eau (14,1 %) que chez ceux vivant éloignés de l'eau (11,6 %). Concernant les activités liées à l'eau, les prévalences étaient de 10,1 % (pour les ménages à activité liée à l'eau) et de 13,2 % (pour les autres) ; mais, après ajustement, celles-ci passent à 11,2 et 12,5 %, respectivement avec $p = 0,21$ (différence non significative).

• Au Sourou, la maigreur est plus fréquente dans les ménages dont l'activité est liée à l'eau (18,5 %) que dans les autres ménages (11,9 %). Cette différence est encore plus sensible si l'on distingue spécifiquement les villages où la pratique du maraîchage est prioritaire : 24,5 % contre 11,4 % ! Rappelons que cette activité implique particulièrement les femmes.

• La prévalence du retard statural ne montre pas de différence significative en fonction de la situation par rapport à l'eau, ni au Sourou, ni à Bagré, ce qui n'est pas le cas quand les deux sites sont réunis. Toutefois, cette différence, qui était alors significative, ne l'est plus après ajustement (33,8 % contre 35,1 % ; $p = 0,13$).

Concernant les associations entre, d'une part, les indices P/T et T/A et, d'autre part, les maladies transmissibles liées à l'eau, les différences sont nettement significatives. En effet, chez tous les enfants souffrant de paludisme et/ou de maladies diarrhéiques, quelle que soit leur zone de résidence, les prévalences de maigreur et de retard de croissance sont toujours significativement supérieures ($p < 0,001$).

Discussion

Les conditions sanitaires et nutritionnelles des jeunes enfants sont globalement précaires. Si les taux de dénutrition grave ($P/T < -3$ Zscores) sont relativement faibles (environ 2 % des enfants), près de la moitié des enfants présente une forme de malnutrition (maigreur et/ou retard statural), et pour les anémies ce taux atteint même 90 %. Par ailleurs, comme il fallait s'y attendre, le fait de vivre à proximité de l'eau et/ou d'avoir des activités en relation avec l'eau favorise logiquement certaines maladies transmissibles (diarrhées, paludisme) qui sont elles-mêmes susceptibles d'influencer négativement à leur tour l'état nutritionnel des jeunes enfants.

Summary

Are large-scale water facilities in Burkina Faso helping to improve child nutrition?

G. Parent, N.-M. Zagré, A. Ouédraogo, T.R. Guiguembé

This article presents the findings of multi-disciplinary research aimed at assessing the impact of changes brought about by the Bagré and Sourou dams on the health and nutrition of young children.

The research covered 3,998 children aged from birth to five years old, 2,759 of whom lived close to water and 1,239 of whom lived in a control area far from any water supply. The findings concerning nutrition and infectious diseases were analysed and compared (after making adjustments for the mothers' level of education), depending on whether the children lived close to water and/or whether their parents' work involved water.

No significant difference was found between the areas where water was a factor and the others, either regarding the proportion of seriously underweight children (11.2% compared to 12.5%) or those with retarded growth (33.8% compared to 35.1%). In Sourou, underweight is significantly higher in the water-related areas, especially when the parents (and specifically the mothers) were involved in market gardening. Malaria and diarrhoeal illnesses, which are always more common among children living close to water, cause a considerable increase in both the proportion of underweight children and retarded growth.

In conclusion, whether or not young children live close to water is not in itself sufficient to imply or explain changes in their nutritional health. Other factors liable to have an indirect influence, such as infectious diseases, should also be taken into account, as should factors related to the mothers, such as whether their work makes them less available to look after their children.

Cahiers Agricultures 2002 ; 11 : 51-7.

La question était donc de savoir si le fait de bénéficier d'un hydro-aménagement, permettant la pratique d'activités liées à l'eau telles que le maraîchage, la riziculture ou la pêche, pouvait contribuer à améliorer l'état nutritionnel des enfants.

Concernant le retard statural au niveau des deux sites réunis, les prévalences ne sont pas significativement différentes (après ajustement prenant en compte le niveau d'instruction des mères), qu'il s'agisse des enfants vivant ou non à proximité de l'eau ou de ceux dont les parents ont ou non une activité liée à l'eau. Il en est de même lorsqu'on considère les deux sites pris isolément. Cette absence de différence observée dans cette étude transversale ne devrait toutefois pas être interprétée comme une absence d'effet de l'eau à plus long terme. En effet, les conséquences de modifications sur la croissance ne se font sentir que tardivement ; c'est la raison pour laquelle il est nécessaire d'attendre les résultats du suivi longitudinal programmé.

En revanche, concernant la maigreur, certaines différences observées dans les prévalences sont intéressantes à analyser. Les enfants vivant à proximité de l'eau sont plus fréquemment maigres à Bagré

et pour les deux sites réunis, ce qui est également le cas au Sourou chez ceux dont les parents ont des activités liées à l'eau, et plus particulièrement ceux qui pratiquent le maraîchage. Sachant que ce sont les femmes qui sont particulièrement impliquées dans cette activité, nous avons voulu mesurer le temps que cela représente, dans un village proche de Bagré où la culture d'oignons est traditionnelle, par comparaison avec un autre village témoin sans eau et, donc, sans possibilité de maraîchage. Les mères du premier village disposent d'1 heure 30 minutes de moins pour s'occuper de leurs enfants et se reposent 2 heures de moins que les autres [9]. Prenant en compte ces résultats, on peut retenir l'hypothèse que, même si le maraîchage est susceptible de générer des compléments de revenus, l'impact sur la prise de poids des enfants peut être négatif du fait que ceux-ci sont moins bien et moins longtemps pris en charge par leur mère.

Par ailleurs, la prise en compte de l'ancienneté d'un barrage semble également importante. En effet, nous observons dans nos résultats, indépendamment de la proximité de l'eau et des activités

liées à l'eau, que la prévalence du retard statural est significativement plus élevée à Bagré qu'au Sourou. Cette situation pourrait s'expliquer par le fait que le Sourou étant un ouvrage ancien, les populations ont eu le temps de créer un nouvel équilibre avec leur environnement modifié et que les effets bénéfiques attendus se sont manifestés, ce qui n'est pas encore le cas à Bagré qui est un ouvrage jeune.

Si l'on rappelle également les conséquences néfastes des infections transmissibles en relation avec l'eau (paludisme, maladies diarrhéiques), il s'avère que les facteurs susceptibles d'influencer l'état nutritionnel des jeunes enfants sont multiples, complexes et, qui plus est, souvent reliés entre eux. Cela laisse penser que la polémique sur les impacts des hydro-aménagements risque de se poursuivre encore longtemps. Toutefois, nos résultats permettent de cibler quelques pistes d'interventions intéressantes, à la fois réalistes et concrètes, susceptibles d'être recommandées, telles que :

- construire un modèle conceptuel prévisionnel des risques dès le début des projets ;
- assurer un suivi et une prise en charge de certaines maladies cibles telles que les diarrhées ou le paludisme ;

- assurer un suivi nutritionnel des jeunes enfants ;
- privilégier les actions visant une meilleure éducation et information des mères aussi bien sur les modes d'alimentation des enfants que sur l'attention et les soins qui leur sont accordés ;
- renforcer les programmes de scolarisation, et en particulier celle des filles.

Conclusion

Qui dit hydro-aménagements dit nouvel environnement, c'est-à-dire situation en changement et donc à risques, principalement pour les jeunes enfants. Cela avait été confirmé par des études menées sur ce thème dans des environnements aussi divers que le Sénégal [10], le Cameroun [11] ou le Kenya [12] : leur état nutritionnel est rarement amélioré, quand il n'est pas dégradé.

Au Burkina Faso, s'il est bien admis que la lutte contre l'insécurité alimentaire du pays passe par un développement des cultures irriguées, vu sa situation géo-climatique, il est tout aussi évident que, même si les populations concernées peuvent en tirer certains avantages (nouvelles infrastructures, nouvelles disponibilités alimentaires, nouveaux revenus, etc.), elles ont aussi à faire face à de nouvelles contraintes (réorganisation sociale et économique, charge de travail accrue – surtout pour les femmes, nouveaux risques sanitaires, etc.), pouvant même conduire à une situation qualifiée de « crise » [13]. C'est probablement l'une des principales raisons pour laquelle, tout comme dans d'autres pays similaires, les résultats des grands projets d'hydro-aménagements observés jusqu'à présent sur la santé et l'état nutritionnel des enfants ne sont que très rarement à la hauteur des attentes.

Même en l'absence des conclusions de l'étude longitudinale programmée, ces résultats auront fourni de nouveaux arguments qui confirment qu'il ne suffit pas de produire plus pour relever le défi de la malnutrition des jeunes enfants. L'irrigation permet sans doute d'accroître et de diversifier les productions alimentaires, mais elle est également synonyme d'un ensemble de changements qui interpellent aussi bien les disciplines biomédicales que socio-démographiques ou géographiques. Parmi ceux-ci, certains tels que le rôle joué par les femmes (qui

sont aussi les mères) ou celui des maladies transmissibles, apparaissent comme primordiaux à prendre en compte. En d'autres termes, l'amélioration des situations nutritionnelles des enfants implique une approche systémique associant les nutritionnistes tant avec les agronomes qu'avec les parasitologues, les hygiénistes, ou les sociologues ■

Remerciements

Nous sommes reconnaissants à la Direction de la médecine préventive (DMP) du ministère de la Santé du Burkina Faso qui, avec ses partenaires, a contribué à ces études multidisciplinaires d'impacts sanitaires et nutritionnels des hydro-aménagements. Nous remercions également les structures des ouvrages hydrauliques de Bagré et du Sourou qui ont aidé à la mobilisation des ressources financières et à l'accueil des équipes de recherche sur les sites.

Références

1. Parent G, Ouédraogo A, Zagre NM, et al. Grands barrages, santé et nutrition en Afrique : au-delà de la polémique... *Cahiers Santé* 1997 ; 7 : 417-22.
2. Courade G, Peltre-Wurtz J. La sécurité alimentaire à l'heure du néo-libéralisme. *Cahiers Sciences Humaines* 1991 ; 27 : 3-13.
3. *Enquête Démographique et de Santé – EDS Burkina Faso 1993*. Ouagadougou : Institut national de la statistique et de la démographie (INSD)/DHS, 1994 ; 296 p.
4. *Enquête Démographique et de Santé – EDS Burkina Faso 1999*, Ouagadougou : Institut national de la statistique et de la démographie/DHS, 2000 ; 327 p.
5. Institut national de la statistique et de la démographie (INSD). *Le profil de pauvreté au Burkina Faso – Étude statistique nationale*. Ouagadougou : Institut national de la statistique et de la démographie (INSD) 1996 ; 169 p.
6. *Plan national d'action pour la nutrition pour le Burkina Faso*. Ouagadougou : Commission nationale du PNAN, ministère de la Santé – BKF, 1995 ; 123 p.
7. Organisation mondiale de la santé. *Utilisation et interprétation de l'anthropométrie*. Série de rapports techniques n° 854. Genève : OMS, 1995.
8. De Maeyer EM, Dallman P, Gurney JM, et al. *Preventing and controlling iron deficiency anaemia through primary health care: a guide for*

Résumé

Cet article présente les résultats d'enquêtes pluridisciplinaires visant à évaluer les effets des modifications induites par les barrages de Bagré et du Sourou (Burkina Faso) sur l'état nutritionnel et l'état de santé des jeunes enfants.

L'étude a concerné 3 998 enfants âgés de 0 à 59 mois dont 2 759 vivaient à proximité de l'eau et 1 239 vivaient dans une zone témoin, éloignée des points d'eau. Ont été analysés et comparés (après ajustement prenant en compte le niveau d'instruction des mères) les résultats obtenus (état nutritionnel et maladies transmissibles), selon que les enfants vivaient à proximité de l'eau ou que leurs parents avaient des activités en relation avec l'eau.

Sur les deux sites réunis, il n'y a pas de différence significative entre les zones sous influence de l'eau et les autres, que ce soit pour la maigreur (11,2 % contre 12,5 %) ou le retard statural (33,8 % contre 35,1 %). Au Sourou, la maigreur est significativement plus élevée, surtout lorsque les parents (et en particulier les mères) pratiquent le maraîchage. Le paludisme et les diarrhées, qui sont toujours plus fréquents chez les enfants vivant près de l'eau, entraînent un accroissement significatif des taux de maigreur et de retard de croissance.

En conclusion, le fait de vivre ou non près de l'eau ne suffit pas à lui seul à induire ou expliquer des modifications de l'état nutritionnel des jeunes enfants. D'autres facteurs susceptibles de l'influencer indirectement sont à prendre en compte : ce sont les maladies transmissibles mais aussi des facteurs en relation avec les mères, tels que leur type d'activités pouvant entrer en concurrence avec leur disponibilité pour leurs enfants.

health administrators and programme managers. Geneva : WHO, 1989 ; 58 p.

9. Ira Tieba V. *Activités des femmes et leurs impacts sur l'alimentation et l'état nutritionnel des enfants autour du lac de Bagré*. Mémoire de Maîtrise de géographie, FLASHS, Université Ouagadougou, juin 2001 ; 103 p.

10. Benefice E, Simondon K. Agricultural development and nutrition among rural populations:

a case study of the middle valley in Senegal. *Ecol Food Nutrit* 1993 ; 31 : 45-66.

11. Koppert G, Sajo Nana E, Rikong H, et al. *L'eau et la santé dans les contextes du développement au Cameroun : volet nutrition*. Document d'ent méd et parasitol, Paris : Orstom, 1992/05 ; 78 p.

12. Niemeijer R, Guens M, Klliest T, et al. Nutrition in agricultural development: the case of

irrigated rice cultivation in West Kenya. *Ecol Food Nutrit* 1988 ; 22 : 65-81.

13. Parent G, Baya B, Ouédraogo A, et al. Alimentation, nutrition et situations socio-économiques des ménages : le cas de Bagré au Burkina Faso. In : Gendreau F, ed. *Crises, pauvreté et changements démographiques dans les pays du Sud*. Paris : Éd. Estem/Universités francophones, 1998 : 301-14.

La riziculture irriguée en Afrique sahélienne : rompre avec le pessimisme

Christophe Rigourd, Ingrid Hermiteau,
Audrey Nepveu de Villemarceau, Alain Vidal

Bien que les conditions agro-climatiques en Afrique de l'Ouest soient favorables à la riziculture irriguée, cette région ne produit que 1,3 % du paddy mondial alors qu'elle compte pour 8,4 % des importations [1]. Malgré des financements considérables consacrés à l'irrigation, les résultats sont mitigés et indiquent que le taux d'autosuffisance (production/production + importation) en riz en Afrique sahélienne s'est récemment dégradé [1]. Fin des années 80, les filières rizicoles sont libéralisées, les États se désengagent et les aménagements sont transférés aux usagers. On stigmatise alors la non-compétitivité du riz local, la faillite des coopératives, le faible taux de mise en valeur des aménagements et leur dégradation. Après une trentaine d'années d'orientation rizicole, les bailleurs de fonds se désintéressent de cette spéculation tout en laissant les irrigants supporter les conséquences des politiques passées.

Les enjeux actuels sont importants et les perspectives d'amélioration des performances encourageantes. Certains irrigants, avec plus de trente ans d'expérience, montrent des compétences techniques et organisationnelles certaines. Les rendements ont progressé de 2 t/ha à presque 5 t/ha en moyenne [2]. Les filières se professionnalisent et les performances s'améliorent. Si la tendance se poursuit, le riz sénégalais deviendra compétitif face au riz importé [3]. L'objectif de cet article est de montrer que la riziculture irriguée au Sahel peut être attractive pour les producteurs, compétitive face aux importations, et durable.

Matériel et méthode

Les résultats présentés ici sont issus du projet « Identification et diffusion de bonnes pratiques sur les périmètres irrigués en Afrique de l'Ouest » de l'IPTRID (Programme international pour la recherche et la technologie en irrigation et drainage), programme multi-bailleurs, basé à Rome au siège de la FAO. Ce projet financé par la France est conduit en partenariat avec plusieurs organisations : l'EIER (École inter-États des ingénieurs de l'équipement rural), le PSI-Coraf (Pôle régional de recherche sur les systèmes irrigués soudano-sahéliens sous l'égide du Conseil ouest- et centre-africain pour la recherche et le développement agricole), l'AFAR^{TCT} (Action pour la formation et l'auto-pro-

motion rurale, techniques, conseils pour l'autogestion du terroir), le SENAGRHY (Société d'étude en environnement, agriculture et hydraulique), l'AMVS (Autorité de mise en valeur du Sourou) et le PSSA (Programme spécial pour la sécurité alimentaire de la FAO).

Douze périmètres irrigués ont été choisis de façon à permettre la comparaison de leurs résultats et de leurs pratiques. Il s'agit de périmètres rizicoles irrigués par pompage, en maîtrise de l'eau. Ils sont collectifs, transférés ou en cours de transfert : certaines fonctions sont gérées par une coopérative, mais chaque exploitant est responsable de sa parcelle. Des différences apparaissent en termes de taille des aménagements (20 à 3 295 hectares) et des coopératives, de maturité des organisations paysannes, de système de production agricole et de contexte. Par ailleurs, ces sites ont été sélectionnés pour certains de leurs résultats, jugés *a priori* intéressants. Ils ne sont donc pas toujours représentatifs de la sous-région : cette étude, en effet, ne porte pas sur la submersion libre ou contrôlée, sur les aménagements de bas-fonds, sur les périmètres en maîtrise totale de l'eau irrigués gravitairement ou sur l'irrigation privée individuelle (grande ou petite). Leurs principales caractéristiques sont résumées dans le *tableau 1* et la *carte*.

La démarche d'analyse comparative permet d'évaluer les résultats des périmètres et de les mettre en perspective avec les pratiques. Des enquêtes ont été réalisées en 1999 et en 2000. Les performances ont été évaluées suivant des indicateurs

C. Rigourd : S/C SCAC PO Box 11987, Klein Windhoek, Windhoek, Namibie.
<chris_rigourd@hotmail.com>
I. Hermiteau : IPTRID/EIER, 03 BP 7023, Ouagadougou 03, Burkina Faso.
<ingrid.hermiteau@eier.org>
A. Nepveu de Villemarceau : IPTRID, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie.
<audrey.nepveudevilmarceau@fao.org>
A. Vidal : IPTRID, viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie.
<alain.vidal@fao.org>

Tirés à part : C. Rigourd

Thèmes : Politiques agricoles ; Système agraire ; Eau, irrigation.

Résultats et discussion

Évaluation des performances économiques et financières moyennes (tableau 2)

Sur les sites rizicoles étudiés, le revenu net à l'hectare par campagne, généralement supérieur à 150 000 FCFA/ha/campagne, peut atteindre les 300 000 FCFA/ha/campagne. Certains producteurs dépassent les 500 000 FCFA/ha/campagne. L'irrigation améliore significativement la productivité de la terre³, d'autant plus lorsque deux campagnes annuelles sont possibles.

Le revenu net par exploitant par campagne dépend de la productivité à l'hectare et des superficies disponibles par famille. Lorsque la superficie par famille dépasse 1 hectare la riziculture peut dégager un revenu net d'exploitation attractif pour les producteurs (de 250 000 à 397 000 FCFA/campagne). En revanche, lorsque les superficies par famille sont limitées à 0,25 ou 0,5 hectare, les revenus nets d'exploitation plafonnent à 150 000 FCFA/campagne. Pour ces périmètres, qui répondent davantage à des objectifs sociaux et de sécurité alimentaire, les cultures irriguées interviennent en complément des cultures pluviales, de crue ou de décrue. Cependant, en année de sécheresse, ces périmètres garantissent un disponible alimentaire minimum essentiel. Comme élément de revenu ou de sécurité alimentaire, la riziculture irriguée s'avère donc attractive pour les producteurs.

La valorisation de la journée de travail en riziculture irriguée est deux à dix fois supérieure aux salaires des ouvriers agricoles des cinq pays. Elle augmente avec le niveau de motorisation : elle est de

Tableau 1

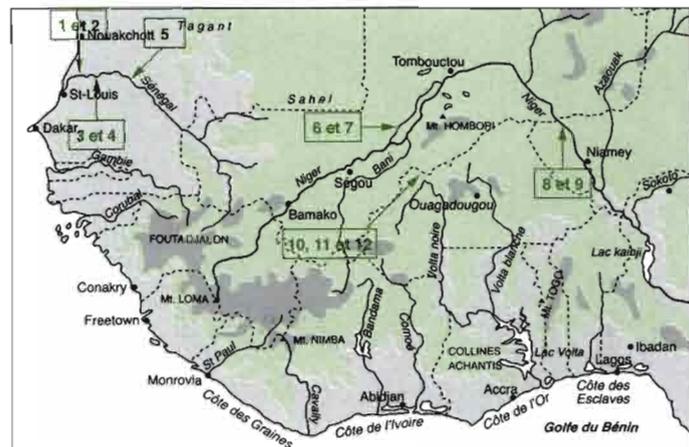
Caractéristiques principales des périmètres irrigués

Nom du périmètre	N°	Pays	Superficie totale aménagée (ha)	Superficie par famille (ha)	Culture principale et intensité culturale	Niveau de motorisation
Boundoum	1	Sénégal	3 295	1,3	Riz 150 %	Moyen
Pont Gendarme	2	Sénégal	315	1	Riz et diversification < 100 %	Moyen
Nakhlet	3	Mauritanie	27,4	1	Riz 100 %	Élevé
Dieuck	4	Mauritanie	50	1	100 %	Élevé
PPGI	5	Mauritanie	1 188	1	100 %	Moyen
Diantakaye	6	Mali	19,5 + 20,5 + boisement	0,33	Riz (et boisement) 100 %	Faible
Kotaka	7	Mali	34,5 + boisement	0,25	Riz (et boisement) 100 %	Faible
Lata	8	Niger	290	0,4	Riz 200 %	Faible
Toula	9	Niger	256	0,4	Riz 200 %	Faible
Débé I	10	Burkina Faso	50	0,7	Riz 200 %	Faible
Débé II	11	Burkina Faso	500	1	Riz et diversification 200 %	Faible
Lanfiera I	12	Burkina Faso	144 + 144	0,5	Maraîchage 170 %	Faible

Main characteristics of the irrigated schemes

agronomiques, hydrauliques, organisationnels, économiques et financiers. On présente ici certains résultats¹ économiques et financiers sur la base des indi-

cateurs suivants : revenu net/ha/campagne, revenu net/exploitant/campagne, valorisation de la journée de travail, prix de revient d'un kilogramme de riz².



Carte. Localisation des périmètres suivis (adaptée de Atlas DeBoeck Wesmael [4]).

Map. Localisation of the schemes studied (after Atlas DeBoeck Wesmael [4]).

¹ Pour l'ensemble des résultats du projet, consulter le site Internet de l'IPTRID www.fao.org/iptrid/

² Hypothèses de calcul : on inclut la valorisation de la main-d'œuvre familiale et salariée à son coût local d'opportunité. On ne compte pas le coût de l'investissement initial, mais les frais de fonctionnement, de maintenance et de renouvellement des équipements de pompage sont inclus (calculs effectués au coût durable et non au coût complet).

³ On estime que la production moyenne en agriculture pluviale (700 kg/ha de mil) dégager au maximum un revenu net d'environ 50 000 FCFA/ha/an.

Tableau 2

Résultats économiques et financiers des onze périmètres rizicoles en hivernage

Aménagements	Boundoum	Port gendarme	Nakhiet	PPGil	Dieuck	Diantakaye	Kotaka	Débé I	Débé II	Lata	Toula
Rendement moyen en paddy (t/ha)	5,5	5,1	5,5	4,5	3,5	5	4,9	4,3	4,5	5,3	5
Total des produits/ha (FCFA/ha)	550 000	484 500	616 000	504 000	392 000	625 000	612 500	430 000	472 500	689 000	650 000
Total des charges/ha (FCFA/ha)	331 449	299 212	302 095	240 939	268 557	328 712	321 594	275 388	403 839	472 458	473 170
Revenus/ha (FCFA/ha)	218 551	185 288	313 905	263 061	123 443	296 288	290 906	154 612	68 661	216 542	176 830
Revenu/exploitant (FCFA/exploitant)	397 684	251 788	383 205	319 509	193 023	140 345	102 127	146 784	126 261	112 297	104 971
Temps de travail pour la culture du riz (H*J)	105	96	35	74	41	215	196	154	160	171	237
Valorisation de la journée de travail (FCFA/H*J)	3 270	2 920	10 949	4 508	4 708	2 128	2 234	1 451	879	2 205	1 648
Rendement minimum de rentabilité (t/ha)	3,3	3,1	2,7	2,2	2,4	2,6	2,6	2,8	3,8	3,6	3,6
Coût de revient de 1 kg de paddy (FCFA/kg)	60	59	55	54	77	66	66	64	90	89	95
Coût de revient de 1 Kg de riz (FCFA/kg)	103	97	110	99	142	120	119	178	229	165	174

Economic and financial results of the eleven rice-growing schemes during the rainy season

1 000 à 2 000 FCFA/h*j dans des systèmes intensifs en main-d'œuvre, de 3 000 à 4 000 FCFA/h*j dans des systèmes moyennement intensifs en main-d'œuvre, et dépasse les 5 000 FCFA/h*j pour des systèmes fortement motorisés.

Le riz produit sur les deux périmètres maliens est compétitif face aux importations⁴ (prix de revient de 120 FCFA/kg). Les résultats obtenus sur les sites de Mauritanie et du Sénégal vont à l'encontre d'une opinion répandue, confortée par certaines études [5], concluant à la non-compétitivité de la riziculture irriguée dans la vallée du Sénégal. Situé entre 97 et 110 FCFA/kg, le prix de revient du riz peut concurrencer les importations de riz de même qualité. La compétitivité face aux brisures importées est cependant plus marginale. La situation est plus mitigée sur les périmètres suivis au Burkina Faso et au Niger. Les prix de revient s'échelonnent

en effet entre 165 et 229 FCFA/kg. Les contre-performances observées à Débé I et II sont en grande partie dues aux dysfonctionnements de la filière d'aval (coûts de transformation du paddy, rendement à l'usinage). Le prix de revient plus élevé du riz se répercute alors sur le prix du paddy payé au producteur, le plus faible parmi les trois pays enclavés de l'étude. Dans le cas de Débé II, l'adoption de meilleures pratiques de transformation permettrait de diminuer de plus de 30 % le prix de revient du riz. Au-delà de ces résultats encourageants, les *tableaux 3a* et *3b* traduisent l'extrême variabilité des performances entre exploitants. Alors que certains irrigants en quasi-faillite accumulent des arriérés de crédits et ne sont pas en mesure de payer leur redevance, la plupart présente des résultats satisfaisants. Pour certains, la riziculture s'avère une activité très rémunératrice.

Par ailleurs, comme cela a été démontré, les agriculteurs suivis par le projet peuvent supporter la totalité des charges de fonctionnement et de maintenance des aménagements, même si les montants alloués à la maintenance sont parfois encore insuffisants [6].

Évaluation suivant d'autres critères

L'intérêt de l'irrigation ne réside pas seulement dans l'augmentation de la productivité de la terre ou du travail, mais aussi dans la garantie d'un rendement minimum. Lorsque les conditions climatiques sont aléatoires, le périmètre irrigué fournit aux familles une sécurité alimentaire essentielle. Cependant, des chercheurs ont montré que l'irrigation n'assure pas toujours une meilleure nutrition. Par ailleurs, dans le cadre d'une professionnalisation des agriculteurs, cet objectif de sécurité alimentaire pourrait être relayé par des préoccupations plus économiques [7].

L'irrigation peut aussi contribuer à l'amélioration qualitative de l'alimentation, par la diversification des repas et la satisfaction de nouvelles préférences alimentaires. Bien que le riz soit depuis longtemps consommé en Afrique, la demande croissante en riz blanc est cause et conséquence du développement de la riziculture irriguée. Elle est particulièrement importante en milieu urbain et influence les habitudes alimentaires rurales. On peut espérer que cette

⁴ Le cours mondial pour le riz blanc thaïlandais 25 % de brisures est estimé à 220 dollars US/t soit 143 FCFA/kg (moyenne 1993-1999, prix FOB Bangkok). Il a récemment chuté à 150 dollars US/t, soit 105 FCFA/kg.

Tableau 3a**Valeurs extrêmes des résultats financiers en hivernage**

	Valeur extrême minimum pour un agriculteur du périmètre considéré obtenant 3 t/ha	Valeur extrême maximum pour un agriculteur du périmètre considéré obtenant 7 t/ha
Revenu net/ha/ campagne	- 88 000 FCFA/ha Débé II	481 000 FCFA/ha Nakhlet
Revenu net/ exploitant/ campagne	42 000 FCFA Kotaka	592 000 FCFA Boundoum
Valorisation de la journée de travail	- 105 FCFA/j Débé II	15 800 FCFA/j Nakhlet

Extreme values of financial indicators for the rainy season**Tableau 3b****Valeurs extrêmes des résultats économiques en hivernage**

	Valeur extrême minimum pour un agriculteur du périmètre considéré obtenant 3 t/ha	Valeur extrême maximum pour un agriculteur du périmètre considéré obtenant 7 t/ha
Coût de revient du paddy	34 FCFA/kg PPGII	158 FCFA/kg Toula
Coût de revient du riz	74 FCFA/kg Pont Gendarme	319 FCFA/kg Débé II

Extreme values of economic indicators for the rainy season

demande urbaine permettra une intensification agricole (notamment *via* l'irrigation) et l'augmentation des revenus ruraux. On estime qu'en 2020, le riz sera la base alimentaire de la moitié de la population mondiale [8].

Bien qu'elle assure un rendement minimum, l'irrigation reste étonnamment risquée [2]. En agriculture irriguée, et en particulier pour le maraîchage, le revenu de l'agriculteur peut être négatif : malgré une production minimale, l'exploitant s'endette. Dans le cas de l'agriculture pluviale au contraire, l'agriculteur aura dans le pire des cas un revenu nul, mais cela signifie une production insuffisante pour couvrir ses besoins alimentaires.

L'irrigation implique une plus grande intégration des producteurs dans l'économie de marché, ce qui a des avantages et des inconvénients. L'apport d'argent liquide aux ménages permet de couvrir les dépenses alimentaires, de santé, vestimentaires et d'éducation. Dans une certaine mesure, cela rend le milieu rural

plus attractif et permet de lutter contre l'exode rural. Mais simultanément, parce qu'ils s'intègrent aux marchés, les producteurs doivent faire face à de nouveaux risques, en particulier financiers, avec le risque de ruine si les crédits ne sont pas remboursés (pour des raisons agricoles, de déséquilibre entre trésorerie et fonds de roulement).

En hivernage, les cultures irriguées imposent une très forte pression sur la main-d'œuvre et rentrent en compétition avec les cultures pluviales. À l'inverse, les cultures irriguées de contre-saison valorisent bien la main-d'œuvre à une période où elle est sous-employée.

Les agriculteurs donnent généralement la priorité à leurs champs pluviaux, d'autant plus que leurs parcelles irriguées, trop petites, ne couvrent qu'une faible proportion de leurs besoins alimentaires. L'agriculture irriguée participe souvent, en association avec d'autres activités, à une logique globale et diversifiée de survie. On peut supposer que les

agriculteurs se professionnalisent, de véritables entrepreneurs agricoles plus spécialisés émergeront, pouvant avoir un effet d'entraînement lorsque les conditions sont réunies pour un développement local.

Perspectives

L'adoption d'un ensemble de meilleures pratiques agronomiques, hydrauliques, organisationnelles et financières peut contribuer à améliorer les performances des aménagements.

Diverses expériences indiquent qu'un objectif de rendement moyen de 7 t/ha est réalisable. Sur les périmètres suivis, de tels rendements sont obtenus par les producteurs les plus performants, et certaines parcelles dépassent les 10 t/ha au Niger. En Mauritanie, l'amélioration des pratiques de fertilisation par l'Adrao a permis d'atteindre 8-9 t/ha. L'intervention du PSI-Coraf à Nakhlet s'est traduite par une croissance des rendements de 4,5 à 7,2 t/ha [9].

Sur le plan agronomique, l'augmentation des rendements ne doit pas être recherchée par une simple intensification en intrants tant que les contraintes de respect du calendrier cultural et de maîtrise des itinéraires techniques ne sont pas levées. L'établissement d'un programme agricole à l'échelle du périmètre et la mise en place d'un système d'information, de suivi des pratiques agricoles et d'aide à la planification sont nécessaires [9, 10]. Des procédures adéquates d'approvisionnement, de commercialisation et de financement doivent être mises en place par les coopératives pour permettre aux producteurs de respecter l'itinéraire technique et le calendrier cultural. L'approche du conseil agricole fondée sur des consignes standardisées doit être repensée pour s'orienter vers un conseil à la demande.

Dans le passé, les politiques agricoles ont cédé au « chantage » du riz [1]. Bien que les cultures de diversification ne puissent pas toutes se substituer au riz, de réelles opportunités de diversification existent pour une partie des surfaces irriguées : ail, niébé, échalote, oignon, tomate, pomme de terre, cultures maraîchères et fruitières, maïs fourrager [11]. Les données du projet indiquent que le maraîchage, beaucoup plus intensif en main-d'œuvre, permet de dégager un revenu à l'hectare supérieur à celui de la riziculture irriguée (plus de 500 000 FCFA/ha

Summary

Irrigated rice in Sahelian Africa: challenging pessimism

C. Rigourd, I. Hermiteau, A. Nepveu de Villemarceau, A. Vidal

The comparative analysis of twelve irrigated rice schemes of West Africa contrasts with the often pessimistic vision of irrigated agriculture in Sahelian Africa. Whereas these schemes (by pumping, collective, rice-oriented) are often challenged, some results are encouraging, although very variable: the valorisation of work ranges from 1,000 to more than 5,000 FCFA/worked day depending on the level of mechanisation, the net income/farm/season varies between 100,000 and 400,000 FCFA and the production cost of rice ranges from 97 to 229 FCFA/kg. Therefore, irrigated agriculture appears to be attractive for farmers, competitive, and sustainable. Beyond these results, irrigation improves the food security of the families by guaranteeing a minimum yield, satisfies a new food demand and the monetary income generated makes rural livelihood more attractive, which tends to reduce rural exodus.

The adoption of best practices, when it is socially and economically affordable, would improve performances. Even if technical progress are possible, the real lever is organisational and the improvement path proposed is based on the professionalization of irrigating farmers. This covers several aspects: organisation of the production at farm and scheme levels, post-harvesting processing, empowerment of the users regarding maintenance, hydraulic charges supported by the users at sustainable cost, dialogue and transparency in management. The setup of services providers to back-up co-operatives is a possible solution.

Cahiers Agricultures 2002 ; 11 : 59-64.

sur le périmètre de Lanfiera au Burkina Faso). C'est cependant une activité beaucoup plus risquée que la riziculture, qui demande d'importantes facilités de crédit, une très bonne organisation de la filière et des débouchés garantis.

Sur le plan hydraulique, la professionnalisation de la gestion pourrait améliorer la durabilité des infrastructures et le maintien des performances si un budget suffisant pouvait être dégagé pour la maintenance et l'amélioration des périmètres. Différentes expériences innovantes sont restées, depuis la mise en place d'outils d'aide à la décision et à la gestion par le PSI-Coraf [10] jusqu'à la délégation de la gestion hydraulique à une structure privée conduite par la Cellule riz au Niger⁵. Cette professionnalisation implique des relations contractuelles entre les coopératives et des prestataires extérieurs, pour le suivi, la gestion et l'entretien. Enfin, les aspects financiers de la gestion hydraulique doivent suivre certains

principes : calcul de la redevance au coût réel et transparent, concertation, établissement de règles et sanctions de recouvrement.

Sur le plan organisationnel et financier, l'analyse comparée des périmètres permet de dégager certains principes d'organisation et de gestion :

- gestion concertée ;
- transparence ;
- décentralisation vers des organisations paysannes de base indépendantes financièrement ;
- partage clair des responsabilités au sein de la coopérative et avec ses partenaires extérieurs ;
- différents niveaux d'organisation y compris supra-périmètre ;
- existence de règles et sanctions claires, acceptées et appliquées.

L'intérêt de renforcer les capacités des usagers à développer eux-mêmes leurs institutions, plutôt que de leur appliquer un modèle, a été évoqué [12]. Le cas des périmètres irrigués villageois (PIV) maliens démontre que la professionnalisation commence par l'alphabétisation et conduit à une gestion plus transparente et concertée. Les organisations paysannes ont besoin de systèmes d'information,

d'outils d'aide à la décision, à la discussion et à la gestion [9, 10].

Conclusion : quelles stratégies d'appui à l'agriculture irriguée ?

Au-delà des résultats très variables de la riziculture irriguée en Afrique sahélienne, des expériences actuelles montrent que, moyennant certaines pratiques et dans certains contextes, la riziculture irriguée peut être attractive pour les producteurs, compétitive et durable. Les résultats obtenus ici sur des périmètres plutôt plus performants que la moyenne, ainsi que leur forte variabilité doivent cependant inciter à une certaine prudence quant à leur généralisation.

De réelles opportunités de diversification des cultures existent, plus rentables que le riz, bien que plus risquées. À l'heure actuelle la diversification ne peut cependant concerner qu'une faible proportion des surfaces irriguées.

La professionnalisation des agriculteurs, des organisations paysannes et des filières est nécessaire et déjà bien engagée dans certains pays. Elle implique certains choix politiques : structure d'exploitation adéquate, prix du paddy rémunérateur et compétitif. Des systèmes de production à vocation économique ou sociale peuvent et doivent cohabiter, mais il semble préférable d'éviter les approches strictement égalitaires du monde paysan qui ont conduit à des systèmes non compétitifs [1]. La professionnalisation des irrigants suppose de repenser l'approche du conseil agricole et de s'orienter vers un appui conseil à la demande. Différentes expériences sont menées, privilégiant parfois les aspects techniques et organisationnels ou au contraire les aspects de gestion comptable et financière. Ces différents aspects sont souvent envisagés séparément, alors que ce projet démontre qu'une combinaison de « bonnes pratiques » est un meilleur levier. Il peut être intéressant de séparer ces fonctions tout en envisageant leurs interrelations : les agriculteurs pourraient se concentrer sur les fonctions agricoles et déléguer les fonctions hydrauliques ou comptables à des

⁵ Poursuite des activités du programme Grande irrigation du FED au Niger

Résumé

L'analyse comparée de douze périmètres irrigués rizicoles d'Afrique de l'Ouest contraste avec la vision pessimiste de l'irrigation en Afrique sahélienne. Alors que la riziculture irriguée est souvent décriée, les résultats des périmètres étudiés sont encourageants, bien que très variables : la valorisation du travail se situe entre 1 000 et plus de 5 000 FCFA/h*j, les revenus nets par exploitation et par campagne s'échelonnent entre 100 000 et 400 000 FCFA et le prix de revient du kilogramme de riz varie de 97 à environ 229 FCFA/kg. Au-delà de ces résultats, l'irrigation améliore la sécurité alimentaire des familles en garantissant un rendement minimum et permet de satisfaire une nouvelle demande alimentaire. Les revenus monétaires rendent le milieu rural plus attractif, ce qui tend à limiter l'exode. L'adoption de meilleures pratiques, lorsqu'elle est possible socialement et économiquement, permettrait une amélioration des performances. Même si des progrès techniques sont possibles, le véritable levier est organisationnel et la voie d'amélioration proposée passe par une professionnalisation des irriguants et une nouvelle forme d'appui conseil : organisation de la production à l'échelle du périmètre et de l'exploitation agricole, prise en compte de l'aval de la filière, responsabilisation des usagers pour la maintenance, tarification de la redevance hydraulique au coût durable, concertation et transparence dans la gestion.

prestataires. Des outils d'aide à la décision et à la gestion ont été testés avec succès dans certains contextes [9, 10]. Cependant, à l'heure actuelle, les acteurs nécessaires (cellules de prestation d'appui conseil, organisations paysannes matures) ne sont pas tous en place. L'émergence de ces acteurs et d'une nouvelle forme d'appui conseil nécessitera l'amélioration de la diffusion des résultats de la recherche et des « bonnes pratiques », grâce à une mise en réseau performante du secteur irrigué ■

Références

1. Hirsch R. Note introductive : La riziculture africaine, importance et enjeux. In : Legoupil JC, Dancette C, Godon P, Maïga IM, Ndiaye KM, eds. *Pour un développement durable de l'agriculture irriguée dans la zone soudano-sahélienne*. PSI/WECARD-CORAF, 2000 : 23-33.
2. Lavigne Delville P. Le désengagement de l'État au milieu du gué. In : Inter-Réseaux, ed. *Les conditions d'une gestion paysanne des aménagements hydro-agricoles en Afrique de l'Ouest*. Paris : Inter-Réseaux, 1997 : 9-13.
3. Raveau D. *Appui spécifique au programme d'ajustement du secteur agricole au Sénégal, assistance technique à la SAED, rapport d'activité 1998*. Dakar : BDPA/MAE/ministère de l'Agriculture sénégalais, 1998.

4. Tilmont J, De Roeck M, Lambion J, Debulpaep C. *Atlas*. Groningen : Wolters-Atlas Production, 1986 ; 170 p.

5. Wilcock D, Gueye AA, Metzel J, Ouedraogo I, Tardif-Douglin T. *Programme de réforme de la politique du riz au Sénégal : rapport de situation n° 2*. Dakar : PASR/APAP, UPA/USAID, 1997.

6. Sally H. La problématique de la maintenance dans le contexte d'autogestion des petits périmètres irrigués. In : Sally H, ed. *Améliorer les performances des périmètres irrigués*. Ouagadougou : IIMI, 1997 : 121-36.

7. Benefice E, Simondon K. Agricultural development and nutrition among rural populations: a case study of the middle valley in Senegal. *Ecol Food Nutr* 1993 ; 31 : 45-66.

8. Cour JM, Snrech S. *Pour préparer l'avenir de l'Afrique de l'Ouest, une vision à l'horizon 2020*. Paris : Les éditions de l'OCDE/Club Sahel, 1998 ; 157 p.

9. Diallo Y, Legoupil JC, Wade M, Ngaïde H, Poussin JC, Lidon B. Amélioration des performances des petits périmètres irrigués villageois (PIV) par la mise en place d'un système d'information et de suivi des pratiques agricoles. In : Legoupil JC, Dancette C, Godon P, Maïga IM, Ndiaye KM, eds. *Pour un développement durable de l'agriculture irriguée dans la zone soudano-sahélienne*. PSI/WECARD-CORAF, 2000 : 304-22.

10. Legoupil JC, Lidon B, Wade M, et al. Le PSI : une recherche en accompagnement à la professionnalisation de la gestion paysanne des aménagements hydroagricoles. In : Legoupil JC, Dancette C, Godon P, Maïga IM, Ndiaye KM eds. *Pour un développement durable de l'agriculture irriguée dans la zone soudano-sahélienne*. PSI/WECARD-CORAF, 2000 : 233-54.

11. Godon P, Huat J, Bâ D, Ngam AO, R'Chid S. Des nouvelles cultures pour la diversification des systèmes irrigués. In : Legoupil JC, Dancette C, Godon P, Maïga IM, Ndiaye KM, eds. *Pour un développement durable de l'agriculture irriguée dans la zone soudano-sahélienne*. PSI/WECARD-CORAF, 2000 : 214-27.

12. Ostrom E. *Crafting institution for self-governing irrigation systems*. San Francisco : ICS Press, Institute for contemporary studies, 1992 ; 111 p.

Performances des systèmes rizicoles irrigués sahéliens¹

Jean-Christophe Poussin, Pascal Boivin

Le fonctionnement des systèmes rizicoles irrigués sahéliens est sévèrement critiqué et les décideurs (experts des institutions d'aide au développement et d'encadrement) cherchent des solutions d'amélioration. Leurs « contre-performances » sur le plan des rendements, des coûts de production et de l'intensité culturale*, seraient liées au non-respect des *paquets techniques** par les producteurs. Faute d'entretien et de provision pour leur amortissement, ces aménagements, souvent réalisés à grands frais, se dégradent rapidement et nécessitent des réhabilitations récurrentes, tandis que l'irrigation engendre une dégradation des sols liée à la remontée des nappes.

Les idées reçues considèrent qu'il existe une relation univoque entre technique et rendement, que les essais réalisés en parcelles expérimentales permettent de définir l'espèce ou la variété à cultiver, associée à un paquet technique performant à l'échelle d'un aménagement et que l'amélioration des performances du système nécessite la conception/introduction de nouvelles techniques dont l'usage est décrit dans des *fiches**. Le non-respect des fiches et du paquet technique vulgarisés seraient la cause des mauvais résultats

(« si les résultats sont mauvais, c'est que les paysans sont de mauvais producteurs »). Les pratiques d'irrigation non conformes gaspilleraient l'eau et seraient à l'origine de la remontée des nappes et de la dégradation des sols par salinisation. En conclusion, la rentabilisation des aménagements nécessiterait l'abandon de la prédominance du riz au profit d'autres cultures, dites de diversification. Nous voudrions critiquer certaines idées reçues associées à cette réflexion et proposer de nouvelles interprétations quant aux performances des systèmes irrigués et à leur possible amélioration. Cette analyse s'appuie sur les résultats d'études agronomiques et environnementales réalisées sur les systèmes rizicoles dans la vallée du fleuve Sénégal (rives sénégalaises et mauritaniennes) ainsi qu'au Mali, à l'Office du Niger.

La riziculture irriguée sur la rive gauche du fleuve Sénégal

Dans la vallée du Sénégal, les rendements moyens en riz fluctuent entre 4 et 5 t/ha [1] et sont restés relativement stables depuis une vingtaine d'années. L'intensité culturale est insuffisante, les coûts de production (en ne comptant que les charges variables et l'entretien courant) sont élevés et de nombreux producteurs sont endettés : le recouvrement des prêts de campagne est systématique-

ment insuffisant ; l'État renfloue périodiquement la Caisse nationale de crédit agricole du Sénégal ou propose des moratoires pour permettre aux producteurs d'accéder au crédit. Cette situation critique ainsi que la non-compétitivité de la production locale face à la brisure importée, conduit souvent les décideurs à suggérer d'abandonner la riziculture, ou de manière moins drastique, à proposer de révolutionner une des composantes techniques du système, comme l'emploi de la motorisation ou du semis direct, pour rentabiliser les investissements que constituent les aménagements. Ces options traduisent le caractère simpliste voire globalisant des analyses effectuées : pour s'affranchir de la complexité, une seule composante du système de culture est critiquée, une seule cause ou un seul remède est envisagé ; le caractère systémique du système de culture est ignoré, alors qu'il est prédominant. En outre, les « causalités » sont établies par rapprochement de moyennes générales, non par analyse des corrélations entre variables sur la base des données individuelles.

Les charges variables élevées (en moyenne 1,6 t/ha d'équivalent paddy, comparées à moins de 1 t/ha au Mali, hors frais de récolte et de main-d'œuvre, et hors amortissement des aménagements et des matériels) correspondent à la somme d'une irrigation par pompage (environ 65 000 FCFA/ha sur

J.-C. Poussin, P. Boivin : Institut de recherche pour le développement, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex 1.
<Jean-Christophe.Poussin@msem.univ-montp2.fr>

Tirés à part : J.-C. Poussin

Thèmes : Politiques agricoles ; Système agraire ; Eau, irrigation.

* Voir glossaire, p. 72.

¹ Cet article reprend une communication présentée aux *Journées de l'irrigation en Afrique de l'Ouest et du Centre*, Ouagadougou, 23-26/04/2001

les « grands périmètres »), d'un travail du sol motorisé, d'un désherbage chimique et d'une fertilisation minérale. Ce coût moyen n'est que légèrement inférieur au coût nominal du *paquet technique** vulgarisé [2] : environ 20 000 FCFA/ha pour un passage d'offset, 25 000 FCFA/ha pour les semences certifiées, 30 000 FCFA/ha pour le désherbage chimique et 50 000 FCFA/ha pour les engrais. Soit un total de 125 000 FCFA/ha qui, ajouté au coût de l'irrigation, correspond à 1,8 t/ha d'équivalent paddy.

La quasi-totalité des charges variables doit être financée avant la mise en culture. Ce financement est assuré généralement par un emprunt bancaire collectif (la responsabilité est supportée par le Groupement d'intérêt économique, non par chacun de ses membres), dont l'octroi est conditionné par le remboursement du précédent prêt de campagne. Ce remboursement ne pouvant s'effectuer qu'après la récolte et la commercialisation (les membres du groupement « remboursent » en nature au GIE, qui rembourse l'emprunt bancaire après commercialisation du paddy), la succession de plusieurs cycles culturaux s'avère difficile [3]. Pourquoi les producteurs ont-ils opté en majorité pour ce mode de financement ? Sans doute pour éviter de prendre eux-mêmes en charge le risque financier. La répartition de la récolte d'une parcelle illustre bien leur stratégie : la première partie est réservée à leurs besoins personnels, et le surplus, s'il existe, permet de rembourser les charges. L'endettement des paysans, qui ne sont pas individuellement les emprunteurs, se mesure alors par la création de nouveaux GIE qui se substituent à ceux qui n'ont plus accès au crédit et par une accumulation d'impayés à la Caisse nationale de crédit agricole du Sénégal [4, 5]. Ce mode de financement est également à l'origine d'une « spirale infernale » : la succession de mauvaises récoltes conduit d'abord à la réduction de l'emprunt (pour l'ensemble du groupe) et, par voie de conséquence, à la réduction des quantités d'intrants utilisées (par chaque individu), notamment les herbicides et les engrais, puis à l'absence de mise en culture et à l'abandon du périmètre. Les parcelles incultes ayant une fâcheuse tendance à se saliniser, cela conduit à

attribuer l'abandon à la présence de sels. S'agissant de la riziculture, l'impact de la salinité est alors largement surestimé, puisqu'on confond cause et effet : des travaux [6-9] ont bien montré que la riziculture sur sol salé au Sénégal contribue à dessaler le sol, car, si elle recharge les nappes, elle permet également un fort lessivage.

Derrière les valeurs moyennes de rendements et de coûts se cache une large diversité de situations. L'analyse agronomique des données issues d'une enquête [2], effectuée par la SAED (Société d'État chargée du développement de l'irrigation au Sénégal) entre 1994 et 1996 sur un grand échantillon de producteurs dans le delta du Sénégal, montre que :

- le paquet technique permet, dans certaines parcelles, d'obtenir un rendement maximum de 9 t/ha (*figure 1.1*), proche du potentiel. Mais le respect de ce paquet technique, dont le coût est légèrement plus élevé que la moyenne, n'est pas un gage pour obtenir le rendement maximum ;

- l'efficacité des coûts de production, à techniques quasiment identiques (les variantes sont essentiellement issues des modalités d'application de ces techniques), est extrêmement variable (*figure 1.1*) : dans les parcelles récoltées, le coût unitaire de production (hors frais de récolte, de main-d'œuvre et d'amortissement) varie de 17 à près de 700 FCFA/kg de paddy. Néanmoins, dans le sous-échantillon des parcelles (moins de 10 % de l'échantillon initial) où l'efficacité est maximale (points situés au démarrage de la courbe-enveloppe de la relation rendement/coût), ce coût unitaire est inférieur à 30 FCFA/kg de paddy. La production locale de riz peut donc être rentable et compétitive, même en utilisant la motorisation (la récolte à la moissonneuse-batteuse augmente ce coût unitaire d'environ 20 FCFA/kg de paddy) ;

- le rendement maximum diminue lorsque la taille de la surface cultivée par le producteur augmente (*figure 1.2*). Les coûts de production à l'hectare restant dans la même gamme de variabilité (*figure 1.3*), on peut en déduire que l'efficacité maximale des coûts diminue lorsque la surface cultivée augmente. L'efficacité des coûts serait-elle liée à la disponibilité de la main-d'œuvre (de nombreuses interventions sont réalisées manuellement) ?

La compétitivité/rentabilité de la produc-

tion rizicole locale est donc moins une question de coût de la motorisation, d'irrigation par pompage² ou de paquet technique que de compréhension des pratiques à l'origine de la mauvaise efficacité des coûts dans 90 % des parcelles. Nombre de décideurs sont tentés d'en conclure que les paysans sénégalais sont pour la plupart de « mauvais producteurs ». L'émergence endogène des structures professionnelles paysannes au Sénégal démontre en tout cas certaines qualités chez ces mêmes producteurs.

Le « respect du calendrier cultural », c'est-à-dire la recherche du meilleur calage entre interventions et développement de la culture, est une des voies d'amélioration de l'efficacité des coûts. Ainsi, le stade auquel l'urée est apportée a plus d'effet sur la croissance de la culture que la quantité apportée [10, 11], et l'efficacité de la fertilisation est nettement diminuée dans une parcelle enherbée [12]. Un mauvais contrôle des adventices durant plusieurs campagnes successives conduit à une situation malherbologique telle que seule la combinaison de plusieurs techniques de désherbage (irrigation, travail du sol, désherbages chimiques et manuels avant et pendant la culture) peut permettre d'y remédier [13-15]. Pourquoi ne pas envisager d'imposer le repiquage (et la préparation du sol en culture attelée), *via* un « encadrement », au sens littéral, des producteurs, pour contrôler l'enherbement (et diminuer les coûts) dans les parcelles du delta du Sénégal ?

Pour améliorer les résultats à l'échelle de la parcelle, on peut envisager des alternatives techniques raisonnées selon la situation et les moyens disponibles. Mais pour que ces alternatives soient pertinentes et puissent être mises en œuvre par les paysans, il faut aussi considérer les modifications engendrées par ces changements techniques sur les règles de gestion collectives à l'échelle de la maille hydraulique et de l'aménagement. Ainsi, la *pré-irrigation** suivie d'un travail du sol après ressuyage, ou bien le repiquage, sont des techniques efficaces pour contrôler les adventices. Mais mettre en œuvre correctement ces techniques à l'échelle d'un aménagement s'avère moins simple qu'il n'y paraît, notamment du fait

² Du fait de l'absence de pente, l'irrigation strictement gravitaire nécessiterait d'aménager de longs canaux depuis l'amont ou de longues et hautes digues, non seulement dans le Delta mais aussi en amont, pour surélever la cote du fleuve. Le coût du pompage doit être comparé au coût de ces investissements et de leur maintenance.

* Voir glossaire, p. 72.

La riziculture irriguée à l'Office du Niger

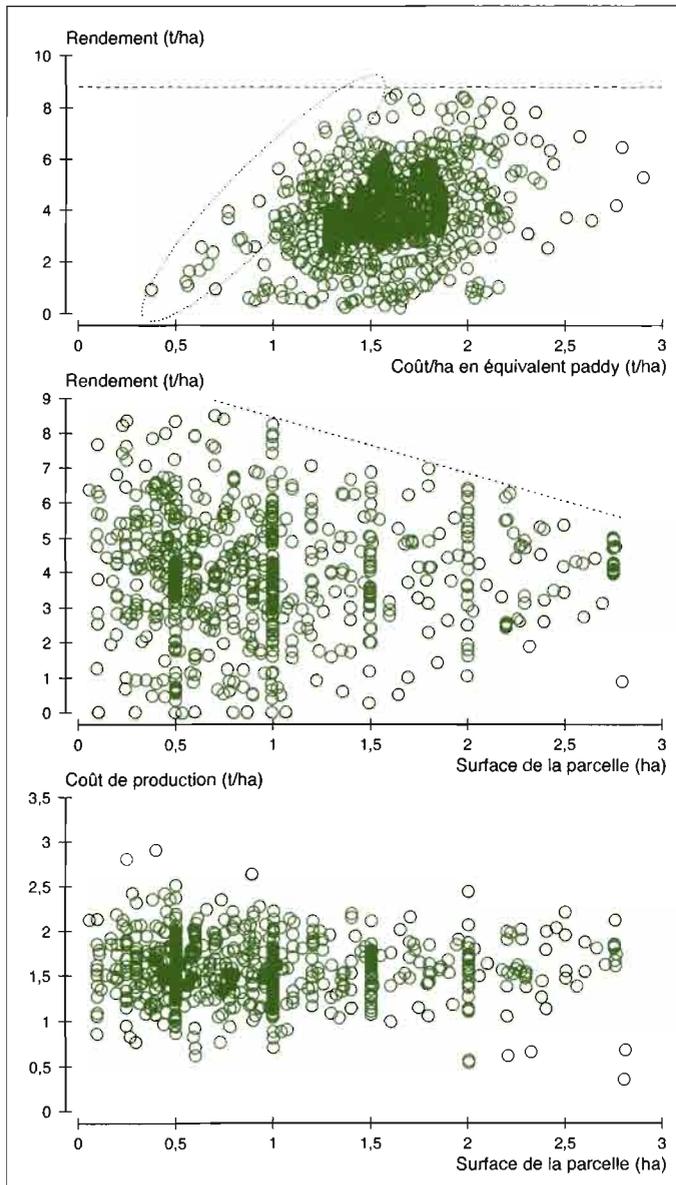


Figure 1. Rendements et coûts de productions par hectare (hors frais de récolte et de main-d'œuvre) observés en hivernage 1994, 1995 et 1996 dans les parcelles récoltées de la délégation de Dagana (Source : base de données SAED-DPDR).

Figure 1. Yields and production costs per hectare (excluding harvest and labour costs) in the rainy season 1994, 1995, and 1996 in the fields harvested in the Dagana Department (SAED database).

que les rythmes des interventions doivent concorder entre eux et avec l'organisation du tour d'eau.

Le calendrier cultural observé à l'échelle de la parcelle dépend fortement de l'organisation à l'échelle de l'aménagement [16, 17]. Cette organisation concerne non seulement l'accès à l'eau, mais aussi la gestion du crédit, des intrants et des prestations de service motorisé (ou attelé). Ainsi, le déroulement des décisions de gestion au cours d'une campagne de

culture (figure 2) indique le poids relativement faible des décisions autonomes comparé à celui de décisions collectives, le tout au sein d'une filière ponctuée d'incertitudes [17, 18]. La minimisation des risques conduit ainsi à la recherche d'une plus grande autonomie individuelle, qui se traduit par l'appartenance du paysan à plusieurs périmètres. Le même individu peut alors s'avérer « bon » producteur dans un périmètre et « mauvais » dans un autre !

Figure 1.1. Rendement selon le coût par hectare (en équivalent paddy) dans les parcelles récoltées.

Figure 1.1. Relationship between yield and production costs per hectare (paddy equivalent) in the fields harvested.

Figure 1.2. Rendement selon la surface de la parcelle.

Figure 1.2. Relationship between yield and field surface.

Figure 1.3. Coût de production par hectare (en équivalent paddy) selon la surface de la parcelle.

Figure 1.3. Relationship between production cost per hectare (paddy equivalent) and field surface.

À l'Office du Niger, malgré une évolution des sols jugée désastreuse [19], les rendements moyens ont fortement progressé depuis la fin des années 80 (figure 3). Cette nette amélioration de la situation est devenue une référence : certains bailleurs ont souhaité transposer le modèle malien dans la vallée du Sénégal (aménagement de périmètres de faible taille, utilisation de la traction bovine et du repiquage), mais le modèle « transposé » ne connaît pas la même réussite. Comment comprendre la « réussite » de l'Office du Niger ? Que nous apprend-elle sur le fonctionnement des systèmes irrigués ?

L'augmentation des rendements à l'Office du Niger est en partie liée aux travaux de réhabilitation des aménagements, mais aussi à la modification profonde des pratiques culturales avec, notamment, l'adoption généralisée du repiquage qui permet un contrôle efficace des adventices et donc une meilleure efficacité de la fertilisation : la brusque augmentation des rendements à partir de 1990 correspond mieux à la généralisation du repiquage qu'à l'extension des surfaces réhabilitées. Cette modification des pratiques traduit un changement dans les stratégies paysannes, sans doute dû au désengagement de l'État – via l'Office – du processus de production, et elle est permise par la réhabilitation [20].

La réussite malienne est moins liée au rendement moyen obtenu, qui est voisin de celui observé au Sénégal, qu'à la marge dégagée du fait des moindres coûts de production : irrigation gravitaire, travail du sol par l'attelage bovin, moindre quantité de semences nécessaires et absence de désherbage chimique grâce au repiquage, et à la récolte manuelle. Néanmoins, la charge en travail manuel est très forte : elle nécessite le recours à l'entraide et à la main-d'œuvre salariée pour le transport des plants et le repiquage, ainsi que pour la récolte. De plus, la plupart des paysans possédant leur propre attelage, le travail du sol ne constitue pas une sortie d'argent, et la redevance hydraulique perçue par l'Office ainsi que les salaires de la main-d'œuvre peuvent être payés après la récolte. Ainsi, les avances aux cultures se limitant à l'achat d'engrais, le risque financier pris à la mise en culture est moindre que dans la vallée du Sénégal.

Les autres facteurs de réussite sont sans doute aussi la plus grande autonomie des

Paysan/parcelle	Groupement/périmètre	Amont et aval
Paiement (en paddy) des charges de la campagne précédente		
	Commercialisation du paddy	
		Marché : prix du riz Rizerie : paiement de la production
	Remboursement du crédit → possibilité d'accès à un nouveau prêt	
Décision de réalisation de la campagne Détermination des besoins en intrants (réunion plénière)		
	Montage du dossier de crédit	(appui de la SAED)
		Banque : octroi du crédit
	Réalisation de la préparation du sol (par la SUMA ou par un prestataire privé)	Prestataire : respect des engagements, fiabilité du matériel et qualité du travail réalisé
Mise en eau de la parcelle	Démarrage de la station de pompage Organisation du tour d'eau	
Semis		
Réalisation des interventions culturales	Distribution des engrais et herbicides Gestion de l'irrigation	Fournisseurs : Livraison des intrants
Récolte	(Contrat pour la récolte mécanisée)	(Prestataire ou main-d'œuvre extérieure)

Le temps est représenté verticalement ; l'échelle des décideurs/acteurs est représentée horizontalement.

Figure 2. Déroulement d'une campagne rizicole dans un périmètre irrigué de la vallée du Sénégal : cas d'un financement par crédit bancaire, et d'une implantation par semis direct.

Figure 2. Rice crop time sequence in an irrigated scheme of the Senegal River valley: the figure case of a bank credit financing system and of the use of direct seeding.

producteurs induite par la possession individuelle des attelages (l'échec de la « culture attelée » au Sénégal provient sans doute de leur partage), la taille des surfaces attribuées (3,2 ha en moyenne par famille en 1999) qui permet d'envisager la production irriguée autrement que vouée à l'auto-consommation, et le dispositif hydraulique qui permet une irrigation « à la demande ». Ce dernier caractère est une condition majeure pour choisir un calendrier cultural indépendamment des producteurs voisins. Mais cette irrigation « à la demande » est aussi très critiquée car fortement soupçonnée d'être à l'origine de la remontrée des nappes qui engendre la dégradation des sols. La préservation de ces ressources suppose ainsi d'économiser l'eau en « optimisant » les pratiques d'irri-

gation à la parcelle. L'énormité des pertes d'eau dans les canaux [21] tempère cette réflexion : le niveau de la nappe est sans doute davantage lié à la mise en eau du réseau qu'à la mise en culture des parcelles, comme il est davantage lié à la cote du fleuve qu'aux cycles d'irrigation dans la vallée du Sénégal [22].

Le repiquage, atout du système de culture à l'Office du Niger, est également un frein. Une enquête effectuée au Mali par le Pôle de recherches sur les systèmes irrigués en Afrique soudano-sahélienne (PSI) indique en effet que sur l'ensemble d'un arroseur, plus de 90 % des parcelles sont repiquées plus de 30 jours après semis des pépinières (figure 4) alors qu'elles auraient pu l'être dès 21 jours. Ce retard provoque non seulement un allongement

du cycle (et donc de la durée d'irrigation), mais aussi une diminution du tallage et donc de la densité des épis. Les rendements donc encore être améliorés, sans surcoûts, en organisant un semis des pépinières étalé dans le temps et un repiquage au stade approprié, également étalé dans le temps. Mais comment gérer alors en début d'hivernage la concurrence entre l'implantation du riz irrigué et celle du mil pluvial que les producteurs cultivent toujours en bordure des aménagements ?

Performances d'un périmètre irrigué villageois (PIV) sur la rive mauritanienne

Un diagnostic a été effectué sur la campagne hivernale 1998 dans un PIV mauritanien de 27 hectares, cultivé par 29 producteurs, composé de 120 parcelles et exploité en riz de cycle unique [23]. Le fonctionnement de ce type de périmètre est quasiment identique sur les deux rives du Sénégal. Les variétés semées étaient Jaya, variétés ancienne, et Sahel 108, nouvelle variété, plus précoce que Jaya, conçue pour la *double culture** et introduite par le conseil agricole. Malgré l'emploi de techniques culturales identiques (mode de semis, travail du sol, désherbage et fertilisation) et malgré l'homogénéité des sols, l'histogramme des rendements obtenus indique une forte dispersion autour d'une moyenne de 4,7 t/ha (figure 5) avec une influence marquée de la variété. Comment expliquer cette dispersion ?

Le nombre d'irrigations sur chaque parcelle varie de 5 à 10, soit un intervalle de 10 à 20 jours entre deux irrigations. L'influence de la fréquence d'irrigation sur le rendement est claire (figure 6.1). Elle se conjugue à celle de la variété, car la fréquence d'irrigation est plus faible dans les parcelles semées avec Sahel 108 (figure 6.2) ; néanmoins, dans les parcelles irriguées 7 ou 8 fois (figure 6.3), les rendements obtenus avec Jaya demeurent plus élevés que ceux obtenus avec Sahel 108, qui a pourtant un

* Voir glossaire, p. 72.

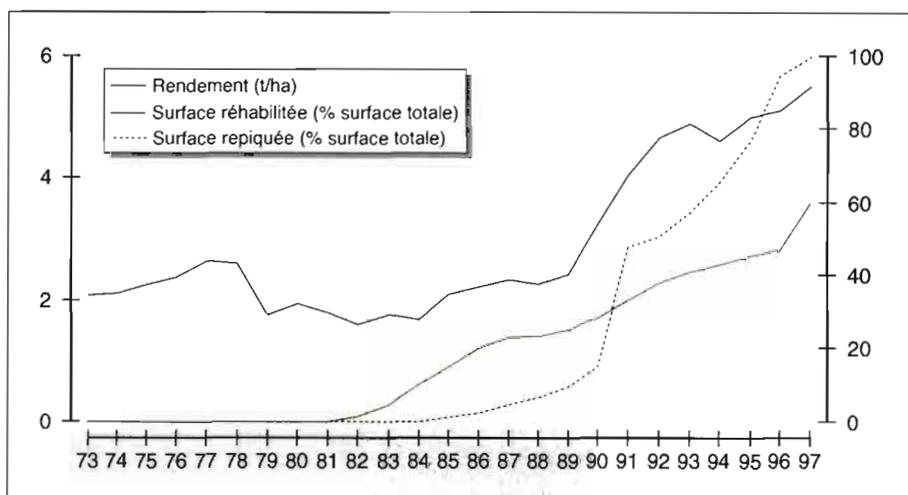


Figure 3. Évolution du rendement moyen, pondéré par la surface, de la surface réhabilitée et de la surface repiquée (en % de la surface totale), entre 1973 et 1997 à l'Office du Niger (source : Office du Niger).

Figure 3. Evolution of yield (average weighted by surface), percentage of rehabilitated and transplantation areas from 1973 to 1997 in the Niger Office (source: Office du Niger).

potentiel aussi (voire plus) élevé [24]. Comme dans la plupart des périmètres irrigués de la vallée du Sénégal (ou de l'Office du Niger), les interventions culturales sont trop souvent réalisées en retard. Dans ce cas précis, toutes les parcelles ont reçu les mêmes doses d'engrais, mais les dates d'apports sont plus ou moins décalées par rapport au stade approprié de la culture (début tallage pour le premier apport et début montaison pour le second) : un retard croissant sur la date d'apport d'urée se traduit par une baisse du rendement maximum (figure 7). Ce retard est plus important dans les parcelles semées en Sahel 108. En effet, les recommandations des « fiches techniques » concernent des variétés de cycle moyen comme Jaya : « 1^{er} apport, 30 jours après semis », « 2^e apport, 60 jours après semis ». Les producteurs ont donc assez bien respecté des recommandations qui sont impropres à Sahel 108 (ainsi qu'à Jaya lorsqu'elle est cultivée en saison sèche chaude, puisque le développement du riz y est plus lent qu'en hivernage [25]). Pour tenter d'améliorer la situation, plusieurs propositions ont été discutées avec les producteurs :

- re-calibrer manuellement les canaux en aval ;
- réviser l'organisation du tour d'eau et mettre en place un dispositif d'information entre *aiguadiers** sur l'irrigation ;

* Voir glossaire, p. 72.

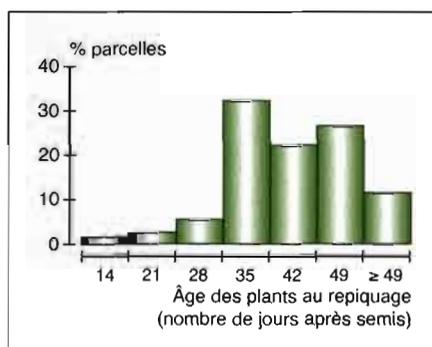


Figure 4. Âge des plants au repiquage en hivernage 1998 dans le secteur de Niono (source : F. Ouvry, PSI-Mali).

Figure 4. Age of seedlings at transplanting during the rainy season 1998 in the Niono region.

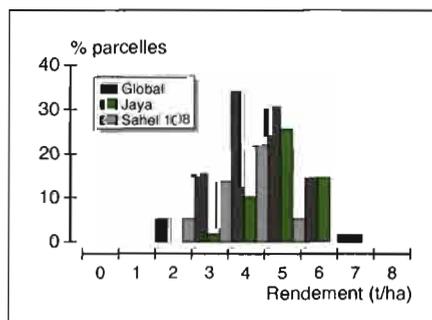


Figure 5. Histogramme des rendements selon la variété et toutes variétés confondues.

Figure 5. Histogram of yields per variety and of all yields together.

- réaliser une pré-irrigation avant le travail du sol pour mieux contrôler l'enherbement et améliorer la préparation du sol ;
- adopter une seule variété, Jaya (au risque de consterner le conseil agricole), car mieux connue des producteurs et adaptée à la culture de cycle unique ;
- préparer la future campagne en réalisant une prévision du calendrier cultural (depuis la pré-irrigation jusqu'à la récolte) à l'échelle du périmètre, et distribuer à chaque paysan un calendrier prévisionnel à l'échelle de sa parcelle, calculé selon le tour d'eau ;
- et enfin, réajuster les doses d'urée selon l'état de la parcelle au début de la montaison et appliquer éventuellement un 3^e apport, à l'épiaison, dans les « belles » parcelles.

Toutes ces propositions ont été retenues par les producteurs, sauf la dernière, trop compliquée au dire du conseil agricole, que seule une minorité a mise en œuvre.

En hivernage 1999, les producteurs ont obtenu un rendement moyen de 7,2 t/ha, soit 2,5 t/ha de plus qu'en 1998. La pré-irrigation a permis un contrôle efficace des adventices et une économie d'herbicide. Les nouvelles règles de tour d'eau conjuguées au re-calibrage des canaux ont permis une homogénéisation des fréquences d'irrigation (9 ou 10 apports). La définition d'un calendrier prévisionnel a permis un raccourcissement de la durée d'irrigation, se traduisant par une économie de pompage malgré la pré-irrigation, et une diminution des retards pour les interventions (désherbage, fertilisation et récolte). Au total, les quantités d'intrants utilisées ont diminué (moins sensiblement que souhaité, car il était possible de réduire les doses d'urée) et les coûts de production (charges variables) sont passés globalement de 1,1 t/ha d'équivalent paddy en 1998 à 0,9 t/ha en 1999. La marge brute a ainsi été augmentée de 2,7 t/ha d'équivalent paddy. En hivernage 2000, les paysans ont conservé les principes du tour d'eau et de préparation de la campagne aux échelles périmètre et parcelle, mais n'ont pas effectué de pré-irrigation. Le rendement moyen a encore augmenté pour atteindre 8,2 t/ha [26]. Les parcelles ont été récoltées à la moissonneuse batteuse ; la marge brute dégagée a néanmoins dépassé 6,5 t/ha d'équivalent paddy.

Une expérience similaire, menée en rive gauche dans la région de Podor [18], a montré qu'une augmentation significative des rendements est possible sans accroître les coûts de production ni modifier profondément la charge en travail. Mais la réussite n'est pas systématique, car l'amé-

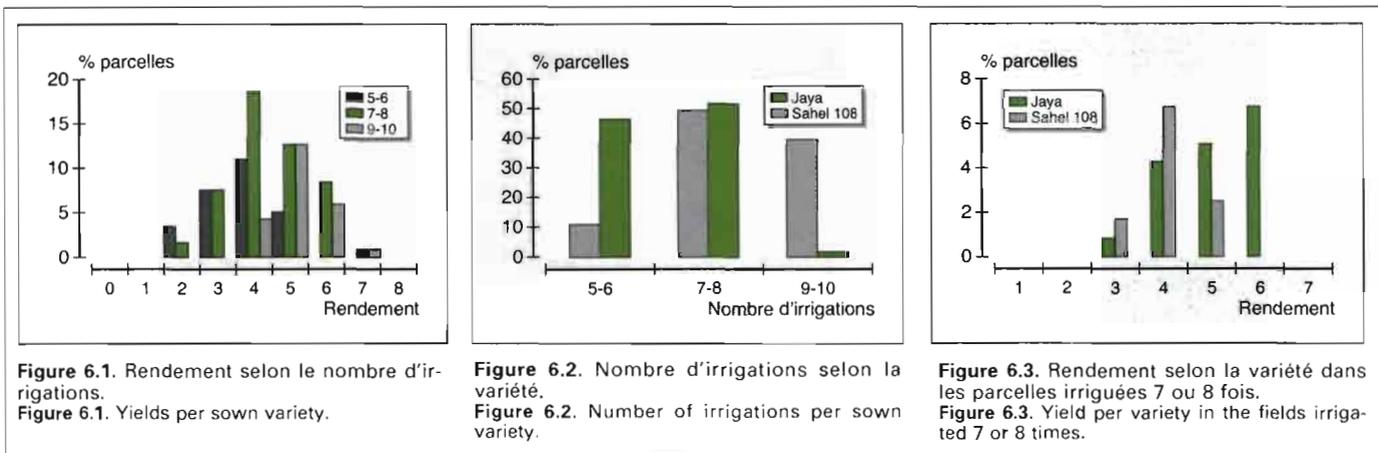


Figure 6. Fréquence d'irrigation, variété semée et rendement.

Figure 6. Irrigation frequencies, sown variety and yield.

lioration des performances nécessite une redéfinition des règles d'organisation collective et suppose le respect de ces règles. Or, la « souplesse » des règles, voire leur inexistence *de facto* puisqu'elles sont constamment transgressées, contribue à préserver la « cohésion sociale ». Les paysans ne sont d'ailleurs pas les seuls à déroger à certaines règles. « Dans les systèmes irrigués existants, la motiva-

tion à investir dans le capital social demande que les paysans aient des perspectives à long terme, que [la ressource] l'eau soit suffisamment rare pour qu'ils soient motivés à investir, qu'ils soient vraiment convaincus qu'une amélioration de l'organisation améliorera nettement leurs rendements [27]. » Les institutions et l'encadrement ont aussi certaines règles minimales à respecter pour favoriser l'émergence de systèmes irrigués autogérés et durables. Cela n'a jamais été le cas en vallée du fleuve Sénégal – et de loin – depuis 30 ans [5, 28], eu égard au laxisme technique, organisationnel et financier, à la multiplication et la surenchère de « projets » visant des objectifs différents, voire contradictoires, et promus par des bailleurs non coordonnés, à l'instabilité des conditions de production (dévaluation du Franc CFA, incertitudes et changements du crédit agricole, libéralisation des importations de brisure, libéralisation des distributions d'intrants agricoles sans contrôle de qualité, etc.), et à la vision normative de la conception des aménagements et des référentiels techniques. Le bilan négatif du développement des cultures irriguées trouve là aussi une interprétation. Devant l'alternative de faire une fructueuse « cueillette de projets » ou d'entreprendre une agriculture irriguée risquée et peu rémunératrice, les paysans se sont montrés d'excellents acteurs économiques. De la part des bailleurs de fonds, les « projets » ainsi multipliés et aussi peu liés entre eux par une réflexion structurante s'apparentent plus à des « coups » superficiels qu'à une contribution au développement assumée dans sa pleine dimension.

Discussion et conclusion

Le défaut de maîtrise technique est la cause agronomique principale des contre-performances des systèmes rizicoles irrigués au Sahel ; il réside moins dans le non-respect des quantités d'intrants ou de travail à apporter, que dans la qualité des interventions. Les techniques actuellement disponibles dans les différentes zones de production irriguée permettent d'obtenir des rendements proches du potentiel, mais à technique égale, on observe une efficacité très variable liée à la diversité de leur mise en pratique. Diverses contraintes (financières ou autres) peuvent empêcher les producteurs d'appliquer « à la lettre » le paquet technique vulgarisé. Ceux-ci n'ont alors d'autre choix que de construire leurs propres solutions, qui, faute de connaissances agronomiques, sont peu performantes ou même tout le contraire de performantes. À cet égard, les « fiches techniques » existantes sont inopérantes : normatives, elles ne permettent ni de s'adapter aux aléas, ni de raisonner les actes techniques selon l'état de la culture, les objectifs et les moyens de production. Répondre aux besoins spécifiques de chaque producteur n'est pas le but des « fiches techniques ». Néanmoins, les informations qu'elles contiennent pourraient non seulement mettre l'accent sur la qualité des travaux et sur les conséquences de son « non-respect », mais aussi indiquer l'objectif de chaque intervention et les liens entre les interventions, ainsi que les diverses voies

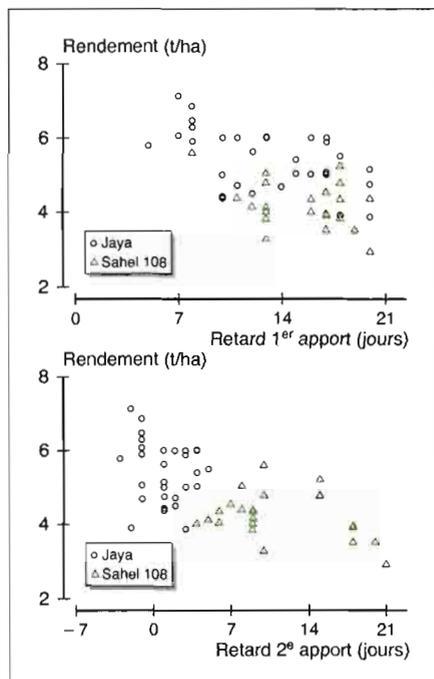


Figure 7. Effet du retard d'application d'urée sur le rendement dans les parcelles irriguées 7 ou 8 fois.

Figure 7. Effect of urea application delay on the yield.

possibles pour atteindre cet objectif. Pour mémoire, l'*itinéraire technique** désigne la suite logique et ordonnée des interventions culturales [29], et non pas seulement la liste de ces interventions. Vulgariser des connaissances et des raisonnements agronomiques peut s'avérer efficace. Les producteurs ayant l'expérience de la culture de leur parcelle de riz sont sans doute prêts à recevoir ces « savoirs », mais le dispositif actuel de vulgarisation a-t-il les compétences et les moyens pour les transmettre ?

Les solutions qui paraissent performantes dans une région donnée ne le sont pas nécessairement dans une autre. Les choix techniques ne peuvent être raisonnés à la seule échelle de la parcelle. Les règles de fonctionnement des aménagements et des filières ainsi que des sociétés paysannes influent sur les stratégies et les pratiques des producteurs. Le poids de la contrainte collective est déterminant dans la performance. Des progrès importants résident donc soit dans une plus grande autonomie des producteurs, lorsque c'est possible, soit dans une prise de conscience et une formation au niveau collectif.

Les producteurs ont un effort de professionnalisation et de structuration à réaliser pour infléchir radicalement les performances de leurs systèmes, car la rentabilité des systèmes irrigués est la base de leur survie. L'émergence de structures professionnelles actives, la prise en compte des liens entre les dimensions technique, économique et organisationnelle dans la gestion des aménagements, l'abandon d'une logique d'assistantat au profit d'une demande d'autonomie, sont autant de révolutions attendues. Encore faut-il que les décideurs/institutions prennent tout à fait conscience du rôle fondamental qu'ils jouent, au-delà de la conception et de la mise en place de projets, dans l'émergence d'agricultures irriguées durables. Cette prise de conscience, en retard sur celle des milieux paysans, suppose de la part des décideurs des niveaux d'engagement (en termes de rigueur et de durée plutôt que de budgets) qu'ils refusent actuellement d'envisager ■

* Voir glossaire, p. 72.

Summary

Performances of irrigated rice cropping systems in the Sahel

J.-C. Poussin, P. Boivin

Most strategies and analyses aiming at improving the performance of Sahelian irrigated systems are based on a few preconceived ideas. Among them, it is currently considered that the performance of the cropping systems is mainly determined by the technical package. The failure of farmers in most irrigated schemes to develop profitable crops is attributed to their unwillingness to apply the recommendations embedded with the technical package. To resolve this problem, scientists and technical assistants are looking for new technical options. We think that these views are, to a large extent, inaccurate. This paper presents our diagnosis on the performance of Sahelian irrigated rice cropping systems. The analyses are based on observations made in three situations in the Senegal River Valley and in Mali.

In the case of Senegal, rice yields have remained constant over the past twenty years, the production costs are high but the efficiency is low. The low technical level of the farmers is generally considered to be the main explanation to the bad economical results. We found (figure 1) a huge variability in yields, at all scales (field, scheme and regional scale). We showed that the potential yields can be reached in many cases, through various practices. But applying a given technical package does not guarantee a high yield. Moreover, the collective constraints are very high (figure 2), leading farmers to get fields in separate schemes in order to increase their degrees of freedom and to decrease risks.

In Mali (figure 3), the good results are due to low production costs, low financial risk and low collective constraints rather than high yields.

In the case of Mauritania (figure 5), a high increase in yields and a reduced variability at scheme scale were obtained, through better collective planning of the cropping season and with the use of a traditional rice variety well known by farmers. More than 2.7 t/ha of additional gross margin was obtained, with constant or reduced charges.

Low yields or the economic failure of irrigated rice in the Sahel are not due to inappropriate technical options, but to the inaccurate application of the techniques. As a matter of fact, the same technical package gives very different results according to the way it is applied. A lot of constraints may oblige the farmers to diverge from the standardized technical recommendations. Then they have to choose their own technical options, without agronomic knowledge. We conclude that standard recommendations and advices do not allow cropping practices and yields to be improved. Technical recommendations to farmers should emphasize the objectives and the effects of each cultivation technique, in quality and in quantity, and explain the links between them.

More generally, it appears that an efficient technical solution in a given place cannot be applied elsewhere if the collective constraints are different, which is generally the case. The recent investment of farmers and farmers organizations in improving their professional capacities is the most encouraging fact, provided that the other actors, particularly supervisory staff and fund raisers, do not forget their own responsibilities and rules in helping or discouraging this evolution. But they did so in the past decades, and we think that they are well behind the farmers as far as being aware of their responsibilities in this matter is concerned.

Cahiers Agricultures 2002 ; 11 : 65-73.

Références

1. SAED. *Recueil des statistiques de la vallée du fleuve Sénégal. Annuaire 1995/1996. Version détaillée.* Saint-Louis (Sénégal) : ministère de l'Agriculture/SAED, 1997 ; 142 p.
2. Bélières JF, Touré A. *Impact de l'ajustement structurel sur l'agriculture irriguée du delta du Sénégal.* Thèse de doctorat. Montpellier : ENSAM, 1999 ; 986 p.
3. Le Gal PY. *Processus de décision et innovation : l'exemple de la double riziculture irriguée*

dans le Delta du fleuve Sénégal. Communication au séminaire Cirad-Inra-Orstom « Innovations et Sociétés », 13-16 septembre 1993, Montpellier (France), 1993.

4. Bélière JF, Havard M, Le Gal PY. *Le financement de l'agriculture irriguée dans le Delta du fleuve Sénégal : intérêts et dérives du crédit bancaire.* Communication présentée au Séminaire international Cirad - OSU - UO « Finance et Développement Rural en Afrique de l'Ouest », 21-25 octobre 1991, Ouagadougou (Burkina Faso), 1991 ; 14 p.

Glossaire

Aiguadier : personne chargée de l'irrigation des parcelles.

Double culture : réalisation d'une succession de 2 cycles de culture (sous-entendu, de riz) dans la même parcelle la même année.

Fiche technique : description de la mise en œuvre du paquet technique, intervention par intervention, que l'on peut trouver dans les « termes de références » des projets de développement agricole relatifs à l'introduction de nouveaux systèmes d'exploitation. Le dispositif d'encadrement du projet, qui a en charge le conseil agricole, se fonde généralement sur le contenu de cette fiche.

Intensité culturale : rapport entre la surface cultivée annuellement et la surface cultivable ; s'il y a plusieurs cycles dans l'année, la surface cultivée est multipliée d'autant.

Itinéraire technique : « suite logique et ordonnée des interventions culturales » [29]. Trop souvent confondu avec « paquet technique », ce concept fait explicitement référence à l'existence de multiples voies pour conduire une même culture et au raisonnement à l'origine des modalités d'intervention (pour chacune d'elles et entre elles), notamment l'objectif de production visé.

Paquet technique : ensemble des techniques culturales vulgarisées dans une zone de production pour cultiver une parcelle ; cet ensemble correspond à une norme pour la conduite de la culture : il n'existe qu'une seule modalité de réalisation de chaque intervention culturale et l'objectif implicite est l'obtention du rendement maximum.

Pratique culturale : façon dont un producteur réalise une intervention culturale et met en œuvre les techniques dont il dispose.

Pré-irrigation : mise en eau de la parcelle avant la préparation du sol et l'implantation de la culture ; sous climat aride, cette mise en eau permet la levée des adventices (et du riz précédent).

5. Wackermann JB. Le financement de la riziculture irriguée au Sénégal : l'exemple de la région du fleuve. In : Boivin P, Dia I, Lericollais A, Poussin JC, Santoir C, Seck SM, eds. *Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée en moyenne vallée du Sénégal*. Paris : Orstom, coll. « Colloques et Séminaires », 1995 : 457-85.

6. Wopereis MCS, Ceuppens J, Boivin P, Ndiaye AM, Kane A. Preserving soil quality under irrigation in the Senegal River Valley. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 1998 ; 46 : 97-107.

7. Samba R. *Riziculture et dégradation des sols en vallée du fleuve Sénégal : analyse comparée des fonctionnements hydro-salins des sols du delta et de la moyenne vallée en simple et double riziculture*. Thèse de doctorat. Dakar : Université Cheikh Anta Diop, 1998 ; 221 p.

8. Ceuppens J, Wopereis MCS. Impact of non-drained irrigated rice cropping on soil salinization in the Senegal River Delta. *Geoderma* 1999 ; 92 : 125-40.

9. Favre F. *Interactions entre oxydoréduction et dynamiques salines dans un vertisol irrigué par submersion*. Thèse EPFL. Lausanne : EPFL, 2000 ; 165 p.

10. Wescott MP, Brandon DM, Lindau CW, Patrick WH. Effects of seeding method and time of fertilization on urea-nitrogen-15 recovery in rice. *Agron J* 1986 ; 78 : 474-8.

11. Fageria NK, Baligar VC. Yield and yields components of lowland rice as influenced by timing of nitrogen fertilization. *J of Plant Nutrition* 1999 ; 22 : 23-32.

12. Haefele S, Johnson DE, Diallo S, Wopereis MCS, Janin I. Improved soil fertility and weed management is profitable for irrigated rice farmers in Sahelian West Africa. *Field Crops Res* 2000 ; 66 : 101-13.

13. Le Gal PY, Ndiaye M, Sow AM. *Le désherbage du riz irrigué dans le Delta du fleuve Sénégal : situation actuelle et conséquence en matière de recherche-développement*. St-Louis (Sénégal) : DSA/Cirad/ISRA, 1990 ; 16 p. + annexes.

14. Diallo S, Johnson DE. Les adventices du riz irrigué au Sahel et leur contrôle. In : Miézan KM, Wopereis MCS, Dingkuhn M, Deckers J, Randolph TH, eds. *Irrigated rice in the Sahel : prospects for sustainable development*. Dakar (Sénégal) : WARDA, 1996 : 311-23.

15. Marnotte P, Diallo S, Kane I, Sarra S, Sy S. La gestion de l'enherbement en riziculture irriguée. In : Legoupil JC, Dancette C, Godon C, Maïga IM, Ndiaye KM, eds. *Pour le développement durable de l'agriculture irriguée dans la zone Soudano-Sahélienne*. Dakar : WECARD-CORAF, 1999 : 58-68.

16. Poussin JC. Gestion technique de la riziculture irriguée. In : Boivin P, Dia I, Lericollais A, Poussin JC, Santoir C, Seck SM, eds. *Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée en moyenne vallée du Sénégal*. Paris : Orstom, coll. « Colloques et séminaires », 1995 : 153-70.

17. Le Gal PY. *Gestion collective des systèmes de culture en situation d'incertitude : cas de l'organisation du travail en double culture dans*

le delta du fleuve Sénégal. Thèse de doctorat. Montpellier : ENSAM, 1996 ; 2 tomes, 215 p. + annexes.

18. Poussin JC. Diagnostic sur les systèmes de riziculture irriguée dans la moyenne vallée aval du fleuve Sénégal. In : Biarnes A, eds. *La conduite du champ cultivé. Points de vue d'agronomes*. Paris : Orstom, coll. « Colloques et séminaires », 1998 : 133-61.

19. Bertrand R, Keita B, Ndiaye MK. La dégradation des sols des périmètres irrigués des grandes vallées sud-sahariennes (Cas de l'Office du Niger au Mali). *Cahiers Agriculture* 1993 ; 2 : 318-29.

20. Jamin JY. *De la norme à la diversité : l'intensification rizicole face à la diversité paysanne dans les périmètres irrigués de l'Office du Niger*. Thèse de doctorat. Paris : Ina-PG, 1994 ; 255 p.

21. Ouvry F, Marlet S, Tangara B, Berete O. Analyse du fonctionnement hydraulique d'un grand aménagement. Proposition d'amélioration des performances de la gestion de l'irrigation à l'Office du Niger. In : Legoupil JC, Dancette C, Godon P, Maïga IM, Ndiaye KM, eds. *Pour le développement durable de l'agriculture irriguée dans la zone Soudano-Sahélienne*. Dakar : WECARD-CORAF, 2000 : 264-84.

22. Diaw EHB. *Modélisation du transfert d'eau en milieu poreux non saturé : application à l'étude de la recharge des nappes d'eaux souterraines en région Soudano-Sahélienne*. Thèse de Doctorat. Strasbourg : Université Louis-Pasteur, 1996 ; 239 p.

23. Diallo Y, Legoupil JC, Wade M, Ngaïde H, Poussin JC, Lidon B. Amélioration des performances des PIV par la mise en place d'un système d'information et le suivi des pratiques agricoles. In : Legoupil JC, Dancette C, Godon P, Maïga IM, Ndiaye KM, eds. *Pour le développement durable de l'agriculture irriguée dans la zone Soudano-Sahélienne*. Dakar : WECARD-CORAF, 2000 : 304-22.

24. Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest (Adrao). Rentabilité de la mise au point de cultivars pour la riziculture irriguée au Sénégal. *Synthèse de la recherche rizicole en Afrique de l'Ouest n° 1*, 1998 ; 2 p.

25. Dingkuhn M, Le Gal PY, Poussin JC. RIDEV : un modèle de développement du riz irrigué pour le choix des variétés et calendriers culturaux. In : Boivin P, Dia I, Lericollais A, Poussin JC, Santoir C, Seck SM, eds. *Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée en moyenne vallée du Sénégal*. Paris : Orstom, coll. « Colloques et séminaires », 1995 : 205-22.

26. Diallo Y, Rigourd C. Communication personnelle.

27. Ostrom E. *Pour des systèmes autogérés irrigués et durables : façonner les institutions*. Lavigne-Delville P., trad. Paris : GRET, Groupe Irrigation Observatoire des périmètres Irrigués Sahéliens, 1996 ; 35 p.

28. Lavigne-Delville P. Les paradoxes du désengagement : les périmètres irrigués villageois du fleuve Sénégal. In : Blanc-Pamard C, eds. *Politiques agricoles et initiatives locales*. Paris : Orstom, coll. « Colloques et séminaires », 1993 : 217-37.

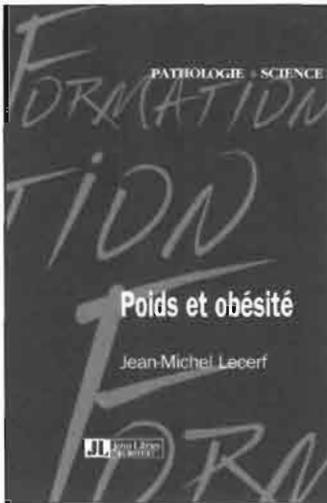
29. Sébillotte M. Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique. *CR Acad Agric Fr* 1978 ; 64 : 906-14.

Résumé

L'analyse des performances des systèmes irrigués sahéliens s'appuie sur des idées reçues, qui attribuent un poids prépondérant au *paquet technique* dans l'explication des résultats. L'analyse de la production de riz irrigué dans la vallée du Sénégal et à l'Office du Niger (Mali) montre au contraire l'importance de la maîtrise technique et de la dimension organisationnelle dans le fonctionnement des aménagements hydro-agricoles et des filières, ainsi que celle des stratégies qu'adoptent les producteurs face aux projets de développement agricoles et à leurs évolutions.

La marge de progrès de ces systèmes de culture, à technique et coût identiques, est forte : la redéfinition, avec les producteurs, des règles d'organisation à l'échelle d'un aménagement, en améliorant la qualité des interventions culturales, permet un accroissement important, voire un doublement de la marge brute dégagée. Les systèmes irrigués sahéliens peuvent donc être rentables sans révolution technologique (qui ne réglerait pas les problèmes constatés). Progresser suppose de la part des producteurs, une poursuite de leurs efforts de professionnalisation et une révolution du conseil agricole, avec notamment l'abandon d'une vision normative, orientée à la parcelle et ignorante de la dimension organisationnelle de la production. Cela suppose de la part des institutions d'aide au développement, un engagement rigoureux, raisonné et durable, qui va au-delà de la formulation de projets.

Poids et obésité



Jean-Michel Lecerf
 2002
 Collection
 Pathologie Science Formation
 214 pages
 ISBN : 2-7420-0229-4
28,97 €/190 FF

Ce livre synthétique s'adresse à tous les médecins désireux de mieux comprendre et de mieux accompagner les patients ayant un excès de poids. Il donne les clés, c'est-à-dire les bases fondamentales, de cette compréhension, mais aussi les éléments de l'approche clinique et thérapeutique.

Le livre décrit les différentes formes d'obésité : depuis l'obésité sévère à forte composante génétique, jusqu'à la prise de poids plus modérée et tardive, favorisée par des troubles du comportement alimentaire.

Avant tout, si la prise en charge du patient en surcharge pondérale ressort de la médecine interne, c'est sur le plan de l'approche psychologique que l'exigence est la plus grande.

Un ouvrage très accessible, ponctué de nombreux encadrés récapitulatifs.

Alimentation méditerranéenne et santé

C'est au début des années 1950 que les scientifiques ont pris conscience des effets bénéfiques de l'alimentation méditerranéenne sur la santé, suite à une enquête menée en Italie et en Grèce qui révéla pour la première fois le lien entre l'alimentation et une espérance de vie parmi les plus fortes du monde.

La caractéristique principale de l'alimentation méditerranéenne repose sur sa faible teneur en lipides et en acides gras insaturés liée essentiellement à la consommation d'huile d'olive. Elle repose également sur la consommation de fruits et de légumes frais, de poissons et de céréales.

Cet ouvrage s'adresse à un large public de professionnels concernés par l'alimentation.

Marc Puygrenier
 2000
 160 pages
 ISBN : 2-7420-0315-0

21,34 €/140 FF

Existe également en version anglaise

2001
 164 pages
 ISBN : 2-7420-0343-6

24,39 €/160 FF



Vous pouvez aussi commander ces ouvrages directement sur Internet : www.john-libbey-eurotext.fr

Bon de commande

Je désire recevoir :

- Poids et obésité **28,97 €/190 FF**
 Alimentation méditerranéenne et santé **21,34 €/140 FF**
 Mediterranean diet and health **24,39 €/160 FF**

Frais de port forfaitaires **+ 4,57 €/30 FF**

Je désire recevoir une facture acquittée pour ma déclaration de frais professionnels

Total : **€**

Ce bulletin doit être retourné aux
Éditions John Libbey Eurotext
 127, avenue de la République
 92120 Montrouge - FRANCE
 Tél : +33 (0)1 46 73 06 60
 Fax : +33 (0)1 40 84 09 99
 contact@jle.com
www.john-libbey-eurotext.fr

NOM :
 Prénom :
 Adresse :
 CP : Ville :
 Pays :
 Tél. :

Ci-joint mon règlement d'un montant de : **€**

- Par chèque, à l'ordre des **Éditions John Libbey Eurotext**
 Par carte bancaire :
 Visa Eurocard/Mastercard American Express

Carte N°

Date d'expiration :

Signature :



Bénéfices économiques d'un investissement en santé au Mali

Martine Audibert, Jean-François Etard

Les investissements en capital humain, notamment dans le domaine de la santé, sont supposés contribuer à l'amélioration de la productivité des travailleurs et donc à la croissance économique. Cependant, un grand nombre de travaux qui se sont intéressés à ce thème [1-5], ne sont pas toujours parvenus à cette conclusion : des rendements économiques substantiels ont, en fait, surtout été mis en évidence en ce qui concerne l'amélioration nutritionnelle des travailleurs dans le secteur salarié [6]. En fait, l'estimation de l'effet économique d'un investissement en santé est difficile à estimer [6, 7] pour un certain nombre de raisons qui concernent :

- l'évaluation de la santé : quels indicateurs de santé choisir ? ;
- le problème d'endogénéité : les revenus étant en partie utilisés pour se soigner, la variable santé devient une variable endogène ;
- l'hétérogénéité de la santé due aux facteurs individuels et environnementaux ;

M. Audibert : Centre d'études et de recherches sur le développement international, CNRS, 65, boulevard François-Mitterrand, 63000 Clermont-Ferrand, France. <audibert@bamako-ird.ml> <M.Audibert@u.clermont1.fr>

J.-F. Etard : Institut de recherche pour le développement, BP 1386, Dakar, Sénégal.

Tirés à part : M. Audibert

Thèmes : Système agraire ; Eau, irrigation.

- le phénomène de compensation familiale (effet compensatoire) qui conduit les actifs en bonne santé à augmenter leur productivité pour compenser la baisse de productivité ou l'absentéisme des actifs malades [8-10].

Pour estimer les bénéfices économiques de la santé, nous nous sommes intéressés au secteur rural non salarié et à une des affections parasitaires liées à l'irrigation, la bilharziose.

Protocole quasi expérimental

À partir d'un protocole quasi expérimental, les données sont analysées sur la base d'un modèle linéaire généralisé pour données longitudinales. Il s'agit d'un modèle de production des ménages [7, 11] dans lequel les ménages maximisent, sous une contrainte de budget, une fonction d'utilité dont les arguments sont l'état de santé, le loisir, la consommation de biens non liés à la santé. La production de l'exploitation agricole est liée à l'état de santé, dans le sens où celui-ci peut affecter la production si le phénomène de compensation familiale est inadéquat. Une modification de l'état de santé peut également affecter la productivité des facteurs ainsi que la capacité à utiliser des ressources et conduire à des réajustements dans l'allocation du travail. En affectant la productivité du travail familial dans les champs consacrés à la

culture principale, toute amélioration de l'état de santé procure alors de l'utilité additionnelle en augmentant le temps disponible soit pour la production, soit pour les loisirs, soit encore pour des activités extra-agricoles.

La mesure de l'état de santé reste encore un sujet de discussion. Le caractère multidimensionnel de la santé et les erreurs systématiques liées à sa mesure rendent difficile l'évaluation économique du poids de la morbidité [11, 12]. En nous concentrant sur une affection donnée (la bilharziose) dont l'importance est évaluée à l'aide d'une enquête épidémiologique, nous utilisons des indicateurs qui permettent d'éviter un certain nombre de ces difficultés (sur les différentes mesures de la santé et leur utilisation dans des études économiques, voir [11, 13, 14]). Cependant, et cela constitue l'originalité de cette étude, l'état de santé n'est pas évalué dans le but d'être ensuite introduit dans une équation de production ou de productivité, mais pour vérifier que la santé des ménages s'est modifiée.

La question posée devient : les programmes de contrôle (en améliorant l'état de santé des ménages) permettent-ils d'augmenter la productivité des travailleurs et donc la production des ménages et en cela, de contribuer à la rentabilité d'un investissement en santé ? Pour répondre à cette question, il convient de comparer la production et la productivité du travail familial des ménages qui ont bénéficié d'un programme de contrôle à celles des ménages qui n'en ont pas bénéficié.

Santé, production, productivité et allocation du travail

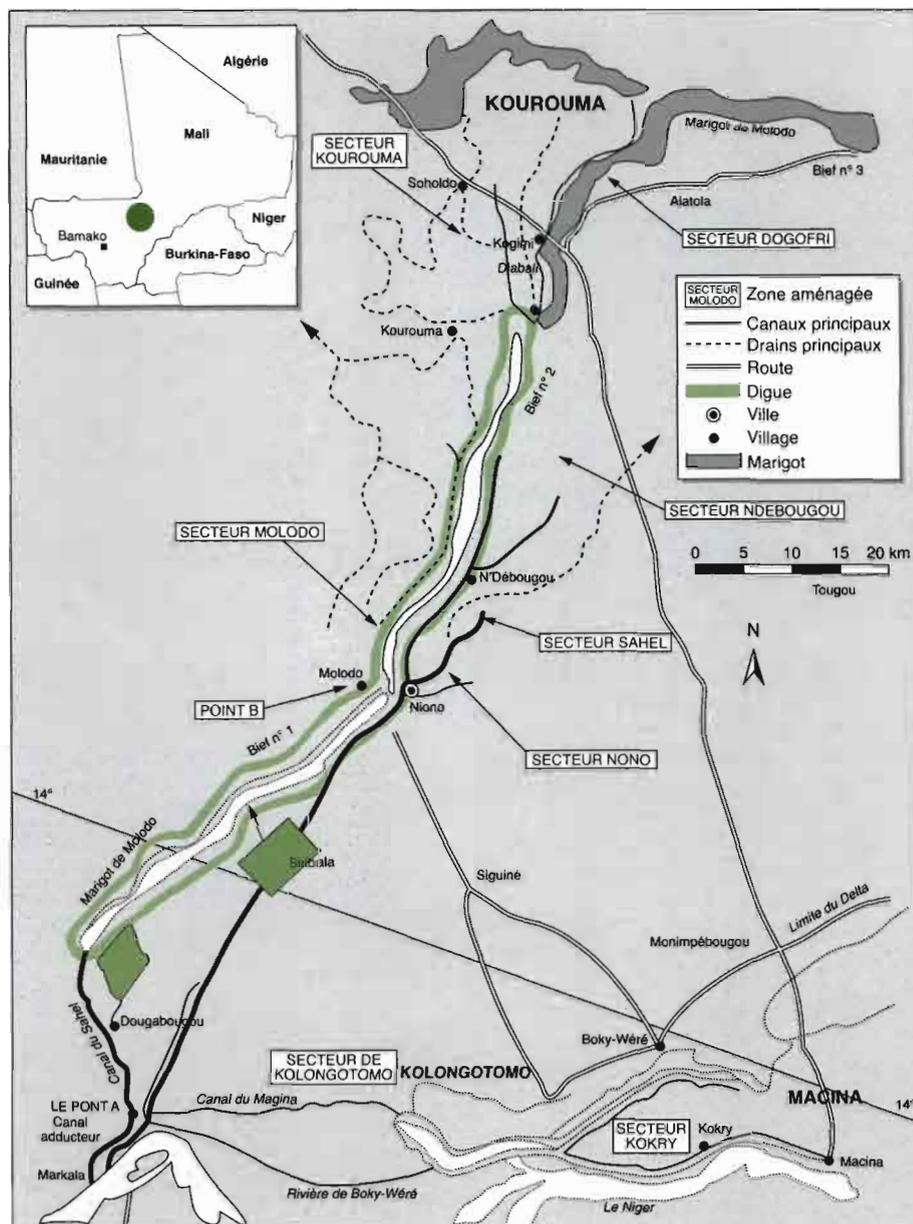
Étudiant l'effet d'une modification de la santé sur la production des ménages agricoles, un certain nombre de travaux ont montré que le phénomène de compensation au sein de la famille et la substitution travail familial/travail salarié permettent d'éviter la baisse de production qu'une détérioration de la santé aurait dû provoquer [9, 15].

Les choix d'allocation du temps de travail des ménages agricoles se répartissent entre les activités de production (et parmi elles, entre cultures de rente et cultures vivrières), les activités non agricoles, et le loisir. Une amélioration de la santé peut alors conduire à un réajustement du temps de travail entre ces diverses activités. Nous supposons alors, d'une part, qu'un investissement en santé, en augmentant la productivité du travail familial, fournit de l'utilité additionnelle aux ménages en augmentant le temps total disponible et, d'autre part, que le travail familial et le travail salarié sont des substituts imparfaits, du fait du coût élevé de la main-d'œuvre extra-familiale. En conséquence, nos hypothèses sont que : a) une modification de la santé peut avoir des bénéfices économiques directs en augmentant la production agricole ; b) une modification de la santé peut avoir des bénéfices économiques indirects : ainsi, si un accroissement de la productivité du travail familial n'a pas d'effet sur le travail salarié (en diminuant sa demande), il peut avoir un effet soit sur les rendements de la culture principale, soit sur ceux des autres cultures, soit sur le développement des activités extra-agricoles.

Données et procédure d'estimation

Aire d'étude

La zone d'étude est une zone de riziculture irriguée, située dans la zone de l'Office du Niger (ON) (*carte*), qui comprend 149 villages et environ 9 600 ménages (ON, recensement de



Carte. Localisation de la zone d'étude.

Map. Localisation of the area studied.

juin 1989). Trois techniques de culture sont en présence, selon le degré de réaménagement des parcelles : intensification (parcelles entièrement réaménagées), semi-intensification (parcelles partiellement réaménagées) et culture extensive (parcelles non réaménagées). Le paddy est la principale culture de rente avec deux hectares par homme actif. Tandis que le labour est mécanisé, les autres tâches sont effectuées manuellement. La main-d'œuvre familiale est la principale source de travail ; le travail salarié est également utilisé, mais seule-

ment sur les cultures de rente. Bien que culture vivrière, le sorgho voit son importance diminuer avec le développement progressif de l'intensification de la culture du riz rendue possible par la technique du repiquage, beaucoup plus penante en travail que le semis initialement pratiqué. Le maraîchage, essentiellement destiné à la commercialisation, est cultivé sur des parcelles individuelles. La bilharziose, sous ses deux formes, urinaire et intestinale, sévit à l'état endémique. En 1987, les taux de prévalence étaient de 60 et 50 % respectivement [16].

Population d'étude

Un échantillon de 30 villages, constitué de 16 villages choisis de façon non aléatoire et de 14 villages tirés aléatoirement, a été sélectionné. Les 16 premiers villages faisaient partie d'une étude entreprise par l'Institut d'économie rurale de Bamako et ont été choisis pour représenter les trois différents types d'aménagement. Les 14 villages supplémentaires ont été tirés aléatoirement et proportionnellement à leur taille, à partir de la liste des villages de l'Office du Niger établie en 1989, afin d'assurer un taux de sondage des ménages résidents de l'ON de 13 %. Dans chaque village, 30 ménages ont été tirés aléatoirement avec une égale probabilité.

Protocole d'étude et données

Après exclusion des villages où le programme national de lutte contre la bilharziose était actif, deux groupes de villages ont été formés après appariement deux à deux en fonction du schéma d'irrigation, du type d'aménagement et de la localisation des parcelles. Ces critères ont conduit à retenir 14 (sept par groupe) des 30 villages étudiés dans le protocole d'intervention. Ce sous-échantillon comprend 412 ménages (~ 4,5 % des ménages de l'ON). Les données agroéconomiques (tableau 1) ont été recueillies au jour le jour entre juin et décembre au cours de deux campagnes rizicoles (1989 et 1990) par des enquêteurs logeant dans les villages. Les informations concernant les caractéristiques démographiques de l'exploitation, l'équipement, l'utilisation d'engrais, la superficie cultivée et la production ont été obtenues par interview du chef d'exploitation. Le temps de travail (nombre d'heures de travail dans les rizières) a été quotidiennement observé par les enquêteurs pour tous les membres actifs de la famille et les salariés. Les enquêteurs ignoraient le groupe d'appartenance (cas/témoin) de leur village.

Deux enquêtes parasitologiques ont été menées après chacune des campagnes agricoles, l'une en décembre 1989, l'autre en décembre 1990. Le décompte des œufs de parasites a été fait pour chaque spécimen, d'urine (filtration) et de selles (technique de Kato), collecté le matin. Un traitement (prise unique de Praziquantel à 40 mg/kg) de masse a été administré à toute la population du groupe expérimental en décembre 1989, tandis que les sujets du groupe témoin recevaient un placebo (vita-

mine D). En décembre 1990, un traitement de masse était offert à la population du groupe témoin tandis que la population du groupe expérimental recevait un traitement sélectif (sujets infectés). Ce protocole a été approuvé par le Programme national de lutte contre la schistosomiase. Nous avons vérifié que les prévalences et les densités parasitaires ne différaient pas entre les groupes avant traitement et que ces indicateurs diminuaient après traitement dans le groupe expérimental (tableau 2).

Modèle linéaire généralisé (MLG)

Comme notre approche repose sur une comparaison de moyennes entre les groupes, nous estimons un modèle « marginal » [17], de la forme :

$$Y_{ij} = \alpha + \beta_1 \cdot x_{ij1} + \beta_2 \cdot x_{ij2} + \beta_3 \cdot x_{ij1} \cdot x_{ij2} + \sum_k (\delta_{ijk} \cdot z_{ijk}) + \varepsilon_{ij}$$

Où :

$i = 1, \dots, m$, est l'indice du ménage et $j = 1, 2$ la période d'observation ;

x_1 = période {0 : avant traitement, 1 : après traitement} ;

x_2 = groupe {0 : témoin, 1 : expérimental} ;

z_k = ensemble de covariables (continues, $k = 1, \dots, p$).

Les coefficients et leur variance sont estimés à l'aide d'équations d'estimation généralisées.

Les différents coefficients sont respectivement :

β_1 , le changement entre les deux périodes dans le groupe témoin ;

β_2 , la différence entre les deux groupes avant traitement ;

$\beta_1 + \beta_3$, le changement entre les deux périodes dans le groupe expérimental ;

$\beta_3 = (\beta_1 + \beta_3) - \beta_1$, la différence entre les deux groupes due au traitement (ou l'effet du traitement).

Si des différences entre les deux groupes et sur la période sont observées pour des variables qui déterminent la variable

Tableau 1

Caractéristiques des exploitations agricoles à l'ON entre 1989 et 1990

Variable	1989		1990	
	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
Âge du chef exploitation	48	13,6	48	13,6
Effectif de personnes	12	8,3	12	8,3
Équipement agricole (FCFA)	1 832	1 592	1 832	1 592
Taille de l'exploitation (ha)	6,9	6,1	7,1	7,4
Travail familial (homme/jour)	1 979	1 649	1 758	1 825
Travail salarié (homme/jour)	833	932	1 209	1 360
Superficie de mil (ha)	0,95	2,4	0,76	1,88
Superficie de riz (ha)	5,9	5,4	6,35	6,9
Production de mil (kg)	272	855	156	578
Production de riz (kg)	11 847	11 215	14 406	15 846

Characteristics of the farms in the Office du Niger between 1989 and 1990

Tableau 2

Prévalence de l'infection (P) et densités moyennes géométriques (GMD), par groupe avant et après traitement

Groupe	Période 1 (1989)						Période 2 (1990)					
	<i>S. haematobium</i>			<i>S. mansoni</i>			<i>S. haematobium</i>			<i>S. mansoni</i>		
	n	P (%)	GMD*	n	P (%)	GMD**	n	P (%)	GMD	n	P (%)	GMD
Expérimental	1 825	44,6	3,9	1 326	52,5	12,3	1 620	22,7	1,6	942	24,7	3,0
Témoin	1 734	41,2	3,3	1 246	52,4	13,4	1 402	40,9	3,1	757	42,6	7,4

* N° d'œufs/10 ml d'urines ; ** N° d'œufs/g de selles.

Prevalence of infection (P) and geometric mean densities per group before and after treatment

expliquée, ces variables sont introduites dans le modèle en tant que covariables. L'effet du traitement a été étudié sur deux variables normalisées – le rendement de paddy (principale culture de rente) et la productivité du travail familial – et sur une variable binomiale – la proportion de ménages également producteurs de sorgho (voir la description des différentes variables au *tableau 3*). Des différences ont été observées sur certaines variables qui ont alors été introduites dans le modèle (*tableau 4*). Aucune différence dans la demande de travail salarié n'a été observée entre les deux groupes aux deux périodes. Cette demande ayant cependant augmenté sur la période dans les deux groupes, le travail salarié a été introduit en tant que covariable.

Résultats

La forte corrélation entre les deux mesures Y_{i1} et Y_{i2} , conduit à choisir un modèle pour données longitudinales corrélées (voir corrélation, *tableau 4*). Les coefficients β_2 montrent qu'il n'y a aucune différence entre les deux groupes avant traitement et, donc, que les deux groupes sont équivalents par rapport à la variable dépendante. Un accroissement spontané et important de deux des trois variables étudiées, le rendement de paddy et la productivité du travail familial, ont été observés sur la période dans le groupe témoin (voir les coefficients β_1 , *tableau 4*), tandis qu'une diminution, non attendue *a priori*, de la proportion d'exploitants de sorgho (voir ci-dessous) a été mise en évidence.

Venons-en maintenant aux différences, dues au traitement, entre le groupe témoin et le groupe expérimental, analysées à l'aide des coefficients β_3 . En premier lieu, on n'observe aucun effet du traitement sur le rendement de la culture de rente (paddy). Comme aucune différence avant traitement n'apparaît entre les deux groupes et qu'un accroissement important du rendement a été observé sur la période dans le groupe témoin, il apparaît que les rendements du paddy ont aussi augmenté dans le groupe expérimental, mais au même taux que dans le groupe témoin. Cet accroissement des rendements du paddy dans les deux groupes est probablement dû en partie à l'adoption progressive d'une nouvelle technique de culture, le repiquage, plus performante que le semis et en partie à l'accroissement de la productivité du tra-

Summary

Economic benefits of a health investment in Mali

M. Audibert, J.-F. Etard

Assessing the economic benefits of parasitic disease control is not easy for a number of reasons, among which is the lack of good morbidity indicators. In this sense, our approach is less conventional than can be found in previous studies, as it is based on the estimation of the effect of an anti-parasitic treatment on economic indicators. Thus, and this makes the originality of this study, health status is not assessed with a view to be used in production and productivity functions but rather in order to check that health changes will occur. A quasi-experimental protocol was applied between 1989 and 1990 to 412 households from an irrigated rice area in Mali. Two groups of seven villages, one to be treated (the experimental group) and an untreated one (the control group), were formed by matching the villages based on the type of the irrigation scheme involved and on the geographical zone concerned. We checked that the prevalence and the parasitic densities of the infection did not differ in the two groups before treatment. At the end of the 1989 agricultural season, a mass treatment was offered to the experimental group while subjects of the control group received a placebo. At the end of the second agricultural season (1990), both groups were treated. The effect of the treatment was analysed taking three parameters into account: paddy yield, family labour productivity and proportion of sorghum growers. A generalised linear model for longitudinal data was used in order to assess the effect of the treatment in these respects. No effect on paddy yield was found, but an increase of 26% [12%-39%] of family labour productivity in the paddy fields occurred. The treatment also had an effect as regards the proportion of sorghum growers since this proportion remained stable in the experimental group while it decreased in the control group. Those results clearly show that assessing economic benefits by focusing only on such economic parameters as production or crop yield is not sufficient. Health investment such as controlling schistosomiasis as in the context of this study, has more indirect than direct productive benefits in improving the physical ability and then the productivity of the workers. By decreasing the intensity of family work, such improvement released additional time which could be used for other activities.

Cahiers Agricultures 2002 ; 11 - 75-80.

vail (voir ci-après). En deuxième lieu, même si la productivité du travail familial a augmenté dans le groupe témoin, l'augmentation de cette productivité a été beaucoup plus importante dans le groupe expérimental, montrant ainsi que le traitement a eu un effet certain et positif sur cet indicateur. Sur une échelle logarithmique, un accroissement de 26 % de la production par travailleur familial/jour a été observé dans le groupe expérimental par rapport au groupe témoin. En d'autres termes, l'effet moyen du traitement approche les 2,4 kg de paddy supplémentaires par homme/jour. En troisième lieu, le traitement a un effet positif sur le sorgho dans la mesure où aucun changement n'est observé dans la proportion de ménages producteurs de sorgho dans le groupe expérimental tandis que cette proportion a fortement diminué dans le groupe témoin. Ce résultat *a priori* surprenant

peut s'expliquer. En effet, durant la période d'étude, la culture du riz est devenue de plus en plus intensive et donc plus prenante et exigeante en travail de sorte qu'elle est entrée en concurrence avec le sorgho. Aussi, les ménages producteurs de sorgho du groupe expérimental ont-ils pu maintenir la culture de cette céréale, qui reste une culture vivrière fort appréciée, grâce au fort accroissement de la productivité du travail dans les rizières qui a permis de compenser le surcroît d'effort dû à l'intensification. *A contrario*, les producteurs du groupe témoin dont la productivité du travail n'a pas autant augmenté, n'ont pu compenser ce surcroît d'effort qu'au détriment de cette céréale.

Ces résultats montrent alors clairement que le net accroissement (dû au traitement) de la productivité du travail dans le groupe expérimental a été utilisé, non pour augmenter les rendements de la culture de

Tableau 3

Description, moyenne et écart-type des variables

Variable*	Groupe expérimental			Groupe témoin			Différence entre les groupes
	N	moyenne	SD	N	moyenne	SD	
Dépendante							
<i>Rendement de paddy (kg/ha)</i>							t-test
. période 1	206	7,42	0,63	206	7,47	0,63	- 0,78 ns
. période 2	203	7,68	0,64	203	7,69	0,55	- 0,13 ns
<i>Productivité du travail familial (production de paddy/homme-jour)</i>							
. période 1	206	1,57	0,55	206	1,47	0,64	t-test 1,71ns
. période 2	203	2,25	0,82	202	1,88	0,73	4,76***
<i>Producteurs de sorgho (proportion)</i>							
. période 1	206	0,39	0,03	206	0,37	0,03	χ^2 0,16 ns
. période 2	206	0,34	0,03	206	0,19	0,03	12,69***
Covariables (zk)							
<i>Intensité du travail salarié (homme/jour/ha)</i>							
. période 1	206	4,68	0,99	206	4,71	0,85	t-test - 0,39 ns
. période 2	204	5,07	0,92	203	5,17	0,72	- 1,12 ns
<i>Force de travail familial (No)</i>							
. période 1	206	1,93	0,63	206	1,93	0,58	t-test - 0,05 ns
. période 2	204	1,76	0,61	205	1,77	0,60	- 0,16 ns
<i>Superficie en sorgho (ha)</i>							
. période 1	206	0,47	0,73	206	0,31	0,47	t-test/ks** 2,57*/0,12 ns
. période 2	206	0,47	0,73	206	0,15	0,36	5,58***/0,20***

* Toutes les variables continues sont en logarithme naturel.
 ** Test non paramétrique de Kolmogorov-Smirnov.
 * p < 0,05 ; ** p < 0,01 ; *** p < 0,001 ; ns = non significatif ; SD = écart-type.

Description, mean and standard deviation of variables

rente, mais pour maintenir la culture du sorgho chez les ménages producteurs. Pour les ménages qui avaient déjà abandonné cette céréale, le traitement apporte du temps additionnel (on a montré par ailleurs que l'intensité du travail familial entre les deux périodes avait diminué dans le groupe expérimental mais non dans le groupe témoin [18]) qui peut être utilisé soit pour des cultures financièrement plus rentables comme l'oignon et le maraîchage qui se sont développées dès que l'ON, sur une demande pressante, a accordé des lopins de terre aux exploitations soit encore pour le loisir. Il aurait été intéressant de voir comment les ménages agricoles utilisaient effectivement leur temps additionnel, mais le suivi quotidien des activités n'a porté que sur le riz. Par ailleurs, contrairement au riz, l'oignon et le maraîchage sont des activités purement individuelles, pratiquées tant par les hommes que par les femmes, les jeunes que les moins jeunes, sur des parcelles extrêmement réduites, et dont les revenus sont jalousement gardés secrets. Pour cet ensemble de raisons, ces activités n'ont pu être correctement suivies.

Discussion

Si la question du rendement d'un investissement en santé a fait l'objet de peu d'attention jusque dans les années 80 (principalement parce qu'il était difficile d'évaluer la santé), ces dernières années ont vu se développer des travaux sur les relations entre santé et productivité. Plus d'attention a été prêtée à la définition et à

Tableau 4

Rendement de la santé sur la production agricole, la productivité du travail et la culture du sorgho, MLG (modèle linéaire généralisé) pour données longitudinales

Dépendante	Corrélation entre les périodes	Changement dans le groupe témoin entre les deux périodes		Différences entre les deux groupes avant traitement		Effets du traitement	
		β_1 (se)		β_2 (se)		β_3 (se)	CI 95 %
Rendement du paddy*	$r^1 = 0,49^{***}$	0,19 (0,06)***		- 0,03 (0,06) ns		0,07 (0,05) ns	- 0,04 - 0,17
Productivité du travail familial*	$r = 0,49^{***}$	0,46 (0,05)***		0,10 (0,06) ns		0,26 (0,07) ***	0,12 - 0,39
Producteurs de sorgho** (proportion)	$\chi^2 = 25,8^{***}$	- 0,76 (0,18)***		0,08 (0,21) ns		0,70 (0,21) **	0,28 - 1,12

* Ajusté pour l'intensité du travail salarié, la force de travail familial et la superficie cultivée en sorgho.
 ** Ajusté pour l'intensité du travail salarié et la force de travail familial.
 † Entre les résidus.
 ‡ Test de McNemar.
 * p < 0,05 ; ** p < 0,01 ; *** p < 0,001.
 ns = non significatif ; se = standard error ; CI = intervalle de confiance.

Effect of treatment on paddy yield, family labour productivity and proportion of sorghum growers, as assessed by a generalised linear model for longitudinal data

la mesure de la santé même si le biais de mesure n'est pas encore pleinement résolu [11]. Par ailleurs, des méthodes et des modèles ont été développés pour contrôler les biais de sélection ou tenir compte du caractère endogène de la santé [6, 19]. En conséquence, les travaux dans ce domaine ont commencé à mettre en évidence les bénéfices économiques d'une amélioration de la santé [7] ou les relations négatives entre des indicateurs de nutrition et les indicateurs économiques (salaire, productivité du travail [6, 11]). En étudiant l'effet du paludisme sur l'efficacité technique des producteurs de coton en Côte d'Ivoire, on a trouvé que le paludisme avait un effet négatif [20]. Utilisant un protocole expérimental, certains chercheurs avaient, d'une part, trouvé que la productivité et les gains des coupeurs de canne infectés par *Schistosoma mansoni* étaient inférieurs à ceux des coupeurs de canne sains et, d'autre part, montré que la productivité des premiers avait crû après traitement [1]. Au-delà de la mise en évidence d'un effet économique du traitement, l'originalité des résultats présentés ici réside dans le fait que les ménages préférèrent utiliser leur temps additionnel pour le loisir ou pour maintenir la culture de céréales traditionnelles qui ne sont pas la cible des projets de développement agricole. Ces résultats montrent également que l'estimation des effets économiques de la santé sur la base d'un seul indicateur peut conduire à des conclusions erronées. Notre étude montre en effet que l'amélioration de la santé a des bénéfices économiques non pas directs (il n'y a pas d'effet du traitement sur la culture de rente), mais indirects (de par l'accroissement du temps total disponible) ■

Remerciements

Cette étude a obtenu le soutien du ministère des Affaires étrangères, de l'Agence française de développement (France), de la « Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit » (Allemagne) et de la Commission européenne. Nos remerciements vont aux Drs C. Werler et A. Diarra de la GTZ et du programme malien de lutte contre la schistosomiase, aux techniciens de laboratoire de l'Institut national de recherche en santé publique et du Département d'épidémiologie et des affections parasitaires à la faculté de médecine à Bamako, de B. Teme, D. Cebron et M. Traoré de l'Institut d'économie rurale. Nous sommes également redevables au personnel de l'Office du Niger, aux villageois de notre zone d'étude et aux enquêteurs sur le terrain.

Références

1. Fenwick A, Figenschou BH. The effect of *Schistosoma mansoni* infection on the productivity of cane cutters on a sugar estate in Tanzania. *Bull WHO* 1972 ; 47 : 567-72.
2. Weisbrod AB, Helminiak TW. Parasitic diseases and agricultural labor productivity. *Econ Devel Cult Change* 1977 ; 25 : 505-22.
3. Barbosa FS, Pereira da Costa DP. Incapacitating effects of *Schistosoma mansoni* on the productivity of sugar cane-cutters in Northern Brazil. *Am J Epidemiol* 1981 ; 114 : 102-11.
4. Van Ee JH, Polderman AM. Physiological performance and work capacity of tin mine labourers infested with schistosomiasis in Zaire. *Trop Geog Med* 1984 ; 36 : 260-6.
5. Picard J, Mills A. The effect of malaria on work time: analysis of data from two Nepali districts. *J Trop Med Hyg* 1992 ; 95 : 382-9.
6. Thomas D, Strauss J. Health and wages: evidence on men and women in urban Brazil. *J Econometrics* 1997 ; 77 : 159-85.
7. Schultz TP, Tansel A. Wage and labour supply effects of illness in Ivory Coast and Ghana: instrumental variable estimates for days disabled. *J Dev Econ* 1993 ; 53 : 251-86.
8. Nur ETM. The impact of malaria on labour use and efficiency in the Sudan. *Soc Sci Med* 1993 ; 37 : 1115-9.
9. Parker M. Re-assessing disability: the impact of schistosomal infection on daily activities among women in Gezira province, Sudan. *Soc Sci Med* 1992 ; 35 : 877-90.
10. Bonilla E, Rodriguez A. Determining malaria effects in rural Colombia. *Soc Sci Med* 1993 ; 37 : 1109-14.
11. Strauss J, Thomas D. Health, nutrition and economic development. *J Econ Lit* 1998 ; 766-817.
12. Bundy DAP, Guyatt HL. Cost analysis of schistosomiasis. *Trans Roy Soc Med Hyg* 1992 ; 86 : 646-8.
13. Brazier J, Deverill M, Green C. A review of the use of health status measures in economic evaluation. *J Hlth Serv Res Policy* 1999 ; 4 : 174-84.
14. Murray CJL. Quantifying the burden of disease: the technical basis for disability-adjusted life years. In: *Global Comparative Assessments in the Health Sector, Disease Burden, Expenditures and Intervention Package*. Murray CJL, Lopez AD, eds. Geneva : WHO, 1994 : 3-19.
15. Koopmanshap M, Van Ineveld M. Towards a new approach for estimating indirect costs of disease. *Soc Sci Med* 1992 ; 34 : 1005-10.
16. Brinkmann UK, Korte R, Schmidt-Erhy B. The distribution and spread of schistosomiasis in relation to water resources development in Mali. *Trop Med Parasitol* 1988 ; 39 : 182-5.
17. Diggle PJ, Liang KY, Zeger SL. *Analysis of longitudinal data*. Oxford Statistical Science Series. Oxford : Oxford University Press, 1994 ; 280 p.
18. Audibert M, Etard JF. Impact of schistosomiasis on rice production and efficiency in Mali. *J Afri Economies* 1998 ; 7 : 185-207.
19. Berhman JR, Foster AD, Rosenzweig MR. The dynamics of agricultural production and the calorie-income relationship: evidence from Pakistan. *J Econometrics* 1997 ; 77 : 187-207.
20. Audibert M, Mathonnat J, Nzeyimana I, Henry MC. Rôle du paludisme dans l'efficacité technique des producteurs de coton dans le Nord de la Côte d'Ivoire. *Rev Econ Dév* 1999 ; 4 : 121-48.

Résumé

Pour évaluer les bénéfices économiques d'un investissement en santé, un protocole quasi expérimental a été appliqué entre 1989 et 1990 sur un échantillon de 412 ménages dans une zone de riziculture irriguée au Mali. Deux groupes de sept villages, l'un traité (groupe expérimental), l'autre non traité (groupe témoin) ont été formés. À la fin de la campagne agricole 1989, un traitement de masse a été offert au groupe expérimental tandis que les sujets du groupe témoin recevaient un placebo. À la fin de la seconde campagne agricole (1990), les deux groupes ont été traités. L'effet du traitement a été estimé sur trois indicateurs économiques : le rendement de paddy, la productivité du travail familial et la proportion de producteurs de sorgho. Un modèle linéaire généralisé pour données longitudinales est utilisé en vue d'estimer l'effet du traitement. Le traitement n'a aucun effet sur le rendement du paddy, mais permet d'augmenter la productivité du travail familial de 26 % [12-39 %]. Le traitement agit également sur les cultures vivrières dans la mesure où la proportion de producteurs de sorgho reste stable dans le groupe expérimental alors qu'il diminue dans le groupe témoin. Ces résultats montrent clairement qu'un investissement dans un programme de lutte contre la schistosomiase a un effet plus indirect que direct sur les bénéfices économiques, dans la mesure où il améliore la capacité physique des actifs.

L'agriculture sur Internet dans les pays francophones

Thème choisi pour ce numéro :

Eau et santé

■ **Institution spécialisée du Comité permanent inter-États de lutte contre la sécheresse dans le Sahel (CILSS)**
<http://www.agrhytel.ne>

Chargé de la collecte et de la diffusion des informations dans les domaines de la sécurité alimentaire et de la gestion des ressources naturelles, le centre régional AGRHYMET assure aussi la formation dans les mêmes domaines. Il regroupe deux programmes techniques :

- le programme majeur information ;
- le programme majeur formation.

Sommaire

Historique

Fonctions du centre régional AGRHYMET

Organigramme du centre régional AGRHYMET

Ressources humaines

Programme majeur information (objectifs : la production et la gestion de l'information sur la sécurité alimentaire, la lutte contre la désertification et la gestion des ressources naturelles)

Programme majeur formation (objectifs : le renforcement des capacités sahéliennes de conception et d'exécution dans les domaines d'intervention du CILSS)

Centre de gestion

Centre de documentation

Unité Communication et Relations publiques

Composantes nationales

■ **Journée mondiale de l'eau : l'eau et la santé, jeudi 22 mars 2001 (OMS)**

<http://www.worldwaterday.org/lgr/news/report/index.html>

Sommaire

L'eau pour la santé : prendre les choses en main

L'eau et la santé : deux ressources précieuses

Pourquoi faut-il agir ?

Dans quels domaines faut-il agir ?

Les solutions qui s'imposent

Remédier à la situation... c'est possible

■ **Système d'observation du cycle hydrologique de l'Afrique de l'Ouest et Centrale**

<http://aochycos.ird.ne/HTMLF/ETUDES/HYDRO/CRP.HTM>

Conçu et géré entièrement par l'IRD à Ouagadougou, l'Observatoire hydrologique régional de l'Afrique de l'Ouest et Centrale préfigure ce que pourrait être l'une des composantes d'un projet de système d'observation du cycle hydrologique pour l'Afrique de l'Ouest et Centrale (AOC-HYCOS).

L'objectif de cette nouvelle rubrique est de signaler et de décrire des sites sur Internet relatifs à l'agriculture et à la recherche agronomique dans les pays francophones, en mettant la priorité sur les pays où l'utilisation d'Internet n'est encore que limitée ou connaît des difficultés et où les sites sont peu connus. Nous en sélectionnerons cinq ou six à chaque fois, assortis d'une description sommaire et des aspects qui nous semblent originaux.

Sommaire

WHYCOS (World HYdrological Cycle Observation System) : système mondial d'observation du cycle hydrologique, établi en 1993 par l'OMM (Organisation météorologique mondiale) avec l'appui de la Banque mondiale. Ce système a pour but d'améliorer la situation de la gestion des ressources en eau

Projets

Activités

Équipe

Données

Partenaires nationaux

Partenaires internationaux

Bibliographie

Hydrométrie

Liens

■ **AGL Water Resources, Development and Management Service, FAO**

www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGL/homeaglw.htm

La mission de ce service est de promouvoir l'utilisation efficace et la conservation des ressources en eau en vue de la sécurité alimentaire, de l'agriculture durable et du développement agricole (site en anglais)

Sommaire

Mandat

Programme

Services

Outils

Irrigation

Informations et statistiques sur l'eau

Projets en conditions naturelles

IPTRID (International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage)

Documents en ligne sur l'eau

Autres sites

■ **Office international de l'eau**

<http://www.oieau.fr/>

L'Office international de l'eau (OIEAU) est une association sans but lucratif, chargée de missions d'intérêt général, créée dans le cadre de la loi

française du 1^{er} juillet 1901 et déclarée d'utilité publique par décret du Conseil d'État du 13 septembre 1991.

L'OIEAU a pour vocation de réunir l'ensemble des organismes publics et privés impliqués dans la gestion et la protection des ressources en eau, en France, en Europe et dans le monde (organisations de coopération multi- et bilatérale, ministères, agences de bassin, collectivités territoriales, universités, grandes écoles, centres de recherche, aménageurs régionaux, distributeurs et professionnels de l'eau, industriels, fédérations professionnelles, organisations non gouvernementales, etc.) afin de créer un véritable réseau de partenaires. Il compte 149 organismes adhérents.

Sommaire (extraits)

Présentation de l'OIEAU

Nouvelles de l'OIEAU

EAUDOC, base de données bibliographique

RÉFEA - Réseau Francophone sur l'Eau et l'Assainissement

Technologies à faible coût

Documentation et information

Activités internationales

Séminaires internationaux

■ **Document FAO (non daté)**

<http://www.fao.org/docrep/003/t0800f/t0800fa.htm>

I. Problématique des ressources en eau et agriculture

Introduction et généralités

Objet et portée

Les ressources mondiales en eau

Le secteur de l'eau et la politique des ressources naturelles

Les ressources mondiales en eau

L'eau rare

L'utilisation de l'eau dans le monde

L'eau et la santé

L'eau, ressource stratégique

II. Les ressources en eau : économie et politiques

Le secteur de l'eau dans ses liaisons avec l'économie nationale

Fonctions sociales, physiques et économiques de l'eau

L'organisation économique du secteur de l'eau : le marché ou l'État ?

III. Politiques de l'eau et gestion de la demande

Les institutions et les politiques de l'eau

Systèmes de répartition de l'eau

Préserver la qualité de l'eau

IV. Les grands choix en matière d'agriculture irriguée

L'irrigation dans les années 90 et au-delà

Rubrique réalisée par **Christine Silvy**

C. Silvy : Centre de biologie et de gestion des populations (CBGP), Campus international de Baillarguet, 34980 Montferrier-sur-Lez, France.

PROGRAMMATION DE L'UNITÉ D'HYDRAULIQUE AGRICOLE DE GEMBOUX

L'Unité d'hydraulique agricole de la faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux (Belgique) développe depuis longtemps de nombreuses activités en collaboration avec des pays en voie de développement dans les domaines de l'irrigation, du drainage, de l'hydrologie, de l'aménagement des bassins versants, etc. Une autre voie de recherche également développée dans ce cadre concerne le traitement et la réutilisation des eaux usées en agriculture.

Dans les pays en voie de développement, la disponibilité en eau risque de diminuer fortement à long terme, en raison des périodes de sécheresse prolongée. Les estimations prévisionnelles, effectuées par les organisations internationales, ont déclenché la sonnette d'alarme dans la mesure où les ressources hydriques renouvelables devraient diminuer, classant ainsi beaucoup de pays en situation de stress hydrique chronique. De plus, les ressources en eau se trouvent menacées par plusieurs processus de détérioration de leur qualité.

Face au déficit hydrique croissant constaté dans la plupart des régions, les eaux usées peuvent être considérées comme une source non négligeable en eau et en éléments fertilisants. La réutilisation des eaux usées en agriculture peut soulager l'exploitation des ressources en eau traditionnelles qui ne peuvent plus répondre

aux besoins d'une agriculture intensive. Ainsi, la réutilisation, après traitement, pourrait combler une bonne part des besoins en eau de l'agriculture et donc contribuer à réduire le déficit.

Parmi les techniques de traitement étudiées, l'épuration est un procédé d'épuration des eaux chargées en matières polluantes, mis au point et breveté par Gembloux dont le principe est fondé sur la technique hydroponique utilisant différentes espèces végétales cultivées hors sols dans des goulottes de diverses natures (tôles galvanisées, béton, bois recouverts d'une feuille de plastique, etc.) alimentées avec de l'eau épurée. Cette technique est utilisée en traitement tertiaire pour la diminution des microorganismes, l'élimination des métaux lourds et des composés de l'azote et du phosphore. Elle a déjà été appliquée avec succès au Maroc, au Sénégal, en Tunisie, au Portugal, à Chypre, en Grèce, en France et en Belgique dans le cadre de plusieurs projets financés par l'Union européenne, la Coopération belge et la Région wallonne (Belgique). Un transfert technologique vers la Tunisie est déjà opérationnel avec l'appui financier de la Coopération belge.

En marge du développement de cette technique hydroponique, l'Unité participe à plusieurs projets d'épuration et de valorisation d'effluents urbains ou industriels. Le traitement des effluents de l'extraction de l'huile d'olive en partenariat avec la Grèce, le Maroc, la Tunisie et l'Espagne en est un exemple.

Un autre exemple en est le recyclage d'eaux usées urbaines en agriculture, avec pour point focal :

- la mise au point de traitements des eaux usées à faible coût, capables de produire des effluents réutilisables en agriculture, sans restriction sanitaire ;
- l'impact de la réutilisation des eaux usées sur le sol, les plantes, la nappe et le matériel d'irrigation ;
- l'étude des aspects institutionnels et organisationnels de la réutilisation ;
- l'utilisation de techniques d'irrigation compatibles avec des pratiques agricoles durables, notamment en ce qui concerne la fertilisation azotée.

Un partenariat dynamique entre pays européens, méditerranéens et africains a permis de jeter les bases d'un réseau international dont l'objectif est l'élaboration de normes de réutilisation et l'échange d'expériences ■

Contacts :

Pr S. Dautrebande et Pr D. Xanthoulis
Tél. : 00 32 81 62 21 86 ; Fax : 00 32 81 62 21 95

<xanthoulis.d@fsagx.ac.be>

Contact général :

Pr J.-J. Claustrioux, vice-recteur, Relations académiques internationales, Passage des Déportés, 2, B-5030 Gembloux
Tél. : 00 32 81 62 21 13 ; Fax : 00 32 81 62 25 20

<vicereacteur@fsagx.ac.be>

RISQUES ET BÉNÉFICES DE LA TRANSGENÈSE BT AU KENYA ET EN AFRIQUE DU SUD

La production de maïs au Kenya est réalisée principalement par de petits producteurs utilisant des variétés à pollinisation libre. Les cultures d'hybrides à haut rendement sont limitées à une partie de la vallée du Rift et de la province occidentale.

Une minorité de producteurs utilisent la lutte chimique ou biologique contre les chenilles foreuses de la tige. La toxine Bt de *Bacillus thuringiensis* est utilisée par pulvérisation en lutte dite « biologique ». Au Kenya comme en Europe, l'utilisation du maïs transgénique Bt fait l'objet de discussions. Parmi les risques classiques identifiables, on cite les effets sur des organismes autres que la cible, le transfert horizontal de résistance à la toxine Bt, l'effet des cofacteurs génétiques associés au gène Bt.

Bien qu'utilisés en Afrique du Sud sur 50 000 hectares, les maïs n'ont pas été introduits en culture au Kenya, mais ils y sont expérimentés avec le concours financier de Novartis. Sur la base de leur toxicité sur les mammifères et de l'« équivalence substantielle », déjà discutée dans ces colonnes, plusieurs variétés ont été déclarées sans danger pour la consommation humaine aux États-Unis et pourraient être admises au Kenya sur cette base.

Cependant, les impacts environnementaux devraient être testés sur place dans des contextes agro-écologiques différents. Un projet de recherche commun au Kenya et à l'Afrique du Sud est financé avec l'aide de la coopération américaine. Parmi les sujets à traiter figure la conservation des variétés locales adaptées dont la biodiversité doit être maintenue sans contamination. Bien qu'impossible à mettre en œuvre dans les cultures traditionnelles, la stratégie des refuges naturels utilisée aux États-Unis pour prévenir le développement de résistance des insectes à la toxine Bt, pourrait être simulée par les espèces sauvages également attaquées par les chenilles foreuses.

Dans les zones de cultures intensives, on s'attend à ce que le gène Bt transporté par le pollen à partir de maïs OGM contamine les variétés non transgéniques.

Cela pourrait limiter le choix des génotypes par les producteurs, et du produit par le consommateur.

Les aspects couvrant la propriété intellectuelle, les droits des agriculteurs et le partage des bénéfices éventuels devraient être également considérés. Comme on peut le voir par ailleurs à la lecture de ce même numéro, d'autres méthodes dites « biologiques », notamment l'emploi de plantes répulsives et attractives ont montré leur intérêt pour la lutte contre les chenilles foreuses du maïs.

Dans la décision d'introduction éventuelle des maïs Bt, il faudra tenir compte du caractère irréversible de l'opération, eu égard aux conditions de culture qui prévalent au Kenya.

En Afrique du Sud, le coton transgénique Bt occupe d'importantes surfaces (100 000 hectares en 1999-2000, cultivés par 1 530 fermes commerciales et 3 000 petits agriculteurs). L'ensemble des opérations dans la région de Makkathini est entre les mains de la société privée Vusina Cotton, qui fournit les intrants et achète le produit. Une enquête a été réalisée en novembre 2000 auprès de petits fermiers ayant adopté ou non les variétés Bt. Les premiers, qui avaient les surfaces les plus étendues et étaient les plus expérimentés avaient été spécialement sollicités par Vunisa Cotton pour cultiver les cotons OGM Bt, avec attribution de crédit de campagne. Le principal bénéfice cité par les « adoptants » était l'économie sur les traitements insecticides. Malgré des différences entre les saisons 1998-1999 et 1999-2000, il apparaît que la variété Bt a fourni des rendements et des marges bénéficiaires plus élevées que les variétés traditionnelles, surtout chez les plus petits producteurs en 1999-2000, année favorable aux chenilles foreuses. La réduction des applications d'insecticides pourrait être bénéfique sur le plan sanitaire, eu égard aux cas d'empoisonnement chez les fermiers et à la pollution des eaux. Les recherches en cours continueront dans les années futures, avec une comparaison plus poussée en fonction de la taille des exploitations ■

Jean Semal

Biotechnology and Development Monitor 2001 ; 48 : 6-9, 15-9.

BREVETS, FINANCES ET BIOPOUVOIRS

Les affrontements entre gouvernements, firmes transnationales, organisations non gouvernementales et agriculteurs à propos des biotechniques prennent une dimension globalisée qui frise la guerre économique et idéologique mondiale.

Faire régulièrement le point en la matière est nécessaire tant est grande la fluidité des situations, des points de vue et des perspectives. Quelques exemples emblématiques permettent d'éclairer les différentes facettes de la question.

S'agissant des rapports entre gouvernements, les oppositions se marquent essentiellement entre les États-Unis d'une part, la Chine, les pays du Sud et l'Europe d'autre part. À peine installé dans son nouveau fauteuil de l'organisation mondiale du commerce (OMC), le *Céleste Empire* provoque le géant américain à propos de l'importation de soja génétiquement modifié. Les autorités chinoises ont inauguré en effet une procédure selon laquelle les graines OGM importées doivent être couvertes par un certificat attestant leur innocuité pour l'homme, les animaux et l'environnement. L'objectif affiché est de protéger la Chine des risques potentiels des organismes transgéniques importés. Au-delà du prétexte, il semble bien que ce soit l'ensemble des échanges de semences qui soit en cause et notamment le maïs chinois, non OGM et très apprécié sur les marchés asiatiques, où il concurrence les maïs transgéniques américains. Avec un enjeu d'un milliard de dollars, il est peu probable que les choses en restent là et l'on attend les rétorsions des États-Unis.

Ces derniers sont beaucoup moins regardants avec des pays moins puissants qu'ils menacent directement de sanctions, avec des résultats diversifiés selon les cas. Interpellée à propos de l'étiquetage des OGM, la Corée du Sud a maintenu sa réglementation. Il en va de même de la Croatie qui avait édité un moratoire sur les OGM qui fut maintenu sous la pression des ONG locales. Il s'agissait, comme dans plusieurs autres pays de se donner le temps de mettre en œuvre une législation *ad hoc* relative à ces organismes. Le Sri Lanka fut moins tenace et dut abandonner un moratoire similaire, tout comme la Bolivie menacée par l'Argentine. La déconfiture économique et monétaire de ce pays met en exergue

sa situation antinomique à celle de son voisin, le Brésil, en matière d'OGM, avec un avantage compétitif sur les marchés au profit du Brésil où l'utilisation des OGM est abordée avec prudence et réserve. Le cas du Sri Lanka est particulièrement significatif, car ce petit pays pauvre est dépourvu des infrastructures scientifiques qui lui permettraient d'assurer le suivi des OGM sur son territoire.

À côté des oppositions entre États, se manifestent les litiges entre firmes en matière de brevets ainsi que les poursuites envisagées par certaines sociétés contre des particuliers accusés de biopiraterie.

Le cas de Percy Schmeiser, un cultivateur canadien de colza cité en justice par la firme Monsanto est exemplaire, avec des conséquences potentielles qui prêtent à réflexion. Rappelons les éléments constitutifs du problème, déjà évoqués dans ces colonnes.

Cultivateurs de colza depuis un demi-siècle, les Schmeiser avaient sélectionné des écotypes adaptés à leur exploitation. Ils ont observé à la fin des années 90, le développement dans leurs cultures de génotypes résistants au *Roundup*, un herbicide de la firme Monsanto : ils ont attribué le phénomène à une « pollution génétique », étant donné la prévalence d'OGM *Roundup Ready* dans les cultures de colza environnantes. Se fondant sur sa propriété exclusive de la résistance au *Roundup* conférée par brevet, la firme a déposé plainte contre l'agriculteur. L'affaire est venue en dernière instance devant la Cour Fédérale du Canada qui a donné raison à Monsanto et condamné Schmeiser à 20 000 dollars d'amende.

Les attendus du jugement dessinent un schéma légal des rapports entre firmes de biotechnologies et agriculteurs, qui demande une analyse approfondie et qui a, dès à présent, suscité de nombreuses réactions. Tout d'abord, le juge conclut que M. Schmeiser savait ou devait savoir qu'il cultivait des plantes *Roundup Ready* dans son champ, ce que l'intéressé ne nie pas. L'argumentation de l'agriculteur selon laquelle il s'agissait de « contaminants » est récusee par le juge car, selon lui, la transgression du brevet existe indépendamment des intentions du coupable, ce qui était attendu compte tenu des législations existantes au Canada.

Les conséquences à long terme de cette décision de justice pourraient modifier en profondeur les rapports entre l'agrotechnologie et les producteurs. Sa généralisation donnerait plein pouvoir aux

firmes pour imposer leurs génotypes, rendant d'autres méthodes pratiquement illégales. Sur un autre plan, le modèle Monsanto contre Schmeiser révèle un phénomène qui prend une ampleur croissante, étant donné le transfert horizontal de gènes chez le colza. Ce processus menace notamment les cultures biologiques (*organic*, en anglais) qui perdraient leur certification en cas de contamination. Les lois actuelles mettraient en cause les propriétaires de l'agent polluant (en l'occurrence les agriculteurs cultivant les OGM), mais qu'en serait-il de la responsabilité de la firme productrice ? Certaines provinces canadiennes ont une législation particulière concernant les nuisances vis-à-vis des agricultures, mais celles-ci ne couvrent pas les « technologies novatrices ». Il convient donc de remonter la chaîne événementielle pour considérer l'attribution même des brevets d'exclusivité. Le Canada, les États-Unis et l'Argentine, dont les gouvernements sont chauds partisans des OGM, ne semblent pas vouloir s'engager dans cette voie. Outre les ONG environnementalistes, les exportateurs de grains s'inquiètent cependant des répercussions de ces développements sur leur négoce, notamment en matière de blé transgénique actuellement en expérimentation chez Monsanto.

Tous ces événements montrent que le biopouvoir dispose dès à présent de protections légales permettant la prise de contrôle des agricultures industrialisées. Cela ne constitue que la première phase d'un débat global qui s'annonce sur les droits et devoirs des opérateurs exploitant la biosphère ■

JS

Biotechnology and Development Monitor 2001 ; 48 : 2-5, 24.
Le Monde 2002 ; 15 janvier : 4.

DES MICRO-ORGANISMES VERTUEUX ?

Le comportement social des micro-organismes, notamment bactéries et protozoaires, présente certaines analogies avec ce qui est connu pour les animaux sociaux. Nombre de bactéries s'associent en biofilms, qui sont des structures tridimensionnelles organisées contenant une seule espèce ou plusieurs espèces complémentaires. Les biofilms agissent comme

structure de protection, de rétention de nutriments et de reproduction. Certaines bactéries ont une capacité de nutrition ou d'infection liée à leur nombre. D'autres encore s'associent lors de la reproduction.

Le plus « interpellant » (bien que le terme soit très anthropocentrique) relève sans doute de l'altruisme suicidaire. Certains *Escherichia coli* possèdent un système poison-antidote, le poison étant stable et l'antidote instable. En cas d'attaque par bactériophage, l'antidote cesse d'être produit et l'individu meurt et protège de ce fait ses congénères. En cas de privation de nourriture, certains *E. coli* voient leur potentiel toxique activé et meurent. Dans d'autres cas, des individus meurent et libèrent des toxines tuant les bactéries compétitives. Des formes collectives spécialisées dans la défense, la reproduction ou la communication existent par ailleurs.

Des interactions « sociétales » chez les bactéries pourraient éclairer certains comportements ou évolutions et apporter une meilleure compréhension des pathogènes de l'homme ■

JS

Biofutur 2001 ; 215 : 51-5.

OGM ET SYSTÈMES AGRAIRES

La diversité planétaire des agrosystèmes, liée aux différences majeures en termes de réalités économiques et socioéconomiques, est actuellement au contact d'une lame de fond liée aux confrontations généralisées entre protagonistes des biopouvoirs.

La coexistence entre systèmes de culture OGM et non OGM est un fait dans nombre de pays et son extension est prévisible à plus ou moins long terme. Il est donc légitime qu'un débat se développe à ce sujet.

À côté de pays comme l'Argentine, le Canada et les États-Unis chez lesquels les OGM jouent un rôle majeur, à côté de l'Europe qui essaie tant bien que mal de se définir une doctrine crédible en la matière, la question de l'introduction des OGM au sein de la diversité des pays du Sud pose des questions autrement complexes que celles qui se sont posées jusqu'à présent. En France, un rapport remis au Commissariat général au plan

par Bernard Chevassus-au-Louis, vice-président de la Commission de génie biomoléculaire et président du conseil d'administration de l'Agence française pour la sécurité sanitaire des aliments propose de généraliser à toute innovation agronomique les procédures d'agrément des plantes OGM. Les pesticides ou les variétés végétales obtenus par mutagenèse aléatoire ou dirigée (variétés SAGE, c'est-à-dire sans addition de gènes extérieurs) seraient concernés. Cette position introduit une cohérence qui répond à l'idée selon laquelle ce sont les propriétés actuelles des produits qui importent, non la façon de les obtenir.

La réflexion en cours se situe dans la perspective de la transposition, par les pays membres, de la directive européenne 2001/18 qui devra être effective en octobre 2002. Tant la Commission européenne que les États-Unis et les firmes de biotechnologies souhaitent mettre un terme au moratoire de juin 1999 relatif à la culture des OGM et mettent en œuvre diverses stratégies de communication à cet effet. Demeurent en discussion la consultation publique prévue par la directive européenne ainsi que l'opportunité d'évaluer les bénéfices socio-économiques des produits soumis à homologation. L'attitude des « eurocrates » s'est exprimée notamment lors d'une réunion organisée en septembre 2001 à Bruxelles, pour définir la « vision stratégique » de l'Europe en matière de biosciences. Les objectifs européens affichés prétendent décerner à l'Union le brevet d'économie la plus compétitive au monde sur la base des savoirs. Le front commun des cinq commissaires concernés fut confronté à Bruxelles aux industriels consommateurs et environnementalistes dans un climat positif qui semble avoir satisfait les parties. Il faudra cependant attendre le sommet de Barcelone en 2002 pour connaître la stratégie européenne en matière de sciences de la vie. Une inconnue demeure : celle du Conseil européen qui rassemble les chefs de gouvernements des 15 pays membres. On sait, en effet, que c'est le Conseil des ministres de l'Environnement qui est à la base du moratoire de 1999 sur les OGM.

L'Agence européenne de l'alimentation, qui devrait jouer un rôle central dans l'avenir en matière d'OGM, est inexistante. La concrétisation des vœux de la Commission pourrait donc, au mieux, se voir retardée. Si on envisage la gestion des biosystèmes au niveau planétaire, les

questions pendantes sont légion, principalement dans les pays émergents ou dans les zones à agriculture traditionnelle et/ou de subsistance.

Depuis plusieurs années, les firmes de biotechnologies ont ciblé la lutte contre la faim parmi les objectifs des OGM et il n'est pas une réunion publique où cet aspect ne soit mis en exergue. Malgré les contestations portant sur la crédibilité d'un tel objectif, le « verdissement » de la stratégie de communication des producteurs d'OGM se poursuit, indiquant leur intérêt pour les agricultures plus complexes que les monocultures d'Amérique du Nord, d'Argentine, de Chine ou d'Afrique du Sud.

Déjà le concept « rendement/bénéfice » s'était enrichi et assoupli au contact des réalités européennes ; actuellement, ce sont les notions de durabilité, de sécurité alimentaire, de respect pour l'environnement et de lutte contre la pauvreté qui prévalent. Nourrir un monde affamé devient le principal objectif affiché dans une approche qui se veut transparente et ouverte.

Indépendamment des aspects relatifs à l'opportunité d'introduction des OGM dans des systèmes agraires complexes, les considérations humanitaires et environnementalistes de la part de sociétés transnationales fondées sur le profit financier éveillent quelque méfiance. Ces soupçons sont renforcés lorsque les documents pédagogiques pour les écoles mélangent les considérations objectives et la propagande ludique. Les critiques font valoir que les ouvertures des firmes de biotechnologies vers le public sont réductrices et de nature promotionnelle et manquent de données objectives validées. Mais au-delà des procès d'intentions, les réactions chez les partenaires liés aux agrosystèmes dans les pays du Sud, sont diverses, touffues et, parfois, contradictoires.

Le *Biotechnology and Development Monitor* a organisé à ce sujet un forum de discussion électronique ouvert aux responsables politiques et scientifiques, aux organisations de consommateurs et à celles de la société civile des pays du Sud.

Quatre thèmes principaux étaient soumis à discussion : sécurité alimentaire *versus* qualité des aliments, agriculture biologique (*organic*, en anglais) *versus* OGM, public *versus* privé, local *versus* global. L'ensemble des discussions figure sur la toile sous l'adresse : www.southern-voices.nl.

Les conclusions ont été regroupées en

quatre rubriques : 1) brevets inadéquats ; 2) itinéraires de production ; 3) droits et options ; 4) capacités de gestion.

En matière de *brevets*, le brevetage du vivant a été mis en cause et des propositions ont été faites notamment pour une informatisation centralisée des données limitant les brevets délivrés abusivement (certains brevets sont accordés pour des données déjà connues par ailleurs et leur rétractation ultérieure est difficile). Le développement public accru en matière de biotechnologie a été proposé comme palliatif au brevetage.

S'agissant des *itinéraires de production*, on a évoqué la révolution verte et mis en cause la nécessité des OGM. Ce sont surtout les questions socio-économiques qui ont été évoquées : termes des échanges internationaux, compétition interne au sein d'un même pays entre producteurs intensifs et producteurs de subsistance, position des produits agricoles au sein de l'organisation mondiale du commerce.

La question des *droits et options* recouvre les capacités politiques et scientifiques des partenaires ainsi que la gestion des risques. Les pouvoirs publics, avec des conseils scientifiques, devraient pouvoir décider de façon éclairée. Certains doutent de l'utilité des OGM, d'autres leur font confiance et sont partisans de la protection intellectuelle dont ils bénéficient.

La coexistence de systèmes agraires avec ou sans OGM a été fort discutée. Les zones tampon sont-elles efficaces ? Elles seraient impossibles pour les petits agriculteurs.

La *capacité de gestion* des OGM doit être développée dans les pays du Sud, notamment pour mettre en application et assurer le suivi de protocoles comme celui de Cartagène sur la biodiversité. Les agences de développement nationales ou internationales devraient être attentives aux composantes éthiques, religieuses et culturelles des régions où elles opèrent et conserver un sens autocritique quant à leurs programmes.

Les organisateurs du forum reconnaissent la complexité de leur tâche dans l'élaboration de recommandations à partir des données récoltées. Cette complexité reflète celle de l'intrication des écosystèmes, des agrosystèmes et des anthroposystèmes. Elle requiert que les obligations de l'ensemble des parties prenantes aux activités agricoles soient précises, tant pour les gouvernements que pour les firmes privées et pour les acteurs de terrain. Un

énorme transfert de biopouvoir a lieu actuellement en agriculture. Il ne faudrait pas que la loi du plus fort s'impose sans autre forme de procès aux dépens des intérêts du grand nombre de ceux qui tirent leur nourriture ou leur revenu de l'exploitation de la biosphère ■

JS

Biofutur 2001 ; 215 : 8.
Nature Biotechnology 2001 ; 19 : 1000.
Biotechnology and Development Monitor 2001 ; 48 : 2-5, 13-4, 22-3.
LEISA 2001 ; 17 : 4-8, 36.

■ DU PRINCIPE DE PRÉCAUTION AU PRINCIPE DE TRANQUILLITÉ

Depuis longtemps déjà, les expériences et les applications de la biologie sont encadrées par des réglementations diverses qui concernent la biosécurité des expérimentateurs, l'environnement, le bien-être animal et la médecine humaine et, en général, les problèmes éthiques. Les progrès rapides que font actuellement la biologie et les biotechnologies justifient que ces règles soient complétées et adaptées. Dans leur ensemble, ces règles fonctionnent convenablement puisque très peu d'accidents sont à mettre au passif des biotechnologies appliquées à la médecine ou à l'agronomie. On ne peut que constater, toutefois, que le système n'est pas totalement satisfaisant. Les accidents mortels causés lors d'essais de thérapie génique aux États-Unis en sont une preuve tristement éloquente, et ce, d'autant plus que de toute évidence des imprudences ont été commises. L'opinion publique réclame très judicieusement des contrôles tous azimuts pour que toutes les opérations qui comportent des risques ne soient pas laissées au seul jugement des acteurs directement concernés.

Ces tendances ne peuvent qu'apporter une amélioration dans les pratiques quotidiennes des biologistes et des biotechnologistes. Un excès de zèle grandissant menace en réalité de paralyser purement et simplement le système. Les européens se plaignent volontiers de la lourdeur de leurs systèmes de contrôle. Un bref éditorial de la revue *Nature* révèle que ce mal est tout aussi répandu aux États-Unis [1].

Deux commissions sont chargées dans ce pays de surveiller la manière dont les

thérapies émergentes sont évaluées chez l'homme et de préserver le bien-être des animaux expérimentaux. D'autres commissions se surajoutent à ces deux instances de surveillance. Aux États-Unis, plus que dans bien d'autres pays, le soutien financier d'un laboratoire est obtenu pour un projet donné et pour un temps limité. En toute logique, ces projets doivent être examinés pour vérifier que toutes les précautions ont été prises ou évaluer s'ils sont éthiquement acceptables. En toute logique, les seuls dossiers qui devraient être soumis à des commissions sont ceux qui ont franchi la barrière de sélection reposant sur les seuls critères scientifiques. Des commissions trop zélées ont exigé d'évaluer tous les dossiers, soit 80 à 90 % de projets qui ne seront jamais réalisés. En cas de discordance même modérée entre les avis des commissions et les propositions des auteurs d'un projet, le laboratoire peut se trouver contraint de subir un audit par une commission spéciale du National Institute of Health (NIH), ce qui est redoutable car extrêmement contraignant, en ce qui concerne le temps qui doit y être consacré.

Il est d'usage d'évaluer les risques en tenant le plus grand compte des précédents. Cette attitude est sage car l'expérience qui a montré l'innocuité d'une démarche expérimentale vaut beaucoup plus que toutes les analyses, aussi approfondies soient-elles. Ce principe est de plus en plus ignoré et chaque opération, même de routine, doit être examinée par les commissions. Beaucoup de projets sont l'objet d'une collaboration entre plusieurs universités ou instituts. Chaque administration exige de faire l'évaluation du dossier indépendamment, sans prendre soin de communiquer avec des commissions qui ont déjà procédé à l'expertise. La moindre erreur de frappe, ou une présentation non strictement conventionnelle dans un dossier, se traduit par un retour aux auteurs pour mise en conformité. Les commissions se sentent manifestement obligées de trouver systématiquement des défauts à un projet. Nombre de chercheurs qui travaillent sur des micro-organismes sont obligés de suivre des conférences pointues sur la conduite à tenir pour mettre en œuvre de nouvelles thérapies chez des patients. Cela est hautement improbable pour des chercheurs qui n'abordent pas du tout les problèmes de biologie humaine.

De toute évidence, il y a dans ces pratiques un dévoiement croissant du bon

sens. On s'occupe des réglementations qui deviennent une fin en soi mais beaucoup moins des vrais problèmes que sont l'éthique des pratiques, le bien-être animal et la biosécurité sous tous ses aspects. Cette attitude révèle une profonde méconnaissance de la science et de ses applications qui n'exclut pas un authentique désir de bien faire. Elle peut cacher une véritable hostilité non avouée à l'aventure scientifique et ses applications. Il n'est pas exclu que cela traduise une forme de revanche de la part de certains qui s'approprient ainsi à bon compte un pouvoir collectif supposé monopolisé par les chercheurs que la chose intéresse peu en réalité. En rendant tout lisse et sans bavure, quitte à stériliser la recherche, les décideurs, à un plus haut niveau, se croient ainsi protégés. Le principe de précaution s'est ainsi transformé en principe de tranquillité. Bon nombre de chercheurs se retrouvent déboussolés devant tant d'incohérence. Ils redoutent par-dessus tout la paralysie stérilisante. Si la société veut réellement soutenir la science et ses applications tout en respectant les règles éthiques et biosécuritaires, elle doit réviser les pratiques actuelles et y introduire de la rigueur et du simple bon sens ■

Louis-Marie Houdebine

1. Time to cut regulations that protect only regulators. *Nature* 2001 ; 414 : 379.

■ LE NETTOYAGE DES SOLS PAR LES OGM

Beaucoup de sols contiennent des composés chimiques qui interdisent l'agriculture. Ces éléments indésirables sont naturels ou résultent d'activités humaines. Le nettoyage des sols par des moyens physico-chimiques est parfois difficile, voire impossible, et il est coûteux. Une alternative consiste à employer des moyens biologiques. Les micro-organismes sont capables de dégrader bon nombre de composés chimiques et de réduire ainsi leur toxicité. Des sols trop contaminés sont toutefois impropres à permettre l'implantation d'organismes vivants naturels. Des mutants classiques peuvent acquérir une telle propriété. Il en est de même des organismes génétiquement modifiés. Leur implantation pose toutefois des problèmes environnementaux

potentiels et difficiles à évaluer. Certaines plantes ont une capacité naturelle à capter ou détruire certains composants du sol tels que les ions lourds particulièrement toxiques comme le cadmium, le mercure, le plomb ou l'arsenic. Parmi les 25 000 gènes des plantes, beaucoup contrôlent le métabolisme secondaire que l'on sait être très varié chez les végétaux, ce qui leur permet de s'implanter dans des sites divers et de résister à des conditions difficiles.

Des plantes transgéniques ont acquis une plus grande capacité à capter des ions lourds, grâce à des protéines chélatrices, et à détruire des substances toxiques. Des plantes qui ont reçu un gène de cytochrome P450 humain ou provenant d'*Arabidopsis* sont capables de décontaminer les sols contenant du trichloréthylène. Une étude récente a montré que du tabac exprimant le gène de la nitroreductase d'*E. Coli* dégrade le trinitrotoluène des sols. Le TNT, comme on le sait, est un explosif qui a été très utilisé et qui laisse des traces durables. Ce composé chimique est en effet stable et particulièrement toxique [1].

Le nettoyage des sols par les organismes vivants, ou phytoremédiation, paraît donc très séduisant. Ce procédé paraît être une méthode douce et parfois bien efficace en comparaison des méthodes physicochimiques. Il vient réparer les dégâts causés par des activités humaines brutales. Selon les spécialistes, l'avenir de la phytoremédiation paraît intéressant, mais il est limité. Aussi adaptées qu'elles soient, les plantes ainsi modifiées ne sauraient résoudre tous les problèmes. Force est de constater, par ailleurs, que les investisseurs ne se précipitent pas pour développer ce type d'activité qui allie pourtant l'écologie et la haute technicité. Les végétaux transgéniques destinés à la phytoremédiation ont en effet actuellement une valeur marchande infiniment moindre que ceux destinés à l'alimentation [2, 3] ■

LMH

1. Hannink N, Rosser S, French CE, et al. Phytodetoxification of TNT by transgenic plants expressing a bacterial nitroreductase. *Nature biotechnol* 2001 ; 19 : 1168-72.
2. Watanabe ME. Can bioremediation bounce back? *Nature Biotechnol* 2001 ; 19 : 1111-5.
3. Meagher RB. Pink water, green plants, and pink elephants. *Nature Biotechnol* 2001 ; 19 : 1120-1.

LES MOUTONS ATTEINTS DE LA MALADIE DE LA VACHE FOLLE ?

Il est admis que la transmission des maladies à prion se fait mal entre espèces différentes. C'est probablement ce qui sauvera tant de Britanniques qui ont consommé des quantités considérables de viande bovine infectée par le prion. La barrière n'est toutefois pas absolue, et ce, d'autant moins que les espèces sont plus proches. Cela fait craindre que des moutons aient été contaminés par l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB) par l'intermédiaire de farine contaminée. Une telle contamination serait redoutable car elle ferait passer les moutons atteints de scrapie du statut d'inoffensif à celui de viande à risque. Il est en effet difficile de distinguer un mouton atteint d'une scrapie classique d'un mouton atteint d'une maladie à prion provenant de la vache. Il n'est pas simple non plus de reconnaître la protéine PrP devenue pathogène du mouton et de la vache. Des centaines, des milliers, voire des millions, de moutons contaminés par l'ESB sont peut-être dans les élevages européens à l'insu des éleveurs et des consommateurs. Leur consommation comporte donc un risque potentiellement aussi élevé que celui de la consommation de viande bovine, il y a un ou deux ans. Si le cheptel ovin britannique était contaminé, il faudrait, selon certains, l'éliminer dans sa totalité pour éradiquer véritablement la maladie et éviter aux consommateurs d'être infectés. Ce scénario catastrophique peut être édulcoré si on arrive à mettre au point un test capable de reconnaître chez un mouton la protéine PrP responsable de la scrapie et celle responsable de l'ESB. Plusieurs tests fondés sur l'utilisation d'anticorps reconnaissant spécifiquement l'une ou l'autre de ces protéines commencent à fournir des données fiables et à laisser envisager un dépistage à grande échelle. Les premiers résultats sont loin d'être rassurants, même s'ils portent sur un petit nombre d'animaux. Il faut s'attendre à une élimination massive de moutons dans l'Union européenne et peut-être à un accroissement du nombre de personnes atteintes de la maladie de Creutzfeldt-Jakob dans la version qui a émergé après la contamination massive de vaches folles [1]. Une fausse alerte avait laissé croire que le cerveau de nombreux moutons étaient contaminés par une forme de prion de type ESB bien

caractérisée. Ces résultats particulièrement inquiétants étaient erronés car ils provenaient d'une substitution intempestive de cerveaux de vaches et de moutons dans les stocks de tissus congelés. La trêve pourrait bien n'être que de courte durée ■

LMH

1. Butler D. A wolf in sheep's clothing. *Nature* 2001 ; 414 : 576-7.

LA SURPRISE DU COTON BT EN INDE

Le coton transgénique résistant à la pyrale grâce au gène d'une toxine du *Bacillus thurengiensis* (Bt) n'est pas autorisé en Inde. Les hésitations des autorités réglementaires sont celles que l'on trouve ailleurs, notamment dans l'Union européenne. Certains ne sont pas convaincus de l'avantage que présente cette variété ou craignent des effets alimentaires et environnementaux.

Dans un des États de l'Inde un fait étrange a retenu l'attention. Environ 11 000 hectares de coton étaient particulièrement florissants et résistants aux insectes. Un examen a révélé que ce coton était une des variétés Bt semée illégalement. Ce résultat obtenu en aveugle a convaincu et les agriculteurs demandent que l'on autorise la culture du coton Bt. Cela paraît d'une certaine manière sage si l'on veut éviter un marché noir de la semence. Selon certains observateurs, cette épisode qui n'est peut-être pas complètement le fait du hasard a fait plus en faveur de l'exploitation des OGM que de multiples débats, discours, et expertises en tout genre [1].

LMH

1. Jayaraman KS. Illegal Bt cotton in India haunts regulators. *Nature Biotechnol* 2001 ; 19 : 1090.

LA SÉCURITÉ DES OGM DANS L'UE ET AUX USA

Après plusieurs années de culture et d'évaluation des OGM agro-alimentaires, les deux grands pôles économiques de la planète font le point. Aux USA, l'EPA (Environnement Protection Agen-

cy) renouvelle son autorisation de cultiver le maïs Bt et le coton Bt pour une période de 6 et 8 ans, respectivement. Cette décision est prise après avoir constaté les bienfaits qu'apportent ces cultures et notamment la réduction de l'utilisation des pesticides et l'absence d'effets néfastes, en particulier le fait que la pyrale résistante à la toxine Bt n'est toujours pas en vue et que la faune sauvage ne paraît aucunement souffrir de ces cultures [1].

De son côté, l'UE lève ses réticences de principe sur la culture de certains OGM après les nombreuses études qui ont été réalisées. L'UE considère que son action dans ce domaine est très largement méconnue. En effet, 70 millions d'euros ont été dépensés pour évaluer les risques de la culture des OGM. Ces études comportaient 81 projets et concernaient 400 projets industriels. L'UE plaide coupable en constatant que son action n'a pas fait l'objet d'une publicité suffisante. Elle s'apprête donc à lancer des débats pour faire connaître les résultats des études qui conduisent à tempérer les craintes que cause encore l'exploitation des OGM [2] ■

LMH

1. EPA issues Bt crop renewals. *Nature Biotechnol* 2001 ; 19 : 1096.
2. Safety of GMOs reaffirmed by EU. *Nature Biotechnol* 2001 ; 19 : 1095.

LES PREMIERS REPLACEMENTS DE GÈNE CHEZ LE PORC

Le remplacement précis de gène par recombinaison homologue est une opération de routine chez la souris depuis plus de dix ans. La méthode comprend plusieurs étapes : le remplacement de gène dans des cellules pluripotentes (dites cellules ES (pour embryonnaires souches)), la formation de souris chimères par implantation de ces cellules dans des embryons précoces, le développement de lignées homozygotes.

Cette méthode est encore limitée à la souris car des lignées de cellules ES n'ont pas pu être établies chez d'autres espèces. La technique de clonage a donc été mise en œuvre pour contourner cette difficulté. Elle consiste à procéder au remplace-

ment de gène dans des cellules somatiques (en pratique, des fibroblastes fœtaux), dont les noyaux sont ensuite transférés dans le cytoplasme d'ovocytes énucléés. Cette méthode laborieuse a été couronnée de succès deux fois chez le mouton et une fois chez la souris. Elle a également échoué deux fois chez le mouton, le problème venant clairement non de la recombinaison homologue mais de la capacité des cellules à engendrer des clones après avoir été cultivées plusieurs semaines, le temps nécessaire pour sélectionner les cellules dans lesquelles la modification génétique a eu lieu.

Deux équipes ont simultanément réussi l'opération chez le porc [1, 2]. Dans les deux cas, le but visé était d'inactiver le gène de la α -1,3-galactosyltransférase qui synthétise des groupements glycidiques qui sont associés à des protéines de surface des cellules de porc. Ces structures constituent l'antigène majeur qui induit le rejet des greffons de porc chez l'homme. Ces animaux sont donc actuellement les meilleurs candidats pour des xéno greffes. Ces expériences sont clairement du domaine médical et n'ont pas de rapport direct avec l'élevage. Ces succès, encore difficiles à obtenir, sont autant d'avancées techniques vers un remplacement d'allèles chez les animaux d'élevage. Cette approche technique permettrait d'obtenir des lignées d'animaux ayant les allèles les plus intéressants, en ne modifiant rien d'autre dans les génomes. Il paraît de plus en plus probable que cette chirurgie fine des gènes va commencer à devenir l'un des modes de sélection au cours de la décennie qui commence ■

LMH

1. *PPL Therapeutics* (résultats non publiés).
2. Lai L, Kolber-Simonds D, K-W Park, et al. Production of α -1,3-galactosyltransferase Knockout Pigs by nuclear transfer cloning. *Science* 2002 ; 1126 : 1-10 (in press).

LE TRANSFERT DE GÈNE VIA LES CELLULES SOUCHES DE SPERMATOZOÏDES

Des travaux réalisés depuis plusieurs années par un spécialiste du testicule ont montré qu'il était possible d'isoler des cellules souches de spermatozoïdes, de les cultiver pendant une courte période de

quelques heures, de les réintroduire dans le testicule d'un animal receveur traité au busulfan pour qu'il perde ses propres cellules souches testiculaires. Ce protocole laisse les meilleurs chances aux cellules souches réimplantées de se multiplier et de donner naissance à des spermatozoïdes fonctionnels. Ces expériences avaient été couronnées de succès, il y a plusieurs années, avec même un aspect assez spectaculaire. Des cellules souches de rat, réimplantées dans un testicule de souris, avaient donné naissance à des spermatozoïdes de rat parfaitement fonctionnels. Cela laissait entrevoir la possibilité non seulement d'étudier les étapes de la maturation des spermatocytes en spermatozoïdes mais également de préparer des spermatozoïdes de géniteurs animaux précieux, voire d'hommes, ayant des problèmes de reproduction.

Ces expériences pionnières en avaient annoncé d'autres qui viennent d'être réalisées. Des cellules souches de spermatozoïdes de souris ont été cultivées pendant quelques heures, le temps de procéder à un transfert de gènes étrangers à l'aide de vecteurs rétroviraux dont l'efficacité est élevée dans des conditions optimisées. Les cellules ainsi génétiquement modifiées, réimplantées dans un testicule adoptif, ont permis aux souris mâles, d'engendrer des souriceaux avec une fréquence très honorable de 4 % [1].

Cette méthode est probablement extrapolable à d'autres espèces, y compris l'homme. Des thérapies géniques germinales pourraient probablement être aussi réalisées si un tel objectif venait à être considéré comme éthiquement acceptable. Encore faut-il prendre en considération le fait que la souris a une petite taille et que peu de cellules souches génétiquement modifiées sont suffisantes pour coloniser un testicule. L'opération serait infiniment plus lourde si elle devait être faite chez la vache ou même le porc. On pourrait sans doute procéder à une maturation des cellules souches bovines ayant reçu un gène étranger dans le testicule de souris et utiliser des spermatozoïdes matures pour réaliser des fécondations *in vitro* d'ovocytes de vache. Il reste à démontrer qu'une telle sophistication serait réellement bénéfique ■

LMH

1. Nagano M, Brinster CJ, Orwning KE, Ryu B-YR, Avarbock M, Brinster RL. Transgenic mice produced by retroviral transduction of male germ-line stem cells. *Proc Natl Acad Sci USA* 2001 ; 98 : 13090-5.

L'INTROGRESSION DE TRANSGÈNES DANS LE MAÏS TRADITIONNEL AU MEXIQUE

Les plantes sélectionnées sont cultivées dans des sites divers avec des chances variées de se croiser avec d'autres lignées préexistantes de la même espèce. Ce phénomène est inévitable et une lignée de plante ne reste pure que si elle a été très soigneusement cultivée de manière à n'avoir aucun contact avec ses congénères. Chaque variété de plante est ainsi contaminée par environ 1 % d'autres variétés. Cela ne change pas significativement les propriétés agronomiques d'une variété et cette petite imperfection est parfaitement admise par la profession. Cela est d'autant plus compréhensible que la contamination d'une variété n'a, sauf exception, aucune raison de s'amplifier. Il se peut toutefois qu'un avantage sélectif finisse par faire émerger un contaminant jusqu'à le rendre important, voire majoritaire. Dans ces conditions, la variété doit tout simplement ne plus être utilisée ou perdre son label.

La dissémination d'une nouvelle variété dans un espace donné est un phénomène peu connu dans le détail. Peu d'études d'envergure ont été menées dans ce domaine. Une des raisons de cet état de fait est qu'il n'est pas aisé de distinguer les contaminants présents à faible bruit. La culture des plantes transgéniques offre de nouveaux outils pour suivre l'introgression d'une variété dans un biotope donné. Il est en effet aisé, par l'amplification des transgènes (PCR), de suivre l'implantation d'une nouvelle variété. Il est également possible par la PCR inverse de séquencer les régions de l'ADN génomique qui flanquent le transgène. Cela permet en principe non seulement de reconnaître précisément une variété transgénique, puisque le ou les sites d'insertion sont caractéristiques de chaque variété, mais aussi d'identifier des remaniements chromosomiques au niveau du transgène. Ces outils ont été mis à contribution pour suivre l'introgression de plusieurs variétés de maïs transgéniques au Mexique. La fréquence et l'intensité de la présence du transgène dans le maïs traditionnel sont clairement fonction du lieu. On retrace ainsi le chemin qu'ont parcouru les transgènes depuis leurs lieux d'implantation originaux. Les transgènes sont fréquemment décelés au voisinage des sites de culture du maïs Bt et ils ne sont pas détectables dans les régions éloignées. Certaines variétés de maïs sont parfaitement reconnaissables par

la séquence des régions flanquant les transgènes. La présence de transgènes s'est avérée, dans certains cas, peu compatible avec le moratoire imposé au Mexique depuis 1998 pour la culture de maïs transgénique. Cette observation peut révéler des pratiques interdites. Il semble que le maïs transgénique soit cultivé à relativement grande échelle malgré le moratoire.

Ces données ne sont, en soi, ni surprenantes ni inquiétantes. Elles ne constituent que le tout début d'un suivi, grâce aux transgènes marqueurs, de l'introgression des gènes d'une variété dans celles qui l'ont précédé. Ces études devraient donner des suggestions sur la meilleure manière de gérer les nouvelles variétés de maïs, qu'il soit conventionnel ou transgénique. Cette approche doit pouvoir être étendue directement à d'autres plantes [1] ■

LMH

1. Quist D, Chapela IH. Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. *Nature* 2001 ; 414 : 541-3.

L'IDENTIFICATION DU GÈNE BOOROOLA D'HYPERPROLIFICITÉ

La race de brebis australienne Booroola est connue pour être hyperprolifique. Le gène responsable a un effet dominant et il était considéré comme unique ou, en tout cas, localisé en un point précis du chromosome 6. L'utilisation de marqueurs génétiques notamment de microsattellites, a permis d'identifier plus précisément la position du gène. Il a ainsi été possible d'identifier le gène et de le séquencer, ce qui a permis de déterminer la mutation qui est responsable de l'hyperprolificité [1]. Ce travail élégant est important à plus d'un titre. La sélection des moutons hyperprolifiques peut désormais se faire à partir de la séquence du gène directement sur son site. Il devient possible d'étudier le mécanisme d'action de ce gène. Cela peut permettre de mieux comprendre certaines formes d'hypofécondité, voire de stérilité, chez l'homme. La connaissance du gène pourrait même contribuer à définir de nouvelles substances contraceptives. Plus prosaïquement, le gène peut être transféré non seulement à des animaux expérimentaux mais également à des animaux domestiques pour tenter d'augmenter leur fécondité. Ce travail constitue un prototype que nous verrons de plus en plus souvent dans le domaine

animal et qui va contribuer à améliorer l'ensemble des productions animales ■

LMH

1. Mulsant P, Lecerf F, Fabre S, et al. Mutation in bone morphogenetic protein receptor-1B is associated with increased ovulation rate in Booroola Mérimos ewes. *Proc Natl Acad Sci USA* 2001 ; 98 : 5104-9.

LES RETOMBÉES ÉCONOMIQUES DES OGM

La rentabilité des OGM est remise en question par ceux qui s'opposent à leur utilisation. Cette question est évidemment importante et en même temps sans grand intérêt. Les variétés obtenues par transgénèse sont comme les autres soumises aux lois du marché et donc condamnées à disparaître rapidement si elles n'apportent pas un avantage aux utilisateurs. L'avantage peut d'ailleurs résider autant dans le confort qu'apporte un OGM à l'agriculteur qui voit sa tâche simplifiée que dans un bénéfice effectif.

Un communiqué d'ISAAA Press fait le point sur cette question [1]. Selon ce document, en 2000, 3,5 millions de petits et gros agriculteurs des pays riches et pauvres cultivaient 44,2 millions d'hectares plantés d'OGM. En 1999, les OGM ont été à l'origine d'un avantage économique de 700 millions de dollars pour les agriculteurs et source d'économies pour les consommateurs, ce qui monte le bénéfice total à 1 milliard de dollars.

Les OGM utilisés actuellement ont permis de réduire notablement l'utilisation de pesticides, dont certains sont dangereux pour les agriculteurs. C'est le cas, notamment, pour la culture du coton. Le maïs Bt résistant à la pyrale contient moins de fumonisine, une mycotoxine cancérigène. Certains OGM offrent plus de souplesse aux agricultures pour les épandages de pesticides et d'herbicides. Les insectes non visés par la toxine Bt du maïs, et le papillon Monarch notamment, ne semblent pas affectés par ces nouvelles variétés. Le nombre d'agriculteurs qui ont adopté la culture des OGM est supposé avoir augmenté de 5 millions en 2001.

Ces données qui méritent d'être confortées avec l'usage sont comparables à celles que l'on observe avec de nouvelles variétés obtenues par sélection classique ■

LMH

1. <http://www.isaaa.org/asaaa3/publications/briefs23.htm>

OGM ET ALIMENTATION (Paris, 17-18 décembre 2001)

Organisé par l'AFSSA (Agence française de sécurité sanitaire des aliments) sur le thème *OGM et alimentation : peut-on évaluer des bénéfices pour la santé?*, ce colloque qui a eu lieu à Paris les 17 et 18 décembre 2001, a rassemblé au moins 300 personnes d'origines diverses (chercheurs, journalistes, membres d'organisations non gouvernementales, personnels des administrations ministérielles, etc.).

Le thème peut paraître banal. Il était en réalité relativement nouveau. Le discours dominant traite en effet des risques des OGM (organismes génétiquement modifiés) mais non des bénéfices, considérant que les industriels qui préparent les OGM vantent suffisamment leurs produits pour qu'il ne soit pas nécessaire d'en rajouter.

La première journée du colloque était réservée aux communications scientifiques faites essentiellement par des chercheurs des instituts publics. Un certain nombre d'informations intéressantes et assez peu connues ont émergé de ces communications.

L'utilisation des pesticides est généralement considérée comme une abomination car ces produits sont considérés comme toxiques et polluants. Il apparaît, en réalité, que les pesticides de synthèse ne sont pas toxiques, en tout cas pas aux concentrations auxquelles ils se retrouvent dans les produits destinés à la consommation humaine. Les pesticides sont à une concentration qui ne dépasse jamais 1 % de la valeur à partir de laquelle une toxicité commence à être observée. La marge de sécurité est donc plantureuse. Cette situation a fait poser la question de savoir si l'utilisation d'OGM permettant de réduire l'épandage de pesticides est aussi justifiée qu'on le prétend. En réalité, les pesticides sont effectivement nuisibles pour ceux qui les utilisent et qui les manipulent en quantités élevées. La réduction de l'emploi des pesticides reste donc un objectif de premier ordre pour protéger non seulement les agriculteurs mais aussi l'environnement.

Une présentation sur les effets des OGM résistants aux pesticides et herbicides a fait apparaître des avantages nets après cinq ans d'utilisation à grande échelle, en

Amérique du Nord, notamment. Les bénéfices sont particulièrement nets pour le coton qui doit être traité avec de multiples épandages de pesticides pour pouvoir se développer dans les conditions traditionnelles. Pour plusieurs plantes, dont le soja et le canola, les variétés OGM résistantes aux herbicides permettent de réduire les épandages d'herbicides. Dans tous ces cas, les OGM permettent une réduction significative des coûts de production, un meilleur revenu pour les agriculteurs et un bénéfice accru pour les semenciers. Les consommateurs n'en tirent qu'un profit très limité.

La betterave doit être traitée par des herbicides (ou bénéficier d'un arrachage mécanique ou manuel de l'herbe) pour pouvoir se développer. La betterave transgénique résistante à un herbicide, le glyphosate, n'est pas autorisée à la mise en culture en raison de sa capacité à se croiser avec une plante sauvage. Des études récentes indiquent que ces croisements sont peu fréquents et ne semblent pas constituer une menace pour l'environnement. La betterave transgénique traitée par le glyphosate est mieux protégée contre les mauvaises herbes, les traitements sont plus simples et le glyphosate ne laisse aucun résidu, contrairement aux herbicides utilisés actuellement avec la plante non transgénique. La betterave résistante au glyphosate paraît donc avoir bien des avantages et très peu d'inconvénients.

La présence de mycotoxines dans les plantes est un véritable problème car certaines de ces toxines sont dangereuses pour l'homme. Des pratiques culturales appropriées peuvent réduire ces taux : des transgènes spécifiquement utilisés à cette fin sont en effet capables de réduire ces taux chez certaines plantes. De manière un peu inattendue, plusieurs plantes résistantes à des ravageurs, dont le maïs Bt, contiennent nettement moins de mycotoxines que leurs homologues non transgéniques. Cela semble être dû non pas aux effets directs de la toxine Bt qui protège le maïs contre la pyrale mais au fait que le maïs Bt est en bien meilleure santé et est beaucoup moins attaqué par des champignons.

L'addition de protéines étrangères dans les plantes *via* la transgénèse peut être responsable de réactions allergènes. Ces effets sont difficiles à prévoir de par la seule structure des protéines. Un arbre de décision permet une approche systé-

matique des problèmes de l'allergénicité des aliments. La capacité d'une protéine à être digérée facilement *in vitro* par des protéases gastriques et intestinales signifie souvent qu'elle est peu allergène. Les protéines, ou des fragments de protéines, sont soumis à des tests d'allergénicité chez des animaux témoins. Les grandes différences individuelles de réaction à un allergène rendent les prévisions difficiles dans ce domaine. Divers programmes de sélection classique ou de sélection par transgénèse visent à réduire les effets allergisants des plantes classiquement consommées.

La composition en acides aminés des plantes consommées par les animaux ou par l'homme peut être optimisée en partie par la sélection, mais encore mieux, plus facilement et plus rapidement, *via* la transgénèse.

La composition des lipides des plantes a un impact reconnu sur la santé humaine. Les acides gras n-3 sont ainsi fortement recommandés pour abaisser les risques cardiovasculaires. Une alimentation délibérément choisie par les consommateurs à partir de produits conventionnels peut améliorer leur sort. Une sélection classique ou *via* la transgénèse peut permettre d'atteindre des taux de lipides protecteurs dans certaines plantes. C'est toutefois un équilibre entre différents lipides qui est nécessaire et non pas seulement le taux absolu de l'un d'entre eux.

La présence de certains micronutriments (vitamines, antioxydants, flavonoïdes, etc.) est reconnue comme bénéfique pour la santé humaine. La transgénèse peut rapidement augmenter la concentration de certains micronutriments. Le riz doré enrichi en vitamine A est un exemple séduisant de ce type d'approche. Une consommation de 200 g de ce riz peut, en principe, suffire à permettre aux enfants en bas âge de moins, ou ne plus, pâtir de déficit en vitamine A qui les rend aveugles ou les condamne à la mort. Plusieurs variétés locales de ce type de riz sont en cours de développement dans plusieurs pays du Sud-Est asiatique. Ce projet a pu prendre cette ampleur à la suite de négociations avantageuses de l'inventeur du riz doré avec les entreprises qui détiennent les principaux brevets sur l'utilisation des plantes transgéniques.

La tonalité dominante de ces présentations est que les OGM peuvent apporter des solutions nouvelles et pertinentes

pour résoudre certains problèmes. Ces techniques apparaissent comme des compléments avantageux aux méthodes classiques ainsi qu'à celles que l'on redécouvre ou perfectionne et qui concernent les pratiques culturales.

La seconde journée du colloque était consacrée aux aspects réglementaires et sociaux qui accompagnent la culture des OGM. Les OGM doivent être traités comme les nouvelles nourritures obtenues par les méthodes conventionnelles. L'équivalence en substance entre une plante génétiquement modifiée et la même plante non modifiée est un critère global dont la précision est limitée non seulement par essence mais aussi par le fait qu'il existe des différences individuelles notables entre les plantes d'une variété donnée. La valeur nutritionnelle d'une plante peut être aisément évaluée. Des tests ont été faits sur des vaches laitières, des porcs et des poulets ainsi que sur quelques lapins pour évaluer les effets biologiques de plusieurs OGM (maïs Bt, soja, colza et betterave résistante à un herbicide). Aucun de ces OGM n'a montré d'effet antinutritionnel. La substitution des plantes conventionnelles par leurs équivalents OGM n'a été accompagnée d'aucune modification pour la croissance des animaux, leur reproduction, la production laitière et la quantité d'œufs produits. La composition du lait et des œufs n'est, par ailleurs, pas modifiée non plus. Aucune trace des protéines codées par les transgènes n'a été détectée chez les animaux et leurs produits. L'ADN de plante n'a été retrouvé qu'à l'état de trace et dans le muscle des poulets seulement. Il s'agissait de fragments d'ADN des chloroplastes, très abondants dans les plantes, et aucunement de transgènes.

Des tests visant à évaluer la toxicité des OGM sont pratiqués sur des rats selon les protocoles classiquement mis en œuvre pour les molécules pharmaceutiques. Des tests d'évaluation de l'allergénicité des OGM sont également pratiqués (voir plus haut). Il n'est pas envisagé de mesurer les effets oncogènes des OGM. L'hypothèse que la consom-

mation d'OGM pourrait entraîner la formation de tumeurs est très peu probable. Les mesures actuellement possibles ne passent par ailleurs pas suffisamment pertinentes pour qu'elles soient justifiées. Ces approches ressemblent, en bien des points, à celles définies depuis longtemps pour l'évaluation des effets indésirables des médicaments. Il est possible et souhaitable de s'inspirer de cette expérience. La mise en place d'une approche systématique reposant sur des arbres de décision est en cours. Cela ne signifie aucunement que les OGM doivent être examinés comme le sont les médicaments. Les risques sont en effet infiniment plus élevés que ceux qui pourraient résulter de la consommation d'un OGM. B. Kouchner, le ministre français de la Santé a toutefois demandé qu'une analyse des OGM soit faite sur la base de ce qui est fait pour les médicaments. Il revient aux experts de déterminer dans quels cas de telles analyses sont justifiées. Les OGM destinés à l'alimentation animale ne paraissent pas appartenir à cette catégorie. Ce ne doit pas être le cas en général pour les OGM : donc aucun élément nouveau n'a pour but d'agir sur le consommateur humain. Les alicaments, qui sont supplémentés en divers composants biologiques, justifient des examens de type clinique, dans certains cas, tout au moins.

Toutes ces évaluations ont un coût et il convient de les limiter à ce qui est réellement pertinent, même s'il est justifié d'examiner les premiers OGM avec plus de détail. En toute logique, un suivi des effets potentiels des OGM devrait accompagner leur consommation. En pratique, une telle évaluation est des plus difficiles. Les effets ne sauraient être mesurables qu'à long terme, voire très long terme. L'épidémiologie analytique dans le domaine de la nutrition humaine est particulièrement délicate tant les comportements individuels sont variés et parfois peu connus des consommateurs eux-mêmes, très moyennement conscients de ce qu'est réellement un aliment. L'évaluation de l'intérêt véritable d'un OGM est une question essen-

tielle à laquelle il n'est pas aisé de répondre. La situation est relativement simple pour les agriculteurs qui voient, ou non, un bénéfice financier ou autre à adopter un OGM. Les effets à long terme sur l'agriculture ne pourront être connus qu'après une culture de plusieurs années à grande ou moyenne échelle.

Les pays développés et ceux qui souffrent de pénuries alimentaires n'ont pas les mêmes besoins en OGM. Un chercheur mexicain a dressé un large tableau des avantages attendus ou déjà réels des OGM dans son pays. La lutte contre les maladies mais également la conquête de terres salées ou acides paraissent entre autres extrêmement souhaitables. Plusieurs pays pauvres commencent à voir un avantage à adopter certains OGM. C'est le cas en Afrique du Sud mais aussi en Amérique latine. Dans ces pays, il semble qu'il existe, à des degrés divers, une véritable contrebande et un marché noir des semences transgéniques. Deux expériences, l'une réalisée en Afrique et l'autre en Inde, visant à impliquer très directement les agriculteurs dans la décision de cultiver des OGM ou non ont été rapportées. Ces tentations sont intéressantes mais leurs conclusions ont paru quelque peu ambiguës. Le refus total des OGM par les petits groupes humains concernés par les expériences paraît trop tranché pour emporter l'adhésion. Il ne correspond pas assez à ce qui se passe plus massivement dans les mêmes pays. Un pays comme l'Inde paraît bien décidé à cultiver des OGM. La législation originale et exemplaire dont vient de se doter ce pays pour protéger ses agriculteurs contre les entreprises semencières est révélatrice du choix qui a été fait.

L'ensemble des communications, des débats et tables rondes du colloque donnait une image complète et objective, autant que faire se peut, de l'évolution de la culture des OGM dans le monde, même si certains opposants et quelques médias n'ont pas su éviter les habituelles prises de position partisanses ■

Louis-Marie Houdebine

Analyses d'ouvrages

Modélisation des agro-écosystèmes et aide à la décision

É. Malézieux, G. Trébuil,
M. Jaeger,
éditeurs scientifiques
Coédition Cirad-Inra, 2001,
447 p.
Coll. Repères,
45 euros

Confrontée à de nouveaux enjeux, l'agronomie évolue vers une prise en compte de plus en plus globale de l'ensemble de l'écosystème. Il s'agit non seulement d'élaborer les bases scientifiques du fonctionnement des agro-écosystèmes, mais aussi de construire de nouvelles méthodes et des outils adaptés pour aider des acteurs multiples à gérer les ressources du milieu, avec des objectifs qui se diversifient, se complètent et parfois même divergent. Ces approches, méthodes et outils doivent intégrer les avancées récentes des sciences agronomiques comme les acquis des sciences humaines, prendre appui sur les mathématiques et sur les progrès rapides de l'informatique et des technologies de l'information. Face à cette complexité croissante, la modélisation jouera un rôle central.

Diagnostiquer et évaluer, conduire et piloter, prendre en compte l'hétérogénéité spatiale, gérer et coordonner, représenter et décider sont autant de démarches possibles pour étayer les choix des acteurs. Ces approches, qui traduisent les multiples facettes de l'aide à la décision et induisent autant de manières différentes de concevoir, d'élaborer et d'utiliser des modèles, ont été retenues pour structurer cet ouvrage en six sections. Du peuplement végétal au champ cultivé, de l'exploitation agricole au territoire, différents types et degrés d'interdisciplinarité sont mis en œuvre, des sciences biophysiques aux sciences de gestion, pour mieux appréhender dynamiques agro-écologiques et socio-économiques.

En s'appuyant sur des situations agricoles concrètes et sur des expériences variées dans des milieux tempérés ou tropicaux, cet ouvrage, qui s'adresse au chercheur et à l'enseignant comme à l'étudiant en sciences agronomiques, contribue à préciser la place de la modélisation dans l'aide à la décision au sein des agro-écosystèmes ■

Politiques d'aide et recherche agricole Bilans et perspectives

M. Dron, M. de Lattre-Gasquet,
éditeurs
Coédition Inra-Cirad, 2001,
270 p.
Coll. Sciences en question
12 euros

Débattre de l'aide et de la recherche en coopération dans le développement agricole des pays du Sud, tel est l'objet de cet ouvrage. Issu de conférences organisées en 1998-1999 à l'initiative de la direction scientifique du Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad), il situe les dynamiques économiques et politiques du développement et traite des recompositions de la coopération internationale et de la recherche à l'heure de la mondialisation.

Les événements du 11 septembre 2001 sont l'occasion pour l'Occident de s'interroger sur les éléments qui, dans sa civilisation, peuvent provoquer le rejet. Ils rappellent la nécessité impérieuse d'une réflexion sur les objectifs du développement.

À sa façon, cet ouvrage y contribue ■

La forêt dans le monde

N. Decourt
L'Harmattan,
5-7, rue de l'École-Polytechnique,
75005 Paris,
2001, 192 p.
16,80 euros

Ce livre décrit les forêts du monde, leur transformation par l'homme et les dangers qui les menacent.

La forêt se caractérise par sa présence ou par son absence d'immenses régions terrestres. À l'état naturel, elle exprime l'influence des facteurs géophysiques, et d'abord celle du climat, mais elle a été profondément modifiée par l'homme. Les grandes civilisations se sont développées à ses dépens, la détruisant par endroits, la transformant toujours. Elle ne couvre plus que 27 % des terres.

La forêt tempérée, celle des régions développées ne régresse plus, mais ses profondes modifications ont bouleversé son aspect original et l'ont considérablement fragilisée. La forêt tropicale continue à régresser de façon inexorable. Il faut prendre conscience de cette régression, de son importance exacte, de ses conséquences et des moyens de l'enrayer.

La forêt joue un rôle important dans l'environnement terrestre et dans le cycle du carbone qui conditionne en partie l'effet de serre et le réchauffement annoncé du climat. La mesure exacte de ce rôle est analysée ici en essayant d'éviter les exagérations.

La passion et l'irrationalité qui caractérisent les opinions sur la forêt trouvent leur source dans l'imaginaire culturel et dans l'inconscient individuel. L'analyse de cet imaginaire et de cet inconscient est tentée dans le dernier chapitre, non pour mettre fin au débat scientifique, mais pour contribuer à éclairer les conditions dans lesquelles il se déroule ■

Les harmonies de la nature à l'épreuve de la biologie Évolution et biodiversité

P.-H. Gouyon
Inra Éditions,
RD 10, 78026 Versailles Cedex,
2001, 96 p.
Coll. Sciences en question
5,95 euros

La croyance dans une nature harmonieuse qui prédominait au XVIII^e siècle a progressivement été mise à mal par les avancées de la biologie. La théorie darwinienne, puis la génétique, et plus tard leur synthèse, ont ainsi mis en évidence le rôle du hasard et des conflits dans les phénomènes évolutifs, au sein des espèces, des individus et même des génomes. La vision actuelle du biologiste est alors bien éloignée de la représentation souvent idéalisée de la nature qui prévaut encore dans la société.

Aujourd'hui, les débats concernant notamment les biotechnologies et la gestion de la planète exigent que scientifiques et citoyens partagent acquis et incertitudes dans les domaines de la génétique, de l'écologie ou de l'éthologie ■

Gènes de résistance aux antibiotiques et plantes transgéniques

L. Clavilier, F. Hervieu,
O. Letodé,
éditeur
Inra Editions,
RD 10, 78026 Versailles Cedex
2001, 206 p.
Coll. Science Updodate
30 euros

Issu d'un séminaire pluridisciplinaire organisé par la Commission du génie biomoléculaire et la Commission du génie génétique, cet ouvrage fait le point des connaissances scientifiques sur les gènes de résistance aux antibiotiques : l'origine de ces gènes, leur maintien dans l'environnement, leur transfert potentiel entre organismes, les processus de sélection, les risques pour la santé humaine et animale liés à leur utilisation dans des plantes génétiquement modifiées. Les experts réunis lors de ce séminaire recommandent d'éviter l'utilisation des

gènes de résistance à un antibiotique employé en médecine humaine et vétérinaire, comme marqueurs dans les organismes génétiquement modifiés. C'est l'un des rares ouvrages scientifiques à faire une synthèse aussi complète sur une question au cœur du débat sur l'utilisation des OGM, notamment dans l'alimentation ■

Un outil de travail incomparable

Les archives de 14 de nos revues disponibles sur abonnement

La possibilité d'acheter des articles « à la carte »

L'usage d'un moteur de recherche performant

Le paiement en ligne sûr, rapide et pratique

www.john-libbey-eurotext.fr

Et gratuitement sur tout le site :

- Pour toutes les revues
Les sommaires
Le résumé de tous les articles
De nombreux articles sélectionnés pour vous
- Le catalogue des livres
Les livres du mois
Une recherche par mot clé et par discipline
Une présentation détaillée des ouvrages
La possibilité de commander et de payer sur le site
- L'actualité
Des centaines de brèves médicales
Les événements du mois
Les livres et nouvelles revues à paraître
Les congrès et expositions

Transplantation hépatique pour cirrhose virale C

Le syndrome d'ischémie oculaire

Actualités

Pour nous contacter : contact@john-libbey-eurotext.fr



ABONNEZ-VOUS AUX CAHIERS/AGRICULTURES

Inclus gratuitement dans votre abonnement : la version Internet

- PAPIER** + **INTERNET (gratuit)**
- 6 numéros par an
 - 5 ans d'archives intégrales
 - Un moteur de recherche couvrant toutes nos publications

Je désire m'abonner pour un an aux Cahiers/Agricultures

à partir du numéro en cours à partir du numéro 1/2002

Conditions

Tarif 2002

6 numéros par an

- Les frais de port sont inclus dans ce tarif.
- Les abonnements individuels (particuliers, étudiants) doivent être payés à l'avance. Leur paiement ne peut émaner d'une institution, d'une société commerciale ou association ; ceux-ci doivent être effectués au nom propre du destinataire.
- Le tarif institutionnel concerne tout abonnement souscrit par une administration, une bibliothèque, une association, une société commerciale ou une industrie de santé.
- Le tarif étudiant est consenti uniquement sur présentation de la photocopie recto-verso de la carte d'étudiant en cours de validité ou d'un justificatif de l'Université. Le tarif étudiant ne fait pas l'objet de l'émission d'une facture (sauf sur demande pour les internes en médecine).
- **Abonnement électronique :** Vous recevrez votre mot de passe par courrier électronique dans les jours qui suivront la réception de ce formulaire d'abonnement.

	Particuliers	Institutions	Étudiants
	Papier + @	Papier + @	Papier + @
France et UE	<input type="checkbox"/> 69 € 450 FF	<input type="checkbox"/> 114 € 750 FF	<input type="checkbox"/> 46 € 300 FF
Afrique, Amérique Latine, Asie du Sud-Est, Liban, Europe Orientale	<input type="checkbox"/> 34 € 225 FF	<input type="checkbox"/> 57 € 375 FF	<input type="checkbox"/> 23 € 150 FF
Autres pays	<input type="checkbox"/> 78 € 510 FF	<input type="checkbox"/> 123 € 810 FF	<input type="checkbox"/> 55 € 360 FF

Vos coordonnées

NOM : Prénom :
 Service/Bibliothèque :
 Adresse :
 Code postal : Ville :
 Pays :
 Téléphone : Fax :
 E-mail (Indispensable pour votre accès électronique) :

- Chercheur** **Étudiant** **Autre**
 Spécialité : Année d'étude : Spécialité :
- Organisme public** **Bibliothèque** **Industrie**

Paiement

Ci-joint mon règlement d'un montant de : €
 par chèque à l'ordre de **Cahiers/Agricultures - Éditions John Libbey Eurotext**
 par carte bancaire :
 Visa Eurocard/Mastercard American Express
 N° Signature :
 Date de validité :
 Je souhaite recevoir une facture acquittée pour ma déclaration de frais professionnels

Bulletin à retourner aux Éditions John Libbey Eurotext



127, avenue de la République - 92120 Montrouge - France
 Tél. : +33 (0)1 46 73 06 60 Fax : +33 (0)1 40 84 09 99
 E-mail : contact@jle.com

Vous pouvez également vous abonner directement sur notre site Internet

www.john-libbey-eurotext.fr

