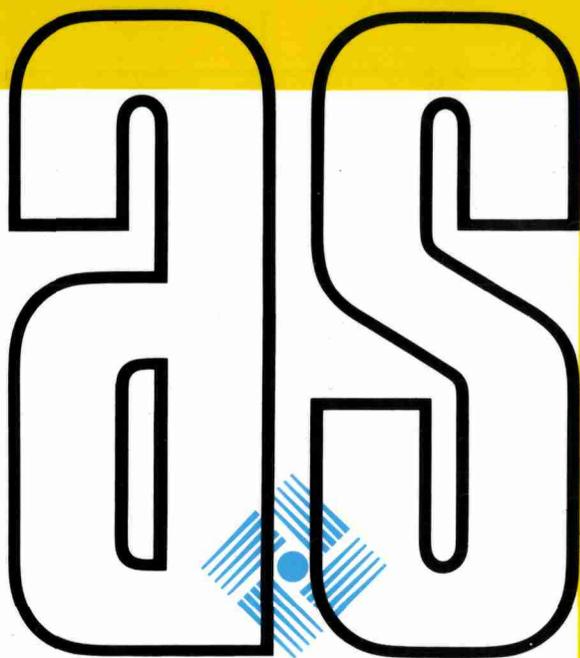


André Kergreis
Jacques Claude

**UTILISATION
RATIONNELLE**
de L'EAU
des
**PETITS
BASSINS
VERSANTS**
en **ZONE
ARIDE**

AUPELF



actualité scientifique

JL John Libbey
EUROTEXT



**UTILISATION RATIONNELLE DE L'EAU
DES PETITS BASSINS VERSANTS
EN ZONE ARIDE**

British Library Cataloguing in Publication Data

Kergreis, André

Utilisation rationnelle de l'eau des petits
bassins versants en zone aride.

1. Hydrology

I. Title

551.49

ISBN 0-86196-315-6

Editions John Libbey Eurotext

6, rue Blanche, 92120 Montrouge,
France

Tél : (1) 47 35 85 52

John Libbey and Company Ltd

13 Smith Yard, Summerley Street,
London SW18 4HR, England

Tél : (81) 947 27 77

John Libbey CIC

Via Spallanzani 11,
00161, Rome, Italy

Tél : (06) 862.289

© 1991, Paris

Il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage — loi du 11 mars 1957 — sans autorisation de l'éditeur ou du Centre Français du Copyright, 6 bis, rue Gabriel-Laumain, 75010 Paris, France.

UTILISATION RATIONNELLE DE L'EAU DES PETITS BASSINS VERSANTS EN ZONE ARIDE

Journées scientifiques du Réseau
« Génie Para-Sécheresse » de l'UREF
organisées avec la collaboration
du Réseau Recherche Résistance à la Sécheresse (R3S)
et de l'Ecole Inter Etats d'Ingénieurs de l'Equipement
Rural (EIER)
EIER, Ouagadougou, 12-15 mars 1990

COORDINATION

André Kergreis

Jacques Claude



Les collections « *Universités francophones* » de l'UREF :

Un instrument nouveau pour consolider l'espace scientifique francophone

L'Université des Réseaux d'Expression Française (l'UREF), a créé un ensemble de collections « Universités francophones » qui sont les instruments nécessaires d'une vie scientifique de qualité dans l'espace scientifique francophone.

Fruit de la collaboration de chercheurs du Nord et du Sud, dans le cadre; notamment, des journées scientifiques et des colloques organisés par les réseaux de recherche partagée de l'UREF, ces « Actualités scientifiques » veulent, en consolidant la coopération scientifique entre tous les partenaires de la francophonie, contribuer à la promotion de la recherche en langue française.

Cette nouvelle collection est complétée par une collection de manuels universitaires et par une collection d'ouvrages scientifiques (« Sciences en marche »).

Professeur Michel Guillou
Délégué Général de l'UREF
Recteur de l'UREF

Sommaire

Liste des auteurs	IX
Avant-propos. <i>A. Kergreis, J. Claude</i>	XIII

Partie I. Bilan hydrologique : données générales et modèles

1. Modélisation des écoulements d'eau dans le milieu naturel : approche déterministe ou stochastique ? <i>M. Vauchin (Grenoble), G. Vachaud (Grenoble)</i>	3
2. Modèle hydrogéologique en zone aride ou semi-aride. <i>A. Dassargues (Liège), A. Monjoie (Liège)</i>	17
3. Le modèle hydrologique CEQUEAU : exemples d'application. <i>G. Morin (Québec)</i>	23

Partie II. Ruissellement-Pluviométrie. Bilan hydrique

4. Caractérisation fractale de la succession des jours pluvieux au Burkina Faso. <i>F. Friggit (Ouagadougou), P. Hubert (Fontainebleau), J.-P. Carbonnel (Paris)</i>	43
5. Le programme Hapex-Sahel. <i>M. Hoepffner (Montpellier), J.-P. Goutorbe (Toulouse), P. Sellers (Etats-Unis), A. Tinga (Niamey)</i>	51
6. La propagation du ruissellement le long d'un versant : nouvelles mesures et perspectives de modélisation. <i>O. Planchon (Montpellier)</i>	59
7. Spécificité des processus du ruissellement en zone sahélienne. Influence des états de surface. <i>A. Casenave (Lomé)</i>	77
8. L'aménagement des conditions du ruissellement sur les pentes cultivées soudano-sahéliennes. Résultats d'une approche triple : enquêtes, expérimentation, modélisation. <i>F. Guillet (Montpellier), J.M. Lamachère (Ouagadougou), J.-L. Sabatier (Montpellier), G. Serpantie (Ouagadougou)</i>	87
9. Recharge artificielle de la nappe des calcaires de Sebikotane par le stockage des eaux de ruissellement. <i>A. Niang (Dakar), P. Curetti (Dakar)</i>	109
10. Recherche de l'aquifère superficiel de la vallée de Baïla (Basse Casamance, Sénégal). <i>R. Malou (Dakar), J. Mudry (Dakar), J.-L. Saos (Dakar)</i>	119

Sommaire

11. **Transfert d'eau en milieu poreux non saturé. Recharge des nappes en climat soudano-sahélien.** *B. Dieng (Ouagadougou), P. Bazie (Ouagadougou), A. Schmitt (Ouagadougou)* 131
12. **Bilan hydrique de la rivière Comoé en amont de Karfiguela au Burkina Faso. Application au dimensionnement d'un barrage réservoir pour l'irrigation.** *E. Eskenazi (Liège)* 139
13. **Bilans hydriques, sur sols latéritiques du plateau Mossi. Etude comparée d'un sol sous culture non labouré et labouré à billons cloisonnés.** *A. Ibrahimia (Ouagadougou), A. Schmitt (Ouagadougou), A. Guillerminet (Ouagadougou), A. Mermoud (Lausanne)*..... 155

Partie III. Erosion et conservation des sols

14. **Valorisation agricole des eaux de ruissellement et lutte contre l'érosion sur champs cultivés en mil en zone soudano-sahélienne, Burkina Faso, province du Yatenga, région de Bidi.** *J.-M. Lamachère (Ouagadougou), G. Serpantie (Ouagadougou)* 165
15. **Quantification de l'érosion à l'exutoire de micro-bassins en zone semi-aride.** *A. Demmak (Alger), M. Ouair (Alger), A. Guedjtal (Alger)* 179

Partie IV. Gestion de l'eau pour l'agriculture et autres utilisations

16. **Les eaux de surface : leur place dans l'alimentation en eau des centres urbains.** *F. Lo (Paris), G. Escourrou (Paris)* 191
17. **Utilisation combinée de l'eau pour la consommation et l'énergie dans les cas de débits non pérennés.** *Y. Zech (Louvain), B. Huberlant (Louvain)* 207
18. **Aspects climatologiques liés aux possibilités d'alimentation en eau potable par collecte des eaux pluviales dans le Nord-Cameroun.** *M.A. Morel (Dakar), J.-P. Laborde (Sophia Antipolis)* 223
19. **Comparaison d'algorithmes de prévision des crues sur le fleuve Sénégal.** *C. Thirriot (Toulouse), S. Sambou (Dakar), J.-P. Lamagat (Dakar)* 237
20. **Avantages et techniques du barrage de régulation.** *P.-J. Martin (Ouagadougou)* 255
21. **Influence du seuil d'épandage sur la végétation naturelle et les perspectives d'utilisation pour la production végétale (vallée de Tamazalak, Aïr, Niger).** *H. Bender (Zurich), J. Bozza (Agadez), I. Ousseini (Niamey)* 267
22. **Gestion d'un barrage anti-sel en basse Casamance (Sénégal).** *J. Albergel (Dakar), D. Brunet (Dakar), G. Dubée (Dakar), J.-P. Montoroi (Dakar), P. Zante (Dakar)* 275
23. **Dégradation des vertisols dans le Nord-Cameroun : modification du régime hydrique des terres et tentatives de réhabilitation.** *L. Seiny Boukar (Maroua), Ch. Floret (Montpellier), H. Moukouri Kuoh (Yaoundé), R. Pontanier (Tunis)* 287

Sommaire

24. Introduction d'un système d'irrigation adapté aux conditions sahéliennes. <i>W. Klemm (Karlsruhe)</i>	295
25. Méthodologie d'analyse de la variabilité spatiale de dispositifs agronomiques. <i>M. Vauclin (Grenoble), J.-L. Chopart (Bouaké)</i>	307
26. Le défi de la formation de techniciens de terrain. <i>N.G. Camphuis (Ouagadougou)</i>	317
27. Apport de la télédétection à l'aménagement des bassins versants par petits ouvrages en Afrique soudano-sahélienne. <i>C. Puech (Montpellier)</i>	323

Liste des auteurs

- Albergel J.** Département des eaux continentales de l'ORSTOM, ORSTOM, BP 1386, Dakar, Sénégal.
- Bazie P.** Ecole Inter-Etats d'ingénieurs de l'équipement rural, BP 03, 7023 Ouagadougou, 03 Burkina Faso.
- Bender H.** EPFZ, IGB-ETH-Honggerberg, 8093 Zurich, Suisse.
- Bozza J.** IRAT-EPFZ, BP 195, Agadez, Niger.
- Brunet D.** Département des eaux continentales, ORSTOM, BP 1386, Dakar, Sénégal.
- Camphuis N.G.** Ecole Inter-Etats des techniciens supérieurs de l'hydraulique et de l'équipement rural (ETSHER), BP 01, 594, Ouagadougou, 01 Burkina Faso.
- Carbonnel J.-P.** CNRS, URA 1367, Laboratoire de géologie appliquée, Université P. et M.-Curie, 4, place Jussieu, 75230 Paris Cedex 05, France.
- Casenave A.** ORSTOM, BP 375, Lomé, Togo.
- Chopart J.-L.** IDESSA/Département des cultures vivrières, BP 635, Bouaké, Côte-d'Ivoire.
- Curetti P.** Direction des études hydrauliques, BP 4021, Dakar, Sénégal.
- Dassargues A.** Faculté des sciences appliquées, Université de Liège, bâtiment B 19, 4000 Liège, Belgique.
- Demmak A.** Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Clairbois, avenue Mohammedi Bir Mourad Rais, Alger, Algérie.
- Dieng B.** Ecole Inter-Etats d'ingénieurs de l'équipement rural, BP 03, 7023 Ouagadougou, 03 Burkina Faso.
- Dubée G.** Département des eaux continentales, ORSTOM, BP 1386, Dakar, Sénégal.
- Escourrou G.** Université de Paris-Sorbonne, Paris, France.
- Eskenazi E.** Université de Liège, quai Banning, 6, 4000 Liège, Belgique.
- Floret Ch.** CEPE/CNRS, BP 5051, 34033, Montpellier, France.
- Friggit F.** Ecole Inter-Etats d'ingénieurs de l'équipement rural (EIER), 03 BP 7023, Ouagadougou 03, Burkina Faso.
- Goutorbe J.-P.** CNRM, 42, avenue G.-Coriolès, 31057, Toulouse, France.
- Guillet F.** Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières, BP 5035, 34032 Montpellier, France.
- Guedjtal A.** Agence Nationale des Ressources hydrauliques, Clairbois, avenue Mohammedi-Bir-Bourad-Rais, Alger, Algérie.

Liste des auteurs

- Guillerminet A.** Ecole Inter-Etats d'ingénieurs de l'équipement rural (EIER), BP 03, 7023 Ouagadougou, 03 Burkina Faso.
- Hoepffner M.** ORSTOM, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex, France.
- Huberlant B.** Université catholique de Louvain, unité de génie civil, place du Levant, 1, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique.
- Hubert P.** CIG, Ecole des Mines de Paris, 35, rue Saint-Honoré, 77305 Fontainebleau, France.
- Ibrahima A.** Ecole Inter-Etats d'ingénieur de l'équipement rural (EIER), BP 03, 7023 Ouagadougou, 03 Burkina Faso.
- Klemm W.** Institut des constructions hydrauliques et du génie rural (IWK), Université de Karlsruhe, Allemagne.
- Lamachère J.-M.** Institut Français de Recherche pour le Développement en Coopération (ORSTOM) BP 01, 182, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Laborde J.-P.** Université de Nice, Faculté de géographie, Sophia Antipolis, France.
- Lamagat J.-P.** ORSTOM, Dakar, Sénégal.
- Lo F.** Université de Paris-Sorbonne, Paris, France.
- Malou R.** Département de géologique, Université Cheikh Anta Diop, Dakar-Fann, Sénégal.
- Morel M.A.** Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.
- Morin G.** INRS-Eau, Université du Québec, CP 7500, Ste-Foy, Québec, G1V 4C7, Canada.
- Montoroi J.-P.** Département des eaux continentales, ORSTOM, BP 1386, Dakar, Sénégal.
- Moukouri Kuoh H.** IRA/CNS, Yaoundé, Cameroun.
- Martin P.J.** EIER, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Mermoud A.** Institut du Génie Rural, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Ecublens, 1015 Lausanne, Suisse.
- Mudry J.** Département de géologique, Université Cheikh Anta Diop, Dakar-Fann, Sénégal.
- Monjoie A.** Faculté des sciences appliquées, Université de Liège, bâtiment B 19, 4000 Liège, Belgique.
- Niang A.** Direction des études hydrauliques, BP 4021, Dakar, Sénégal.
- Ouaar M.** Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Clairbois, avenue Mohammedi-Bir-Mourad-Rais, Alger, Algérie.
- Ousseini I.** Université de Niamey, BP 418, Niamey, Niger.
- Planchon O.** ORSTOM, BP 5045, 34032, Montpellier, France.
- Pontanier R.** ORSTOM, Tunis, Tunisie.
- Puech C.** Laboratoire commun de télédétection, CEMAGREF/ENGREF, BP 5095, 34033 Montpellier Cedex 01, France.
- Sabatier J.-L.** Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières, BP 5035, 34032 Montpellier, France.

Liste des auteurs

- Sambou S.** Faculté des Sciences, Dakar, Sénégal.
- Sellers P.** NASA/GSFC, Greenbelt, MD, Etats-Unis.
- Saos J.-L.** ORSTOM, BP 1386, Dakar-Fann, Sénégal.
- Schmitt A.** Ecole Inter-Etats d'ingénieurs de l'équipement rural, BP 03, 7023 Ouagadougou, 03 Burkina Faso.
- Serpantie G.** Institut Français de Recherche pour le Développement en Coopération (ORSTOM), BP 01, 182 Ouagadougou, Burkina Faso.
- Seiny Boukar L.** IRA/CNS, Maroua, Cameroun.
- Thirriot C.** ENSHEIET, Toulouse, France.
- Tinga A.** Université de Niamey, BP 10662, Niamey, Niger.
- Vauclin M.** Institut de mécanique, Groupe hydrologique (UMR 101), BP 53X, Grenoble Cedex, France.
- Vachaud G.** Institut de mécanique, Groupe hydrologie (UMR 101), BP 53X, Grenoble Cedex, France.
- Zech Y.** Université catholique de Louvain, unité de génie civil, place du Levant, 1, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique.
- Zante P.** Département des eaux continentales, ORSTOM, BP 1386, Dakar, Sénégal.

Avant-propos

Les Journées Scientifiques du Réseau Génie Para-Sécheresse de l'Université des Réseaux d'Expression Française (UREF) organisées à l'Ecole Inter-Etats des Ingénieurs de l'Equipement Rural (EIER) de Ouagadougou avec le soutien du Réseau de Recherches sur la Résistance à la Sécheresse (R 3S) se sont déroulées du 12 au 15 mars 1990.

L'objectif du Réseau Génie Para-Sécheresse est, dans le domaine des « Sciences de l'Ingénieur » et dans un esprit pluridisciplinaire, de mobiliser enseignants, chercheurs, ingénieurs et techniciens de l'aire francophone pour venir en soutien aux pays en développement confrontés à l'aridité, la sécheresse, la désertification.

Trois axes principaux d'intervention ont été retenus :

- l'eau;
- l'énergie;
- l'habitat économique et les matériaux locaux.

Si le choix du thème « eau » va de soi, celui des deux autres thèmes nécessite quelques explications. A la notion de « lutte contre » et donc d'antagonisme, les approches actuelles tendent sinon de substituer du moins d'adjoindre celle de « vivre avec » et donc d'adaptation. Et dans cette optique l'une des nécessités premières est le maintien sur place des populations. Combattre l'exode rural passe nécessairement par l'amélioration des conditions de vie quotidienne des populations dans leur environnement, et le Génie Para-Sécheresse par les volets « énergie » (en particulier énergies renouvelables) et habitat économique et matériaux locaux s'attache plus précisément à :

- réduire la « pénibilité » du travail humain;
- améliorer le « confort » domestique;
- accroître la production et la productivité agricoles.

Le thème « Utilisation rationnelle de l'eau des petits bassins versants en zone aride » retenue pour cette rencontre de Ouagadougou pourrait paraître d'une portée limitée si l'on considère que la ressource en eau maîtrisable et utilisable sur des petits bassins versants ne représente qu'une toute petite fraction du bilan hydrique régional des zones arides sahéliennes et que les écoulements intermittents de ces petits bassins sont très faibles par rapport aux débits véhiculés par les grands fleuves alimentés à partir des massifs soudano-sahéliens.

L'utilisation de cette ressource est cependant fondamentale pour une stratégie de lutte contre la sécheresse, d'abord parce qu'étant rare elle doit être gérée au plus juste, chaque millimètre de pluie ayant son utilité pour la production agricole,

ensuite parce qu'elle est spatialement répartie sur toutes les surfaces agricoles, utilisable sur place sans transferts importants et grâce à de petits aménagements « à portée » du monde rural.

Cette utilisation rationnelle de l'eau est multiforme et demande la compétence de nombreux spécialistes à tous les niveaux d'intervention; il ne s'agit pas simplement d'ingénierie et d'application de modèles ou d'ouvrages types. L'approche pluridisciplinaire et la confrontation des expériences des enseignants, chercheurs, étudiants, professionnels du développement et techniciens de terrain étaient les objectifs principaux de ces Journées Scientifiques de Ouagadougou. La densité des discussions et l'aspect pratique des propositions d'actions qui ont remplacé les traditionnelles recommandations prouvent que ces objectifs ont été atteints.

Une autre ambition de ces Journées était de couvrir toute la filière du cycle de l'eau qui conditionne son utilisation. S'il est en effet impossible à un même spécialiste d'être à la pointe des avancées scientifiques dans tous les domaines, il est indispensable que chacun puisse situer son action et juger de son efficacité dans cette chaîne, qui va de la recherche de base à la mise en œuvre quotidienne sur le terrain de technologies diffusables. La diversité des communications présentées et discutées aura permis d'une part une bonne diffusion des résultats des recherches les plus avancées sur les phénomènes et mécanismes du cycle hydrologique et leur modélisation, d'autre part un questionnement des plus féconds sur les retombées de ces résultats et leur applicabilité dans la conception et la gestion des ouvrages de petite hydraulique et les pratiques agricoles en milieux arides.

Les communications qui sont présentées ici se répartissent en deux catégories :

— les études fondamentales sur les données et leur interprétation (avec une finalité encore lointaine de prédictibilité des phénomènes climatologiques) et sur les mécanismes du bilan hydrologique et des transferts aux interfaces sol-plante-atmosphère conduisant à leur modélisation;

— les études de cas sur des sites aménagés dont les performances et les effets induits ont été suivis et mesurés et qui démontrent tous à des degrés divers que la connaissance de ces mécanismes et l'utilisation des outils conceptuels les plus performants sont indispensables à une bonne mise en pratique des techniques d'utilisation de l'eau en agriculture.

Les échanges entre praticiens de terrain, enseignants et chercheurs du Nord et du Sud, se traduisant par des va-et-vient et des comparaisons entre le laboratoire ou le micro-ordinateur et les réalités du terrain ont donc été une caractéristique de cette rencontre

L'originalité et l'avantage de ces Journées Scientifiques auront bien été de rassembler un large éventail de spécialistes de la filière gestion de l'eau qui ont somme toute très rarement l'occasion de se rencontrer; ils auront pu ainsi mesurer l'écart entre leurs différentes préoccupations et le cloisonnement persistant entre les différents secteurs de la filière (enseignement, recherche, actions de développement, diffusion, vulgarisation) mais ils auront pu discuter des possibilités de réduire ces écarts et cloisonnements par relations multilatérales suivies.

Ainsi ont été évoqués, entre autres, la nécessité de recherches de suivis et d'accompagnement au sein des projets de développement, la possibilité d'intégrer des stages de DEA ou d'ingénieur dans ces projets, l'importance de la formation

Avant-propos

continue à tous les niveaux et le nécessaire recyclage des ingénieurs et techniciens supérieurs après 5 à 10 ans d'expérience professionnelle, la circulation des informations et la diffusion des résultats de la recherche sous une forme accessible aux utilisateurs qui ne se limite pas à des manuels pratiques vite dépassés mais incite à une réflexion sur l'adaptation des techniques à chaque cas d'espèces.

La nécessité d'une collaboration internationale mieux organisée, mieux structurée sachant se mobiliser sur des objectifs définis et reconnus comme prioritaires et la mise en commun des résultats des travaux sont ressorties comme une priorité. Ces Journées ayant été l'occasion d'une collaboration exemplaire entre les réseaux Génie Para-Sécheresse (GPS) de l'UREF et le Réseau de Recherche sur la Résistance à la Sécheresse (R3S) montrent d'évidence qu'il ne s'agit pas là d'une utopie.

Pour une dizaine de communications à ces Journées, aucun document écrit autre que le résumé n'ayant été fourni par les auteurs, elles ne sont pas présentées dans cet ouvrage.

A. Kergreis

Professeur à l'Université Paris XII
Chargé du Réseau Génie Para-Sécheresse

J. Claude

Directeur de Recherche (ORSTOM)
Délégué aux affaires européennes (ORSTOM)
Animateur atelier Bassins Versants (R3S)

