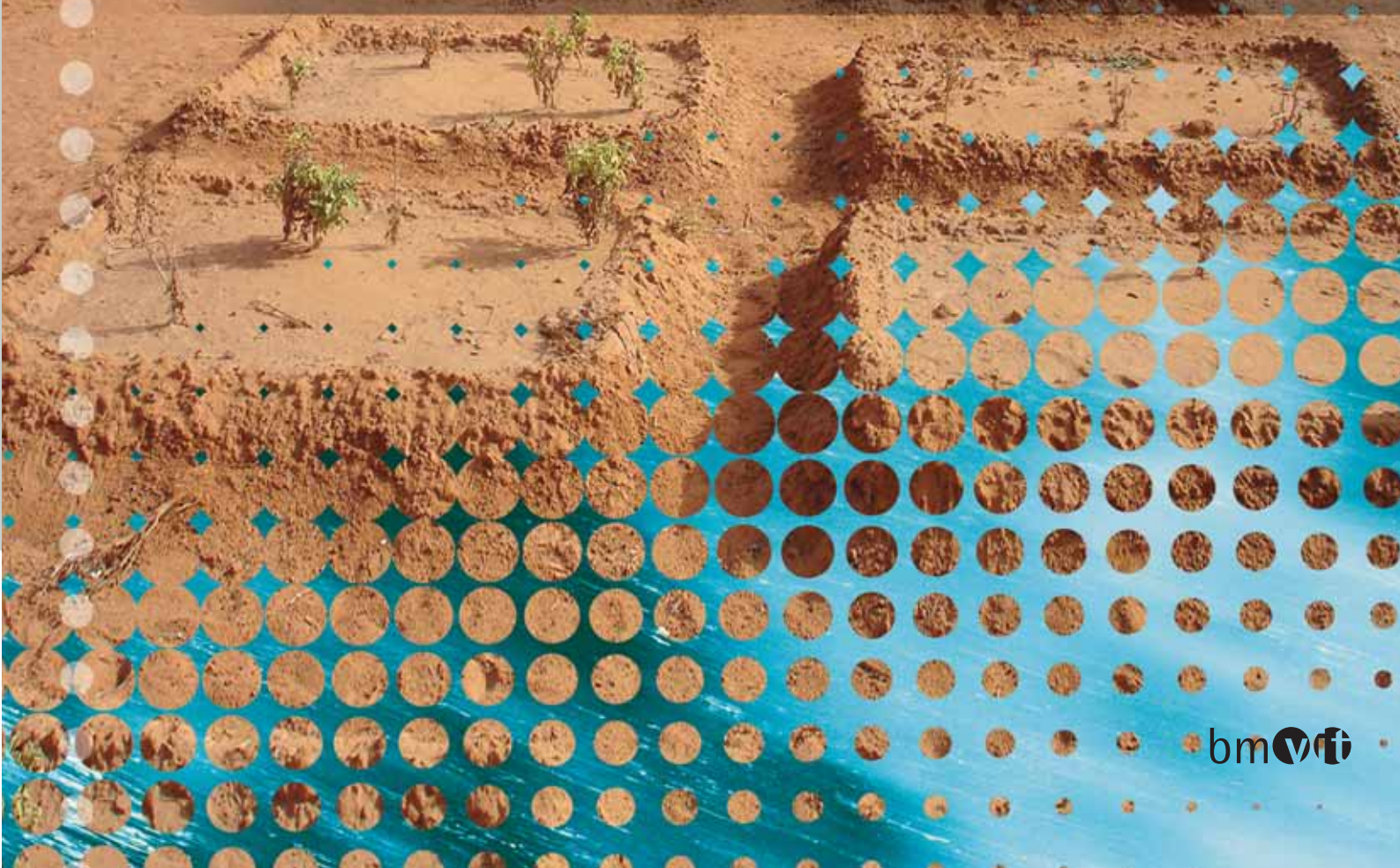




PROJET DU SAHEL

TECHNOLOGIE DU SILICATE POUR L'AMÉLIORATION
DU STOCKAGE DE L'EAU ET DES SUBSTANCES NUTRITIVES
DANS DES SOLS À FAIBLE RENDEMENT.



TECHNOLOGIE DU SILICATE POUR LE STOCKAGE DE L'EAU DANS DES SOLS SABLEUX DU SAHEL

■ Le Sahel correspond à la région qui s'étend le long de la frontière méridionale du Sahara, à travers du continent africain. De l'Ouest à l'Est, il s'étend sur 4000 km environ et sur une largeur de 300 km. Les Etats sahéliens regroupent le Sénégal, la Mauritanie, le Mali, le Burkina-Faso, le Niger, le Tchad et le Soudan. D'après des récentes estimations, quelque 50 millions de personnes vivraient dans cette région.

Les plus grands problèmes du Sahel sont le manque d'eau, à l'aridité, et à la désertification qui ne cesse d'augmenter. Il en résulte des conflits portant sur l'utilisation des ressources et bien souvent la migration. L'agriculture constitue le plus important facteur économique des Etats sahéliens mais c'est dans le Sud du Sahel et en bordure des fleuves

comme le Sénégal que se trouvent les centres de production agricole. Le climat du Sahel est caractérisé par une longue période de sécheresse (de 8 à 10 mois), des températures élevées et de très faibles précipitations annuelles. L'agriculture pluviale dans cette région n'est possible que pendant la période d'août à octobre. L'agriculture irriguée nécessite une irrigation très intensive pendant la période sèche et chaude. L'agriculture s'avère difficile en raison de la faible productivité des sols qui s'exprime par une capacité réduite à emmagasiner de l'eau, une faible teneur en humus et par des quantités extrêmement faibles d'azote, de phosphore et d'autres substances nutritives disponibles. En raison de la progression de la désertification (provoquée par des facteurs climatiques et anthropologiques), les surfaces cultivables diminuent d'année en année.

Tous ces facteurs contribuent à une productivité agricole considérablement réduite dans la région du Sahel. Mais l'augmentation de la population entraîne des besoins alimentaires urgents. Les nouvelles technologies visant à l'amélioration des sols pourraient contribuer à résoudre ces problèmes. Dans le cadre des activités d'«Economie durable» initié par le Ministère fédéral des Transports, de l'Innovation et de Technologie et avec deux projets «FORNE» (FORschung für Nachhaltige Entwicklung) du Ministère Fédéral de l'Education, des Sciences et de la Culture, une vaste initiative inter- et transdisciplinaire de recherche a été réalisée sur ce thème.

Le «**Projet du Sahel**» repose sur une technologie de stockage d'eau basée sur le silicate. L'école fédérale «Versuchsanstalt – TGM», Matériaux de Construction et Technique du Silicate/Vienne a mis au point cette technologie innovatrice dans le cadre de son application pratique et l'a optimisée en procédant à des séries de tests dans des champs



expérimentaux du Sahel du Nord. Les résultats de ces travaux pratiques ont été statistiquement exploités (direction du projet: Prof. Dr. Hugo Hubacek, Dr. Katharina Zwiauer).

Le substrat capable d'emmagasiner de l'eau et des substances nutritives qui a été développé en Autriche est une substance qui améliore les sols et permet d'accroître considérablement les rendements de cultures maraîchères de la région décrite. Le projet a montré que l'apport d'un nouveau substrat de silicate permettait de stocker dans le sol huit fois la quantité d'eau disponible pour les plantes. Il est ainsi possible de pratiquer la culture irriguée avec de faibles quantités d'eau dans les régions décrites comme problématiques.

En dehors des considérations technologiques, le projet avait pour but d'analyser les multiples conditions générales pour l'application de la nouvelle technologie dans la région concernée. Il s'est avéré que les questions ethnologiques et sociologiques ainsi qu'une approche transdisciplinaire et transculturelle constituent des conditions préalables importantes pour la réussite du transfert de technologie.

Pour la recherche et le développement autrichiens, le développement durable et d'avenir représente un thème important. Les aspects à long terme et les aspects généraux y occupent une importance décisive. Le présent projet montre de manière saisissante que la recherche autrichienne et le développement technologique peuvent parfaitement contribuer à résoudre des problèmes dans d'autres zones climatiques. Il a été financé par le ministère fédéral de l'Education, des Sciences et de la Culture ainsi que par le ministère fédéral des Transports, de l'Innovation et de Technologie, dans le cadre de la coopération pour la recherche d'un développement durable.



DÉVELOPPEMENT DE LA TECHNOLOGIE ET RÉSULTATS DES SÉRIES D'ESSAIS

■ L'objectif fixé était de développer un substrat permettant d'emmagasinier de l'eau dans des sols très secs et d'en faire profiter les plantes. De plus, le substrat accroît la capacité de stockage des substances nutritives. Il est ainsi possible d'augmenter considérablement le rendement de sols sableux de faible productivité. Dès le début, la technologie a été développée pour des usages en zones arides mais elle se prête également à d'autres utilisations (p.ex. pour des sols secs en Europe, la viticulture ou l'arboriculture).

LE PRINCIPE D'ACTION

D'un point de vue physique, on peut en général distinguer deux sortes de sol. Les sols sableux sont dans l'incapacité de retenir l'eau mais disposent d'un large volume de porosité aérée. Le sol nécessite une aération suffisante pour la germination, la croissance des racines et les micro-organismes. Les sols argileux et les sols de terre glaise par contre, captent l'eau par capillarité, ce qui entraîne un stockage d'eau important alors que le volume de porosité aérée est très faible dans ce cas. L'objectif du développement technologique était donc de trouver une substance capable d'améliorer le sol qui puisse rétablir un équilibre optimal entre l'eau et l'air dans des sols sableux.

Le substrat de silicate nouvellement développé a une capacité de stockage extrême. Il gonfle à quelque 1000 pour cent de sa masse. L'emmagasiner de

l'eau cependant, ne s'effectue pas par capillarité mais ponctuellement. Cela veut dire que l'eau est retenue par de très petites particules de silicate et qu'elle ne se répartit pas dans le sol par de minces canaux et que le volume d'air reste en grande partie maintenu dans le sol.

Trois forces s'exercent autour des particules de substrat qui retiennent l'eau:

- la force de gravitation (c'est à dire que l'eau a tendance à s'écouler)
- la force électrostatique de la surface des particules (c'est à dire que l'eau adhère à la surface des particules de substrat)
- la force d'aspiration des racines (c'est à dire que l'eau est aspirée par la plante dans chacune de ses cellules).

Les composantes du substrat capteur d'eau se règlent sur le rapport des forces. Lors de son utilisation dans le sol, il ne s'échappe que très peu d'eau du fait que les particules du substrat attirent l'eau. Mais la force d'attraction est dimensionnée de telle manière que la force d'aspiration de la plante est encore suffisamment forte pour capter assez d'eau (part de l'eau disponible pour la plante).

TESTS EN LABORATOIRE

L'efficacité du substrat capteur d'eau a été prouvée non seulement au cours d'essais effectués dans les champs mais aussi dans l'analyse d'échantillons des



Aubergines – culture expérimentale

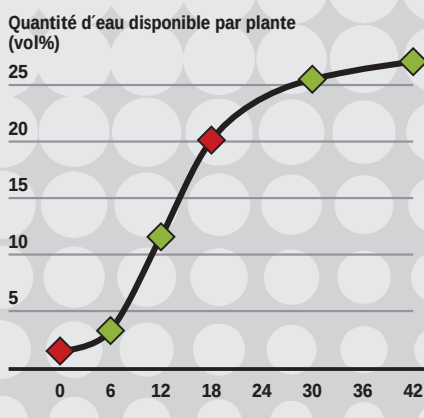
sols de la région. Les essais en laboratoire à l'aide de la valeur »pF« ont pu le confirmer. Lors d'un essai en laboratoire, un substrat de plante expérimentale est saturé d'eau puis soumis à une pression négative (tension d'aspiration). Dans un domaine de pression de 60 à 3000 hPa, le test mesure pour les différentes quantités de poudre de silicate ajoutées au substrat combien d'eau est retirée par la plante. Les tests en laboratoire ont montré que la teneur en eau disponible par plante peut être multipliée par huit par rapport au même substrat sans technologie du silicate.

Le **graphique** montre le rapport de la quantité ajoutée de poudre de silicate à la quantité d'eau dégagée dans ce domaine de pression (le silicate est indiqué en gramme/par litre de substrat de plante). De cette manière, il est possible de calculer pour différentes qualités de sol la quantité de substrat de silicate nécessaire au captage optimal de l'eau par la plante.

RÉSULTATS DES SÉRIES D'ESSAIS

La durée totale du projet était de quatre ans. Pendant cette période, quatre tests s'étalant chacun sur plusieurs mois ont été effectués à deux endroits.

Rapport de la quantité ajoutée de poudre de silicate à la quantité d'eau dégagée



La quantité d'eau disponible par plante est de l'ordre de 2,3 %vol pour un substrat sans poudre de silicate. Après un apport de 18 g de poudre de silicate, la quantité d'eau disponible par plante est de l'ordre de 20,5 %vol.

A cet effet, les investigations portaient sur les questions suivantes:

- Quel effet le substrat stockant l'eau combiné à divers degrés d'irrigation et diverses quantités d'engrais peut-il avoir sur le rendement?
- Comment peut-on éviter des pertes de rendement provoquées par le stress du sel en utilisant la technologie du silicate?
- Pour quelles applications (culture, reboisement, arboriculture) et pour



quelles sortes de plantes le substrat peut-il entrer en ligne de compte?

- Pour quels types de culture l'utilisation du substrat est-elle économiquement viable?
- Dans quelle mesure la culture maraîchère et l'application de la technologie se laissent-elles intégrer dans l'organisation du travail des éleveurs?

Dans le cadre du projet pendant la phase en Autriche, les différents tests de matériaux ont été réalisés aussi bien sous forme de divers substrats porteurs pour diluer le matériel silicatique que des mélanges divers de grains en variantes de tamisage, des tests additionnels ont également permis l'analyse des matériaux de la région du Sahel. Cependant, il y a eu des mouvements de résistance parmi les utilisateurs/trices en raison de la composition granulée du matériel porteur. Ils désapprouvaient l'idée d'ajouter »des pierres« dans le sol. Finalement, une poudre adaptée a été mêlée à du sable dans une certaine proportion et travaillée dans le sol. Cette méthode simple a fait ses preuves en pratique et a été bien acceptée par les utilisateurs/trices.

Lors du choix des plantes expérimentales, il a été tenu compte des souhaits de la population locale ainsi que des effets saisonniers. Quelque 15 différentes sortes de légumes en association avec d'autres plantes ont donc été plantées, p. exemple des tomates, haricots, betteraves, aubergines, du maïs etc. mais aussi des plantes locales comme par exemple le bissap. Les résultats des cultures ont été documentés et statistiquement exploités. Les essais effectués dans les champs ont montré

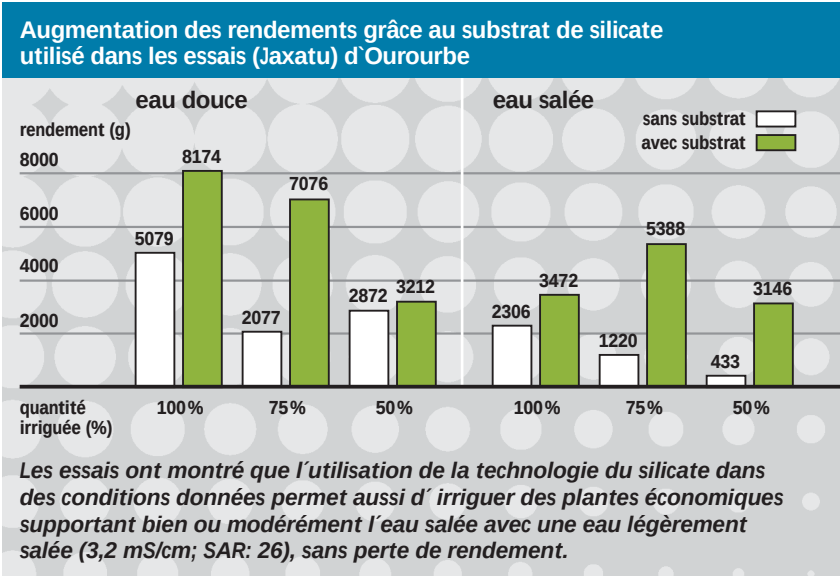
que le substrat capteur d'eau peut être pratiquement utilisé pour toutes sortes de plantes. Les séries d'essais variaient les quantités d'eau d'arrosage, l'utilisation d'engrais, la qualité de l'eau (eau salée et eau douce), les diverses techniques de plantation ainsi que les quantités de substrat de silicate. Les tests effectués dans les groupes de contrôle étaient effectués chaque fois dans les mêmes conditions, mais sans utilisation

à 200 % par rapport au groupe de contrôle. Les résultats obtenus jusqu'à maintenant pour des plantes ligneuses ont montré que le substrat de silicate mène à de forts taux de croissance et que les arbres fruitiers comme l'anacardier atteignent bien plus tôt leur phase de rendement.

De nombreuses analyses du sol ont prouvé que l'utilisation du substrat de silicate améliore non seulement la capacité de l'absorption de l'eau mais aussi celle des substances nutritives.

- La disponibilité de potassium, phosphore et autres sels nutritifs s'améliore nettement.
- Les substances nutritives provenant des engrais sont mieux conservées.
- La capacité d'échange de cations (CEC) s'améliore.

En dehors des questions portant sur l'utilisation de la nouvelle technologie, beaucoup d'autres questions



de substrat de silicate. Les résultats obtenus jusqu'à maintenant ont généralement montré que dans des situations où il faut s'attendre à des pertes de rendement dues au manque d'eau, à la mauvaise qualité de l'eau, au manque de vitalité des plantes et aux problèmes causés par les vents, la nouvelle technologie contribue à des rendements plus élevés. A Ourourbe, par exemple, là où les conditions environnementales sont déplorables, l'utilisation du substrat a permis d'augmenter le rendement des sols de 100

concernant les cultures ont été discutées avec la population des villages. Il y a eu un vif échange d'informations entre les chercheurs/chercheuses et la population portant sur les techniques appropriées de culture. Au cours de ce processus, les participants/participantes du projet ont également pu acquérir sur place de nouvelles compétences comprenant des méthodes plus efficaces de traitement des sols, l'irrigation, les mesures d'amélioration des sols et l'utilisation adéquate d'engrais.

CONDITIONS POUR UNE APPLICATION REUSSI

■ Pour garantir que la population de la région accepte et applique raisonnablement à long terme la nouvelle technologie, il a fallu analyser et prendre en compte les structures sociales spéciales, les structures économiques et culturelles de la région. La population locale devait avoir la possibilité de participer à la planification et il fallait adapter la nouvelle technologie aux besoins spécifiques des personnes concernées pour en obtenir l'acceptation et parvenir au succès à long terme. C'est pour cette raison que le projet a eu pour objectif non seulement d'optimiser la technologie mais aussi d'examiner les questions sociologiques et ethnologiques.

La recherche expérimentale a eu lieu dans deux villages du Nord du Sénégal:

Dans le village de **Mbakhana** situé sur la rive occidentale du fleuve près de saint Louis, une grande partie de la population vit de la culture maraîchère. Dans les jardins familiaux, on produit surtout pour le marché local ou pour ses propres besoins. Les familles et surtout les femmes veulent aussi faire pousser des légumes dans les dunes situées un peu à l'écart du fleuve parce que ces terrains sont situés à proximité du village et sont en comparaison facilement irrigables. Cependant la fertilité de ce sol est très faible, surtout due au fait que les sols n'arrivent pas à emmagasiner l'eau.

A **Ourourbe**, situé en bordure de la zone subdésertique du Ferlo, les chercheurs ont coopéré avec les **femmes nomades**. Dans cette région vivent les Foulbé, groupe ethnique qui vit de la tradition de l'élevage et qui ne disposait jusqu'à maintenant que de peu d'expérience dans l'agriculture. Ferlo est particulièrement marqué par le manque d'eau. La situation, d'autre part, empire du fait de la mauvaise qualité de l'eau de beaucoup de puits. La végétation qu'il y avait à l'origine a disparu en grande partie. Il en résulte que les gens arrivent à peine à nourrir leurs animaux et que les restes de végétation sont particulièrement exposés aux importantes pressions de l'élevage. Ces circonstances ont fait que les femmes désirent acquérir une



seconde source de revenus dans la culture maraîchère. Les deux villages expérimentaux sont caractérisés par une faible productivité agricole. Les problèmes principaux se retrouvent dans la sécheresse, les précipitations variables, les faibles substances nutritives, le vent ainsi que les invasions de parasites. Par une croissance des rendements agricoles, les deux groupes de population pourraient améliorer leurs revenus et la situation nutritionnelle de manière durable.

La coopération avec les participants es du projet d'Ourourbe, a montré que **le principe de propriété collective** est un facteur important qui doit être pris en compte. Les activités de la population se situent dans le cadre de réseaux parentaux aux larges ramifications comprenant également les villages environnants et des membres de la famille habitant à une plus grande distance. Au sein de cette communauté sociale, les personnes se soutiennent mutuellement et partagent toutes les récoltes. Même si cette pratique du partage contredit notre pensée économique, le maintien de cette organisation sociale est absolument nécessaire dans la situation donnée. De même, **les structures hiérarchiques** jouent un rôle important dans chacune des communautés (p.ex. jeunes - vieux, hommes - femmes) étant donné qu'elles sont avant tout significatives pour la prise de décisions et pour l'acceptation de la nouvelle technologie. A Ourourbe d'autre part, il a fallu également prendre

en compte **les déroulements spécifiques et l'organisation quotidienne du travail dans le temps de la population**. Les femmes nomades ont pour la plupart des problèmes à intégrer des nouvelles activités dans leur temps. C'est la raison pour laquelle il a fallu former un groupe qui par la suite a été chargé d'inculquer son savoir aux autres femmes. Ainsi, les femmes qui étaient présentes chaque fois ont pu s'occuper du jardin. Grâce à cette forme d'organisation du travail, un grand nombre de femmes a pu être impliqué dans l'entretien du jardin et a pu ainsi s'identifier à cette nouvelle forme de production tout en conservant leur cycle habituel de transhumance.

A Mbakhana, où presque toutes les familles pratiquent la culture maraîchère, il y a eu **des réticences contre l'utilisation de la nouvelle technologie** au début du projet. Mais par la suite, les nombreuses discussions constructives se sont multipliées et il y a eu un vif échange d'expériences relatives aux diverses techniques de culture. C'est ainsi que l'équipe du projet a obtenu des informations importantes et a pu adapter la technologie aux besoins spécifiques des utilisateurs/utilisatrices. La méthode finalement développée, consistant à mélanger du substrat de silicate avec du sable a été reprise par tous les partenaires du projet.

OUVERTURE DE POTENTIELS D'UTILISATION INTÉRESSANTS

■ Les résultats obtenus jusqu'à maintenant sont largement prometteurs et confirment les nombreuses possibilités d'utilisation dans des zones arides, que ce soit en Afrique, en Inde ou au Proche Orient. Le processus d'optimisation de la technologie est largement achevé. Il donne un substrat facilement utilisable, capable d'emmagasiner de l'eau et des substances nutritives et capable d'autre part d'augmenter les rendements de cultures maraîchères dans des zones arides. En outre, cette technologie du silicate peut servir à augmenter la productivité (taux de croissance plus élevés, phases de rendement plus précoces) des plantes ligneuses, que ce soit pour des reboisements ou des arbres fruitiers. La méthode d'utilisation est très simple, semblable à l'apport d'engrais et peut par conséquent être facilement appliquée par la population locale.

Mais il est également possible d'utiliser ces méthodes en Europe, au Canada ou aux USA dans des zones destinées à une agriculture intensive et concernées par la pénurie d'eau, la dégradation des sols ou par une salinité secondaire des sols.

Une série de tests est prévue dans des champs en raison des résultats très prometteurs dans le domaine »irriga-



tion avec de l'eau saumâtre». Il est absolument important d'apporter une réponse à cette question car la qualité de l'eau ne cesse de se dégrader dans les zones arides et la salinité des sols secondaires s'étend de manière dramatique.

D'autre part, sur la base des résultats disponibles et d'une évaluation en sciences sociales, il est prévu d'intégrer cet essai sur place dans des programmes internationaux en coopération avec des organisations partenaires, par exemple dans ceux de la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) ou dans le programme du »Fonds pour l'Environnement Mondial (GEF)« de la Banque mondiale et de le conduire ainsi à une application avec succès.

PARTENAIRES DU PROJET

Direction du projet

Prof. Dr. Hugo Hubacek,
Dr. Katharina Zwiauer

Équipe du projet

Prof. Dr. Hugo Hubacek,
Dr. Katharina Zwiauer,
DI (FH) Jean-Paul Uwiduhaye

Participants/participant·es du projet

Mbakhana: Doudou Fall, Malik Fall,
Demba Traoré, Moutar N'Diaye
Ourourbe: Amadou Gueye Ba, Amadou Ba,
Raki Ba, Bodjel Ba et beaucoup d'autres
Cheikh Mouhamadou Bamba Ndiaye

Partenaires de coopération

Mamadou Fall, Convention des Associations
Rurales de Mbane et du Waalo (CARAMW)
Dipl.-Ing. (FH) Ronald Jaudas,
Association Baraka
Dr. Martina Gajdos,
Institut d'Africanisme de l'Université de Vienne
Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. W. Gutjahr,
Institut de Statistiques et de systèmes de
support de décision de l'Université de Vienne
Univ.-Prof. Nicolas Diallo (†),
Université de Dakar, Institut d'Agronomie,
Physiologie des plantes et Agro technologie
DI Hans Geisslhofer,
Caritas Innsbruck

Financement du projet

Ce projet de recherche a été financé par le
ministère fédéral de l'Éducation, des Sciences
et de la Culture (bmbwk) ainsi que par le
ministère fédéral des Transports, de l'Inno-
vation et de Technologie (bmvit).

Contacts

Staatliche Versuchsanstalt – TGM,
Baustoffe und Silikattechnik
1200 Wien, Wexstrasse 19-23
vasil@tgm.ac.at

PUBLICATIONS

Le rapport final sur le projet du Sahel paraîtra
dans le numéro 10/2006 de la collection
»rapports de recherche sur l'énergie et
l'environnement« du Ministère fédéral des
Transports, de l'Innovation et de Technologie
(bmvit) et sera en vente dès le mois de mars à:
www.NachhaltigWirtschaften.at

PROJEKTFABRIK

A-1180 Wien, Währinger Straße 121/3
versand@projektfabrik.at

FORSCHUNGSFORUM sur Internet:

www.NachhaltigWirtschaften.at

en allemand et en anglais

Vous trouverez une liste complète de la collection »**rapports de recherche sur l'énergie et l'environnement**« du Ministère fédéral des Transports, de l'Innovation et de Technologie (bmvit) avec possibilité de commande, sur la page d'accueil www.NachhaltigWirtschaften.at

IMPRESSION

FORSCHUNGSFORUM publie les informations concernant les projets sélectionnés du domaine »Economie durable« du Ministère fédéral des Transports, de l'Innovation et de Technologie (bmvit). Propriétaire, éditeur et détenteur des médias: Ministère fédéral des Transports, de l'Innovation et de Technologie, département des technologies de l'énergie et de l'environnement; Direction: Dipl.-Ing. M. Paula; Renngasse 5, A-1010 Wien. Photos et graphiques: M. Gajdos, H. Hubacek, R. Jaudas, Projektfabrik. Rédaction: Projektfabrik, Währingerstrasse 121/3, A-1180 Wien. Layout: Grafik Design Wolfgang Bledl. Imprimé par: AV-Druck, A-1030 Wien, Faradaygasse 6.

► FORSCHUNGSFORUM paraît au moins quatre fois par an, pour un abonnement gratuit, écrire à:
Projektfabrik, A-1180 Wien, Währinger Straße 121/3, versand@projektfabrik.at