



HAL
open science

Effets du sous-solage sur les propriétés physiques et le stock d'eau des sols nus de brousse tigrée de l'Ouest du Niger

Aghali Ingatan Warzagan, Ibrahim Bouzou Moussa, Vandervaere Jean-Pierre, Moussa Malam Abdou, Abdoulaye Boubacar Na-Allah, Descroix Luc

► To cite this version:

Aghali Ingatan Warzagan, Ibrahim Bouzou Moussa, Vandervaere Jean-Pierre, Moussa Malam Abdou, Abdoulaye Boubacar Na-Allah, et al.. Effets du sous-solage sur les propriétés physiques et le stock d'eau des sols nus de brousse tigrée de l'Ouest du Niger. *Territoires, Sociétés et Environnement*, 2023, Défis et perspectives de développement au Sahel : dynamique environnementale, sociale et économique, conjonctures géopolitiques, crises sécuritaires et sanitaires, Volume 1, pp.55-68. hal-04000630

HAL Id: hal-04000630

<https://hal.science/hal-04000630v1>

Submitted on 16 Oct 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License



UNIVERSITE ANDRE SALIFOU DE ZINDER

TSE

Revue scientifique

Territoires, **S**ociétés & **E**nvironnement

**ACTES DU COLLOQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL
EN HOMMAGE AU Pr ANDRE Salifou**

*DEFIS ET PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT AU SAHEL :
Dynamiques environnementale, sociale et économique, conjonctures géopolitiques,
crises sécuritaires et sanitaires*

*CHALLENGES AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT IN THE SAHEL:
Environmental, social and economic dynamics, geopolitical situations, security and
health crises*



Zinder du 28 au 30 Novembre 2022



Numéro Special
Volume 1
Janvier 2023

Presse Universitaire de Zinder
ISSN : 1859 - 5103

UNIVERSITE ANDRE SALIFOU DE ZINDER (NIGER)

Revue scientifique

*T*erritoires, *S*ociétés & *E*nvironnement

TSE

Photo de couverture: Prof. ANDRE Salifou, Crédit photo : Halima Roger/AS/ANP mai 2022

MAQUETTE & PAO: Dr MAMAN WAZIRI MATO Zaneidou, LERTSS/AD, UAM - Niamey

Numéro Spécial: Volume I

ISSN: 1859 - 5103

Janvier 2023

Note aux auteurs

La structure des articles se présente comme suit :

1.1 - Pour un article qui est une contribution théorique et fondamentale : Titre, Prénom et Nom de l'auteur, Institution d'attache, adresse électronique, Résumé en Français, Mots clés, Abstract, Key words, Introduction (justification du thème, problématique, hypothèses/objectifs scientifiques, approche), Développement articulé, Conclusion, Bibliographie.

- Pour un article qui résulte d'une recherche de terrain : Titre, Prénom et Nom de l'auteur, Institution d'attache, adresse électronique, Résumé en Français, Mots clés, Abstract, Key words, Introduction, Méthodologie, Résultats et Discussion, Conclusion, Bibliographie.

1.2 - Les articulations d'un article, à l'exception de l'introduction, de la conclusion, de la bibliographie, doivent être titrées, et numérotées par des chiffres (exemples : 1. , 1.1. ; 1.2 ; 2.; 2.2. ; 2.2.1 ; 2.2.2. ; 3. ; etc.)

1.3 - Les passages cités sont présentés en romain et entre guillemets. Lorsque la phrase citant et la citation dépassent trois lignes, il faut aller à la ligne, pour présenter la citation (interligne 1) en romain et en retrait, en diminuant la taille de police d'un point.

Les références de citation sont intégrées au texte citant, selon les cas, de la façon suivante :

- (Initiale (s) du Prénom ou des Prénoms de l'auteur. Nom de l'Auteur, année de publication, pages citées) ;

- Initiale (s) du Prénom ou des Prénoms de l'auteur. Nom de l'Auteur (année de publication, pages citées) ;

- Lorsqu'il s'agit d'une publication collective : Initiale (s) du Prénom ou des Prénoms du 1^{er} auteur Nom du 1^{er} auteur et *al.(en italique)* ; (année de publication, pages citées) ;

Exemples :

- En effet, le but poursuivi par M. Garba (1998, p. 223), est « d'ouvrir la porte de... ».

- Pour dire que..., I. M. Saley (1991, p. 2) écrit :

Veillez trouver ci-joint l'agenda provisoire du colloque. Il est susceptible de quelques petites modifications notamment en insérant les éventuels omis. Que tous ceux qui ont reçu une lettre d'invitation, après envoi de leur texte complet, vérifient leurs programmations pour les présentations. Si votre nom ne figure pas veuillez nous le signaler rapidement. Pour ceux qui ont manifesté le souhait d'intervenir en ligne un lien leur sera transmis mais leur présentation est fonction de leur inscription en s'acquittant des frais.

- Le directeur a raison, ...Ainsi qu'il le dit :

Les questions des conflits et de mobilité de la population sont aujourd'hui récurrentes en Afrique et à travers le monde. Cet axe propose de faire le diagnostic et de relancer le débat autour des différentes formes de conflits, des migrations et les mécanismes de leur gestion aux échelles locales et sous régionales. (S. Boureima, 1985, p. 105).

1.4 - Les sources historiques, les références d'informations orales et les notes explicatives sont numérotées en série continue et présentées en bas de page.

1.5 - Les divers éléments d'une référence bibliographique sont présentés comme suit :

Nom et Prénom (s) de l'auteur, Année de publication, Zone titre, Lieu de publication, Zone Editeur, pages (p.) occupées par l'article dans la revue ou l'ouvrage collectif.

Dans la zone titre, le titre d'un article est présenté en romain et entre guillemets, celui d'un ouvrage, d'un mémoire ou d'une thèse, d'un rapport, d'une revue ou d'un journal est présenté en italique. Dans la zone Editeur, on indique la Maison d'édition (pour un ouvrage), le Nom et le numéro/volume de la revue (pour un article). Au cas où un ouvrage est une traduction et/ou une réédition, il faut préciser après le titre le nom du traducteur et/ou l'édition (ex : 2nde éd.).

1.6 - Ne sont présentées dans les références bibliographiques que les références des documents cités. Les références bibliographiques sont présentées par ordre alphabétique des noms d'auteur. Les noms de tous les auteurs d'une publication collective doivent figurer (premier auteur et *al*, uniquement pour les citations dans le corps de texte).

UNIVERSITE ANDRE SALIFOU (NIGER)

Faculté de Lettres et Sciences Humaines

Revue « Territoires, Sociétés et Environnement » TSE

Coordonnateur scientifique du Colloque :

Pr WAZIRI MATO Maman, Université Abdou Moumouni de Niamey

Coordonnateur scientifique du Colloque adjoint :

Pr ZOURKALEINI Younoussi, Université André Salifou de Zinder

Membres du comité scientifique : Pr ALI Mahamane, Université de Diffa, Pr SANOUSI Samuila, Université Abdou Momouni, Pr BOUZOU MOUSSA Ibrahim, Université Abdou Momouni ; Pr AMADOU Boureima, Université Abdou Momouni, Pr. YAMBA Boubacar, Université Abdou Moumouni, Pr MOTCHO Kokou Henri, Université Abdou Momouni, Pr BABAGANA ABBA Gambo, Université de Maiduguri; Pr MAHARAZU Yusuf, Bayero Universty of Kano, Pr BOUKPESSI Tchaa, Université de Lomé; Pr KADOUZA Padabô, Université de Kara, Pr OGOUWALE Euloge, Pr YABIIbouraima, Université d'Abomey Calavi, Pr TCHOTSOUA Michel, Université de N'Gaoundéré, Pr DIOP Lamine, Université Cheik Anta Diop, Pr NDOUTORLENGAR Médard, Université de Sarh, Pr HAROUNA Mounkaila, Université Abdou Momouni, Pr YAHAYA Issoufou, Université Abdou Moumouni, Pr MAHAMANE Addo, Université Abdou Moumouni, Pr ZIBO Garba, Université Abdou Moumouni, Pr ABDOULAYE Mahaman Laoualy, Université Abdou Moumouni, Pr MANZOLA Abdou Salam, Université Abdou Moumouni, Dr HABOU Oumarou, MC, Université André Salifou, Dr DJANGRANG Man-na, MC, Université d'Ati, Dr BONKOUNGOU, Joachim, MC, IERA/Burkina, Dr ADAMOU Mahaman Moustapha, MC, Université Abdou Momouni, Dr MALAM ABDU Badé, MC, Université Abdou Moumouni, Dr NAZOU MOU Yahaya, MC, Université Abdou Moumouni, Dr BOUBACAR Moussa, MC, Université Abdou Moumouni, Dr ZANGUINA Adamou, MC, Université Abdou Moumouni, Dr HAMADOU Hassane, MC, Université Abdou Moumouni, Dr IDRISSE Abdou, MC, Université Abdou Moumouni, Dr LAWALI Sitou, MC, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi; Dr YOUSOUFA Issiaka, MC; Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Dr Boubé Morou, MC, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Dr MOUSSA Mahamadou Sani, MC, Université Djibo Hamani de Tahoua, Dr SOULEY Kabirou, MC, Université André Salifou, Dr ILLOU Mahamadou, MC, Université André Salifou, ADAMOU Harissou, MC, Université André Salifou, DICKO Abdourahamane, MC, Université André Salifou, MALAM ABDU Moussa, MC, Université André Salifou, MOUSSA ISSAKA Abdoukader, MC, Université André Salifou, ABBA Bachir, MC, Université André Salifou, MAMADOU Ibrahim, MC, Université André Salifou, MALAM SOULEY Bassirou, MC, Université André Salifou, Dr ADO SALIFOU Arifa Moussa, MC, Université André Salifou, ADAMOU Abdoulaye, MC, Université André Salifou, Dr BARAO Madougou, MC, Université André Salifou, Dr, ADAMOU Harissou, MC, Université André Salifou, Dr ABDOU Harou, MC, Université André Salifou, Dr DILWANI Adamou, MC, Université André Salifou, Dr ZAKARI Mahamadou Mounir, MC, Université André Salifou, Dr OUMAROU Issoufou, MC, Université André Salifou, Dr KIARI FOUGOU Hadiza, MC, Université de Diffa, Dr ABDOURAHAMANE ILLIASSOU Salamatou, MC, Université de Diffa, Dr RABIOU Maman Sani, MC, Université André Salifou, Dr SANI Mamane MC, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Dr MOUSSA DIONGOLE Hassane MC, Université André Salifou.

Comité d'organisation du colloque

Président : Dr SOULEY Kabirou, MC, Université André Salifou de Zinder.

Rapporteur : Dr MAHAMAN MOUSTAPHA Lamine, MA, Université André Salifou de Zinder.

Membres du comité d'organisation : Dr MALAM ABDOU Moussa, MC, Dr MAMADOU Ibrahim, MC, Dr ZAKARI Mahamadou Mounir, MC, Dr MALAM BOUKAR Awa Krou, MA, Dr ALOU Yacoubou, MA, Dr ABDOU Rabiou, MA, M. ABOUBACAR Abdoulaye, Dr MALAM ISSOUFOU Djardaye, A, Dr TCHAGNAOU Akimou, A, Dr GARBA Abdoul Azize, MA, Dr AMADOU MAGAGI Ibrahim, MA, Dr IBRAHIM YAHAYA Salissou, MA, Dr AYODELE ADEBAYO Allagbé, MA, M. MOUSSA Moumouni, M. GAMBO Moutari.



BP : 656 Zinder -
NIGER
Tél : (227) 20510920
www.uas.edu.ne

REPUBLIQUE DU NIGER

Fraternité - Travail - Progrès
**Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche**

Université de Diffa

BP : 78 Diffa - NIGER
Tél : (00227) 20540497
www.univ-diffa.ne

Nota Bene: Les opinions et analyses présentées dans ce numéro n'engagent que leurs auteurs et nullement la rédaction de la revue « Territoires, Sociétés et Environnement » (TSE)

CONTACT

UNIVERSITE ANDRE SALIFOU DE ZINDER (NIGER)

BP: 656 Zinder – NIGER- **Email** : colloqueuas@gmail.com
www.uas.edu.ne

©Copyright : UAS, 2023

Partenaires du colloque scientifique international Hommage au Pr André Salifou



COMITE DE LECTURE

- ✿ Pr. ABDO LAOUALI SERKI Mounkaïla, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ Pr. ALZOUMA MAIYAKI Zoubérou, Université Boubacar Bâ de Tillabéry (Niger)
- ✿ Pr. BOUKPESSI Tcha, Université de Lomé, (Togo)
- ✿ Pr. BOULAMA Kaoum, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ Pr. BOUZOU MOUSSA Ibrahim, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ Pr. ELHADJI OUMAROU Chaïbou, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ Pr. GALY KADIR Abdalkader, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ Pr. ISSA DAOUDA Abdoul Aziz, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ Pr. KADET GAHIE Bertin, Ecole Normale Supérieure d'Abidjan (Côte d'Ivoire)
- ✿ Pr. KADOUZA Padabô, Université de Kara (Togo)
- ✿ Pr. MAHAMANE LAOUALY Abdoulaye; Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ Pr. MAHARAZU Yusuf, Ado Bayero University, Kano (Nigeria)
- ✿ Pr. Mme GOZA Nana Aïcha, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ Pr. WAZIRI MATO Maman, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ Pr. YABI Boureïma, Université d'Abomey Calavi, (Bénin)
- ✿ Pr. ZOURKALEINI Younoussi, Université André Salifou de Zinder (Niger)
- ✿ Dr ABBA Seïdik, Journaliste et Enseignant-chercheur (France)
- ✿ MC. ABBA Bachir, Université André Salifou de Zinder (Niger)
- ✿ MC. ABDOU Harou, Université André Salifou de Zinder (Niger)
- ✿ MC. ABDOU Idrissa, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ MC. ABDOU YONLIHINZA Issa, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ MC. ABDOURAHAMANE ILLIASSOU Salamatou, Université de Diffa (Niger)
- ✿ MC. ABDOURAHAMANE TOURE Amadou, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ MC. ABOUBACAR Zakari, Université André Salifou de Zinder (Niger)
- ✿ MC. ADAMOU Abdoulaye, Université André Salifou de Zinder (Niger)
- ✿ MC. ADAMOU Dilwani, Université André Salifou de Zinder (Niger)
- ✿ MC. ADAMOU MAHAMAN Moustapha, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ MC. ADO SALIFOU Arifa Moussa, Université André Salifou de Zinder (Niger)
- ✿ MC. BARAO Madougou, Université André Salifou de Zinder (Niger)
- ✿ MC. BAHARI IBRAHIM Mahamadou, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ MC. BODE Sambo, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ MC. DJANGRANG Man-na, Université d'Ati (Tchad)
- ✿ MC. DJIBO Hassoumi, Université Boubacar Bâ de Tillabéry (Niger)
- ✿ MC. DJIBO Mamoudou, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ MC. FANGNON Bernard, Université d'Abomey Calavi (Benin)
- ✿ MC. HASSANE Bouba, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ MC. ILLOU Mahamadou, Université André Salifou de Zinder (Niger)
- ✿ MC. ISSA Chaïbou, Université Dan Dicko Dankoulado de Maradi (Niger)
- ✿ MC. KIARI FOUGOU Hadiza, Université de Diffa (Niger)
- ✿ MC. LABO BOUCHE Abdou, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ MC. LAWALI Sitou, Université Dan Dicko Dankoulado de Maradi (Niger)
- ✿ MC. MAHAMAN Alio, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ MC. MALAM ABDOU Moussa, Université André Salifou de Zinder (Niger)
- ✿ MC. MALAM SOULEY Bassirou, Université André Salifou de Zinder (Niger)
- ✿ MC. MAMADOU Ibrahim, Université André Salifou de Zinder (Niger)
- ✿ MC. MATCHI ISSIAKA Issaharou, Université de Diffa (Niger)
- ✿ MC. MOUSSA ISSAKA Abdoukader, Université André Salifou de Zinder (Niger)
- ✿ MC. MOUSSA Mahamadou Sani, Université Djibo Hamani de Tahoua (Niger)
- ✿ MC. OUMAROU Amadou, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ MC. SOULEY Kabirou, Université André Salifou de Zinder (Niger)
- ✿ MC. SOUMANA KINDO Aïssata, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ MC. TAFFA GUISSO Issaka, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ MC. TRAORÉ Porna Idriss, Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan (Côte d'Ivoire)
- ✿ MC. ZAKARI Mahaman Mounir, Université André Salifou de Zinder (Niger)

SOMMAIRE: VOLUME I

UNE REUSSITE AVEC L'ENGAGEMENT DE TOUS ET L'APPUI DE NOS PARTENAIRES _____	11
HABOU Oumarou _____	11
UN THEME FEDERATEUR POUR CINQ AXES DE REFLEXION _____	12
WAZIRI MATO Maman _____	12
LE NIGER DANS LA GEOPOLITIQUE REGIONALE ET INTERNATIONALE _____	13
DJIBO Mamoudou, Ph.D. _____	13
1 - PERCEPTION ET STRATEGIES D'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES CHEZ LES AGROPASTEURS DE LA COMMUNE RURALE DE TENHIYA (NIGER) _____	19
ABBA Bachir ^{(1)*} , HACHIMOU OUSMANE Mansour ⁽¹⁾ , ALI Salé ⁽¹⁾ et WAZIRI MATO Maman ⁽²⁾ _____	19
2 - CLIMATE CHANGE, ECOSYSTEM AND LIVELIHOODS: A SURVEY OF THE PERCEPTIONS OF RURAL PEOPLE IN THE SOKOTO-CLOSED SETTLED ZONE, NORTHWESTERN NIGERIA _____	30
ABUBAKAR MAGAJI Jibrillah (PhD) ^{(1)*} and ISAH Hamisu (PhD) ⁽¹⁾ _____	30
3 - VEGETATION AU SAHEL, REVERDISSEMENT ET EXTINCTION: CAS DE LA COMMUNE DE DJIRATAOUA (NIGER) _____	43
ALI Ado ^{(1)*} , ISSA TOUMBAO Saadou ⁽²⁾ , OUMAROU Manirou ⁽³⁾ , KARIM Saley ⁽²⁾ , Ali MAHAMANE ⁽³⁾ _____	43
4 - EFFETS DU SOUS-SOLAGE SUR LES PROPRIETES PHYSIQUES ET LE STOCK D'EAU DES SOLS NUS DE BROUSSE TIGREE DE L'OUEST DU NIGER _____	55
INGATAN WARZAGAN Aghali ^{(1)*} , BOUZOU MOUSSA Ibrahim ⁽¹⁾ , VANDERVAERE Jean-Pierre ⁽²⁾ , MALAM ABDOU Moussa ⁽³⁾ , BOUBACAR NA-ALLAH Abdoulaye ⁽¹⁾ et DESCROIX Luc ⁽⁴⁾ _____	55
5 - ANALYSE DES STRATEGIES DE RESILIENCE DES POPULATIONS FACE AUX EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LA VALLEE DU GOROUBI (COMMUNE DE TORODI) _____	69
ISSIAKA Haoua ^{(1)*} , KARIMOUNE Salifou ⁽²⁾ et ALZOUMA MAIGA Aissa ⁽³⁾ _____	69
6 - ACCES DES FEMMES AU FONCIER DANS LA COMMUNE URBAINE DE BIRNI N'GAOURE (REGION DE DOSSO) _____	89
HASSANE SALEY Alimatou ⁽¹⁾ et DAMBO Lawali ^{(2)*} _____	89
7 - ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DES SOLS DANS LE NORD-KANEM (CENTRE-OUEST TCHAD) _____	101
ISMAEL ALI Abakar ^{(1)*} , YAMBA Boubacar ⁽²⁾ , SOUGNABE Pabamé ⁽³⁾ _____	101
8 - MISE EN VALEUR DES BAS-FONDS DANS LE CONTEXTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS L'ARRONDISSEMENT DE SAKIN (COMMUNE DE SAVE) AU BENIN (AFRIQUE DE L'OUEST) _____	112
CHABI Ayédèguè Biaou Philippe ^(1,2,4) , WOKOU C. Guy ^(3,4) , ABDOULAYE Djafarou ^(3,5) , HOUNGBO N. Emile ^(1,2) , GBAÏ N. Innocent ^(3,5) , ETENE Cyr Gervais ^(3,4) et YABI Ibouaïma ^(3,4) _____	112
9 - DYNAMIQUE DE L'HABITAT DE LA GIRAFE DE L'AFRIQUE DE L'OUEST (GIRAFFA CAMELOPARDALIS PERALTA, LINNAEUS, 1758) DE 1990 A 2020 AU NIGER _____	126
HAMADOU Oumarou ^{(1)*} , AMADOU OUMANI Abdoulaye ^{(1)*} , MOROU Boubé ⁽¹⁾ et MAHAMANE Ali ⁽²⁾ _____	126

10 - PROBLEMATIQUE DE L'ACCES A LA TERRE DES FEMMES ET DES JEUNES DANS UN CONTEXTE D'EXPLOSION DEMOGRAPHIQUE DANS LE DEPARTEMENT DE MAGARIA AU NIGER	143
<hr/> HAKILOU Laouali ^{(1)*} et WAZIRI MATO Maman ⁽²⁾	<hr/> 143
11 - MIGRATION ET ENJEUX FONCIERS SUR LES TERRES DE VALLEES DANS LES COMMUNES DE SAMBERA ET TANDA (REGION DE DOSSO)	153
<hr/> IBRAHIM Habibou ^{(1)*} , MAMAN Issoufou ⁽¹⁾ , DAMBO Lawali ⁽¹⁾ , IBRAHIM Nouhou ⁽²⁾ et YAMBA Boubacar ⁽¹⁾	<hr/> 153
12 - EVALUATION DE LA QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES ET DE L'ORIGINE DE LA POLLUTION EN IONS FLUORURES ET NITRATES OBSERVÉE DANS LA RÉGION DE ZINDER AU NIGER	165
<hr/> SALIFOU Issa ^{(1,4)*} , MAINA BOUKAR Mamadou Chetima ⁽²⁾ , ADAMOU Zanguina ⁽³⁾ , NATATOU Ibrahim ⁽³⁾ , MAHAMANE Ali ⁽¹⁾ .	<hr/> 165
13 - GEOSPATIAL ANALYSIS OF ECOSYSTEM DISTRESS SYNDROME IN THE WEST AFRICAN SUDANO-SAHELIAN REGION: A CASE OF NORTHWESTERN NIGERIA AND SOUTHWESTERN NIGER REPUBLIC	177
<hr/> ABUBAKAR MAGAJI Jibrillah ^{(1)*} and ADAMU AHMED Saleh ⁽²⁾	<hr/> 177
14 - PERCEPTION PAYSANNE DE LA CULTURE ET CLASSIFICATION DES ECOTYPES DE L'AIL (ALLIUM SATIVUM L.) DANS LA COMMUNE RURALE DE TABELOT (AGADEZ)	186
<hr/> AGBO So Timothée Kouassi ^{(1)*} , ABDOU Rabiou ⁽²⁾ et BAKASSO Yacoubou ⁽³⁾	<hr/> 186
15 - ANALYSE DES DETERMINANTS SOCIO-ENVIRONNEMENTAUX DE LA COUPE ABUSIVE DU BOIS DE LA FORET CLASSEE DE DAN KADA (CENTRE-EST DU NIGER)	196
<hr/> MALAM BOUKAR Awa Krou ^{(1)*}	<hr/> 196
16 - ORIGIN, EVALUATION AND ENVIRONMENTAL CHALLENGES OF LIMESTONE IN KALAMBAINA FORMATION IN NORTH-WESTERN NIGERIA	208
<hr/> KANKARA, I. Aliyu ^{(1)*} , A. Yunusa ⁽²⁾ and ADAGBA Terlumun ⁽³⁾	<hr/> 208
17 - CONTRIBUTION DE L'APICULTURE A L'AMELIORATION DES CONDITIONS DE VIE DES MENAGES DU VILLAGE DE BABOUSSAYE DANS LA COMMUNE RURALE DE KOURE AU NIGER	218
<hr/> NASSIROU MANZO Maman Massaoud ZAKARYA IDI Mahamadou ⁽²⁾ , MAHAMANE ABDOL-KADER Moustapha ⁽¹⁾ , WAZIRI MATO Maman ⁽³⁾	<hr/> 218
18 - EFFETS DE LA DYNAMIQUE URBAINE SUR LE FONCIER AGRICOLE MARAICHER DANS L'ARRONDISSEMENT COMMUNAL NIAMEY 5 (NIGER)	228
<hr/> IDRISSA BONDABA Tayabou ^{(1)*} , DAMBO Lawali ⁽²⁾ et MAMAN WAZIRI MATO Zaneidou ⁽³⁾	<hr/> 228
19 - PARTICIPATION COMMUNAUTAIRES A LA GESTION DURABLE DES TERRES DANS LE TERROIR DE TIENTIERGOU (COMMUNE RURALE DE SAY)	236
<hr/> ABDOU BAGNA Amadou ^{(1)*} , ADJAKPA Théodore Tchékpo ⁽²⁾ , CHEKOU KORE Elhadji Mohamoud ⁽³⁾ et YAMBA Boubacar ⁽⁴⁾	<hr/> 236
20 - UNE NOUVELLE APPROCHE D'INTEGRATION POLITIQUE ET SOCIOECONOMIQUE AU SAHEL	251
<hr/> MALHIEN Abdoukarim ^{(1)*}	<hr/> 251

21 - L'INTEGRATION REGIONALE OUEST AFRICAINE, UNE EXPERIENCE POLITIQUE EN MAL D'IDENTITE	258
ALI Amadou Roufai ^{(1)*}	258
22 - THE INTERSECTION OF AMERICANAH AND POSTCOLONIAL DISCOURSE AND TRANSNATIONALISM	269
ALOU Yacoubou ^{(1)*}	269
23 - LA PROBLEMATIQUE CONTEMPORAINE DE L'EDUCATION EN AFRIQUE: QUELLE ALTERNATIVE EDUCATIVE POUR LA JEUNESSE ACTUELLE ?	284
BARAO Madougou ^{(1)*}	284
24 - LE VEHICULE EL-KURKURA : UN MOYEN DU TRANSPORT EFFICACE DANS LA VILLE DE ZINDER	294
BOUKARY MALAM OUSMANE Mansour ^{(1)*} et ZOURKALEINI Younoussi ⁽²⁾	294
25 - LE DEFI SECURITAIRE AU SAHEL : QUELS ENJEUX POUR NOS ETATS ?	306
DILWANI Adamou ^{(1)*}	306
26 - COMMUNICATION ET PROMOTION DES BONNES PRATIQUES ALIMENTAIRES POUR LES ENFANTS DE 6 A 23 MOIS DANS LA COMMUNE URBAINE DE MIRRIAH, REGION DE ZINDER	315
ELHADJI ABDOU Gambo ^{(1)*}	315
27 - L'AFRIQUE OU LE REFUS VOLONTAIRE DE L'EMERGENCE	321
ELHADJI SANI Gambo ^{(1)*}	321
28 - LES CONSEQUENCES DE L'ECOLE OCCIDENTALE DANS TALIBO, UN ENFANT DU QUARTIER ET LA PARENTHESE DU FLEUVE D'ADAMOU IDE	330
BOULAMA Kaoum ⁽¹⁾ et ASSOUMANE Harouna ^{(2)*}	330
29 - LES CAUSES DES TENSIONS INTERCOMMUNAUTAIRES AU SAHEL CENTRAL. PERSPECTIVE HISTORIQUE	339
HASSIMI Alassane ^{(1)*}	339
30 - PORT DE VOILE DANS L'ESPACE UNIVERSITAIRE DE NIAMEY, ENTRE RELIGIOSITE ET EFFET DE MODE	348
OUMAROU Amadou ^{(1)*}	348
ANNEXES	361

EFFETS DU SOUS-SOLAGE SUR LES PROPRIETES PHYSIQUES ET LE STOCK D'EAU DES SOLS NUS DE BROUSSE TIGREE DE L'OUEST DU NIGER

INGATAN WARZAGAN Aghali^{(1)*}, BOUZOU MOUSSA Ibrahim⁽¹⁾, VANDERVAERE Jean-Pierre⁽²⁾, MALAM ABDOU Moussa⁽³⁾, BOUBACAR NA-ALLAH Abdoulaye⁽¹⁾ et DESCROIX Luc⁽⁴⁾

(1) Université de Niamey, FLSH, Département de géographie, Niger

(2) Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE), UMR 5001 (UGA, IRD, CNRS, G-INP).

(3) Université de Zinder, FLSH, Département de géographie, Niger

(4) UMR PALOC IRD/MNHN/Sorbonne Université, Muséum National d'Histoire Naturelle, 75231 Paris, France

*Auteur correspondant : ingatanaghali@yahoo.fr

Résumé

Dans l'Ouest du Niger, les contraintes climatiques et anthropiques sont à l'origine de la dégradation de la brousse tigrée, formation végétale des revers de plateau. Cette dégradation qui se manifeste à la fois par le rétrécissement des fourrés et l'extension des sols nus perturbe le fonctionnement hydrique naturel de cette formation végétale.

Parmi des nombreuses techniques de CES/DRS utilisées figure le sous-solage qui consiste à remanier le sol afin d'améliorer sa capacité d'infiltration.

Ce travail vise à évaluer les effets de cette technique sur le fonctionnement hydrodynamique des sols nus de brousse tigrée et leur capacité de stockage. Il est effectué sur le site de Tondi Kiboro (Ouest du Niger).

Un aménagement par sous-solage a été réalisé sur ce site à l'aide d'un tracteur travaillant sur une profondeur d'environ 40 cm. Au cours des saisons pluvieuses 2016 et 2017, des mesures quotidiennes de l'humidité du sol ont été effectuées par sondage neutronique. Le même suivi est effectué sur une parcelle témoin.

L'analyse de la variation du stock hydrique met en évidence une nette augmentation de la teneur en eau et une profondeur d'infiltration (150 cm) qui triple par rapport au témoin (50 cm). Les stocks hydriques sont aussi nettement augmentés (240 mm contre 150 mm pour témoin). Les profils d'humidité permettent de chiffrer le gain en profondeur d'infiltration (≈ 100 mm) dû au sous-solage.

Il serait intéressant d'analyser l'aspect économique en lien avec l'efficacité des techniques afin de proposer un outil d'aide à la gestion durable des ressources écosystémiques.

Mots clés : Sud-Ouest du Niger, brousse tigrée, déboisement, aménagement, stock d'eau du sol

EFFECTS OF SUBSOILING ON THE PHYSICAL PROPERTIES AND WATER STORAGE OF BARE SOILS IN THE WESTERN TIGER BUSH OF NIGER

Abstract

In western Niger, climatic and anthropogenic constraints are at the origin of the degradation of the tiger bush, plant formations of the setback plateaus. This degradation which is manifested both by the shrinkage of thickets and the extension of bare soils disturbs the natural water functioning of this plant formation.

Among the many CES/DRS technics used is subsoiling, which involves reworking the soil to improve its infiltration capacity.

This work aims to evaluate the effects of this technique on the hydrodynamic functioning and storage capacity of bare soils in the tiger bush. It is carried out at the Tondi Kiboro site (western Niger).

A management by subsoiling was carried out of this study site using a tractor working on a depth of approximately 40 cm. During the 2016 and 2017 rainy seasons, daily soil moisture measurements were made by neutron sounding. The same monitoring is carried out on a control plot.

The analysis of the variation of the water stock shows a clear increase in the water content and an infiltration depth (150 cm) which triples compared to the control (50 cm). Water storage values are also significantly increased (240 mm against 150 mm for control). The humidity profiles make it possible to quantify the gain in infiltration depth (≈ 100 mm) due to the subsoil.

It would be interesting to analyze the economic aspect in connection with the effectiveness of the techniques in order to propose a tool to help the sustainable management of ecosystem resources.

Key words : South-West Niger, tiger bush, deforestation, management techniques, soil water storage

Introduction

Dans l'Ouest du Niger, les contraintes climatiques et anthropiques sont à l'origine de la dégradation de la brousse tigrée, formation végétale des revers de plateaux. Cette dégradation qui se manifeste à la fois par le rétrécissement des fourrés et l'extension des sols nus perturbe le fonctionnement hydrique naturel de la brousse tigrée (V. Trichon et al., 2018, p. 9 & 10). Les années de déficit pluviométrique marqué de 1968 à 1993 (L. Descroix et al., 2020) ainsi que la surexploitation des ressources végétales en constituent les facteurs explicatifs majeurs. Ceci a eu pour conséquence le développement des vastes espaces encroûtés dont le fonctionnement hydrodynamique a été plus ou moins récemment décrit en zone sédimentaire endoréique (A. Casenave et C. Valentin, 1992, p. 236 ; J-P. Vandervaere et al., 1998 ; L. Descroix et al., 2012, p. 10 & 11 ; L. Descroix et al., 2013, p. 251 & 252 ; Amogu et al., 2015, p. 85 ; M. Malam Abdou, 2014, p. 111 ; M. Malam Abdou et al., 2021). Le développement progressif de l'encroûtement empêche en effet l'eau de s'infiltrer dans le sol et engendre l'accroissement du ruissellement (L. Descroix et al., 2020) et une dynamique hydro-érosive intense (I. Bouzou Moussa et al., 2020, p. 159). Dans ce contexte, l'accentuation du ruissellement sur les plateaux implique donc des risques d'inondation des zones situées en aval occupées par des cultures pluviales et des habitations. Aussi, la baisse de la capacité d'infiltration des sols combinée à la variabilité extrême des pluies (C. M. Taylor et al., 2017, p. 438 ; J. Panthou et al., 2018, p. 3 & 4) provoque la fluctuation interannuelle de stock d'eau, ce qui a pour effet, d'une part, la diminution de la productivité agricole et, d'autre part, le changement de comportement hydrique des sols des bassins versants de la zone à brousse tigrée.

Face à cette situation, de nombreuses techniques de CES/DRS ont été mises en place pour réduire le ruissellement et leur aptitude à éroder les sols déjà fragiles. Dans ce contexte, la connaissance des processus de transfert d'eau du sol est une priorité essentielle. La présente étude qui a été effectuée sur un site expérimental situé au Sud-ouest du Niger vise à évaluer les effets du sous-solage sur les propriétés physiques et le stock d'eau des sols nus de la brousse tigrée.

1. Matériel et méthodes

1.1. Site expérimental de l'étude

Le site de l'étude, situé dans les formations géologiques du bassin sédimentaire des lullemeden de l'Ouest du Niger, est constitué de trois petits bassins versants expérimentaux de Tondi Kiboro (Bassins Versants Nord, Sud et IBM). Le bassin Nord est composé de deux sous bassins : TK amont Nord et TK aval Nord. Le bassin Sud est subdivisé également en deux sous bassins : TK amont Sud et TK Bodo. Quant au TK IBM, la station de jaugeage est située sur sa partie amont. Cette étude a été conduite sur le sous bassin versant TK amont Sud (Figure 1).

Ce site représentatif des caractéristiques climatiques et morfo-pédologiques de paysage de cette région du pays a fait l'objet de nombreuses études se rapportant sur le cycle de l'eau en lien avec la dynamique environnementale.

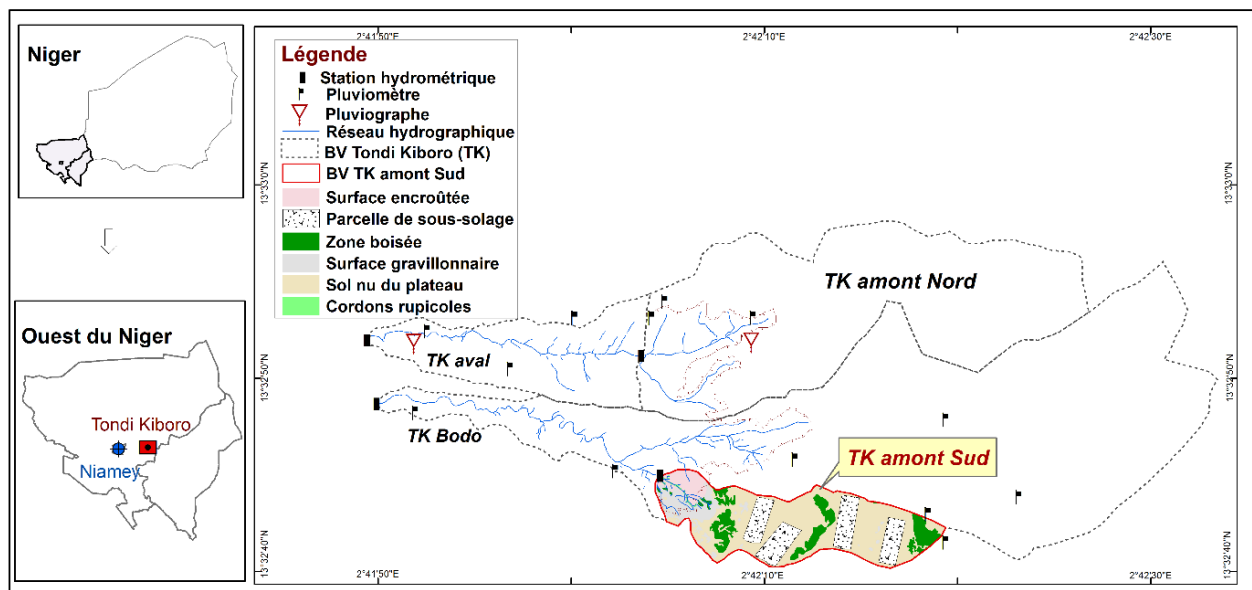


Figure 1. Représentation schématique du site d'étude

1.2. Caractéristiques des unités morfo-pédologiques et leurs occupations

D'un point de vue morfo-pédologique, le paysage se caractérise par un relief tabulaire hérité de fluctuation climatique pendant le Quaternaire. Les unités géomorphologiques qui se distinguent sont les plateaux latéritiques, les glacis sableux et les bas-fonds. Chaque ensemble est caractérisé par un type de sol donné et une végétation spécifique.

Les plateaux, entaillés dans les formations sédimentaires du Continental Terminal (CT), sont constitués de matériaux de grés-argileux et surmontés dans certains secteurs par des cuirasses ferrugineuses datant du Pliocène (M. Monfort, 1997, p. 22). Leur pente de l'ordre de 0,6 % contribue à l'épandage des eaux de ruissellement. Les sols généralement peu évolués, peu profonds et à faciès ferrugineux ont une faible capacité d'infiltration, surtout dans le cas des surfaces encroûtées qui sont dominantes (J-P. Vandervaere et *al.*, 1998). Ces sols sont de type lithosols plus ou moins rubéfiés généralement inférieurs à un mètre. Ils peuvent être parfois recouverts d'un manteau sableux. La végétation des plateaux est de type « brousse tigrée » se caractérisant par une alternance de bandes de végétation arbustive et de larges espaces nus. Les zones boisées, à l'état normal (non dégradé), assurent un fonctionnement hydrique naturellement équilibré du système.

Les plateaux constituent principalement un lieu de pâturage pour les animaux et de prélèvement de bois de chauffe. Leur dégradation est actuellement accentuée par ces activités. Ils se terminent par un talus d'éboulis, zone de forte pente faisant la transition avec les glacis sableux. Ces derniers sont constitués des dépôts éoliens datant du Pléistocène supérieur (M. Monfort, 1997, p. 22). De texture essentiellement sableuse (sables rouges), ils correspondent aux zones où le couvert végétal alterne cultures pluviales, jachère et végétation naturelle de ligneux bas (*Commiphora africana*, *Guiera senegalensis*). La mise en culture des sols du glacis accentue les effets des érosions hydrique et éolienne.

La toposéquence s'achève dans les bas-fonds qui sont des dépressions plus ou moins marquées du paysage. Ils sont constitués de sables à texture fine, pouvant devenir argileuse ou grossière dans l'axe de drainage des eaux de ruissellement (koris). Du fait de la dynamique hydro-érosive active (I. Bouzou Moussa et al., 2011, p. 19), les fonds de vallées sont occupés par de mares collectant les eaux du ruissellement en provenance des versants (L. Seguis et al., 2003, p. 430), ce qui crée des conditions favorables au développement de la végétation qui devient plus dense et variée à l'approche des mares temporaires.

Le paysage de l'Ouest du Niger est caractérisé, dans son ensemble, par des formations végétales constituées en majorité des steppes arborées et arbustives.

Du point de vue hydrologique et climatique, la région à laquelle appartient la zone d'étude est marquée par une mosaïque de petits bassins endoréiques. Le climat est de type semi-aride caractérisé par une courte saison pluvieuse de mai-juin à octobre et une irrégularité spatio-temporelle des pluies.

1.3. La technique d'aménagement par sous-solage du sol

1.3.1. Description et motif du choix de la technique

L'aménagement par sous-solage du sol est une pratique traditionnelle bien connue par les paysans depuis des siècles par ses multiples fonctions supposées positives en termes de restauration des terres dégradées et d'amélioration des conditions hydriques des sols. Ainsi, le sous-solage consiste à effectuer un remaniement plus ou moins profond de la couche superficielle du sol généralement encroûtée. Ce remaniement du sol est fonction de la profondeur d'action de l'outil utilisé. La technique vise à accroître la porosité et améliorer l'infiltration, en plus de réduire l'érosion hydrique. C'est une technique de plus en plus répandue au Niger et qui vise à restaurer les propriétés perdues du sol, et implique un ameublissement des couches de sols encroûtés sous la profondeur de labour, mais sans le retourner.

1.3.2. Protocole de réalisation du sous-solage

Dans le cadre du présent travail, le sous-solage a été réalisé sur la zone contributive (partie amont) du bassin versant TK amont Sud (cf. Figure 1) à l'aide d'un tracteur ordinaire travaillant sur une profondeur comprise entre 30 et 40 cm (Figure 2). L'écartement (largeur) entre les sillons est d'environ 30 cm. L'aménagement a été effectué sur les bandes nues de la bordure du plateau, soit en amont et/ou en aval des bandes boisées, afin d'apporter un supplément d'eau à ces fourrés et permettre éventuellement leur développement.

Il faut noter par ailleurs que cette technique est parfois associée à d'autres techniques mécaniques notamment les banquettes, les demi-lunes ou biologiques comme le paillage. Le sous-solage à l'aide d'un tracteur reste cependant une technique peu pratiquée, du fait principalement de son coût de réalisation élevé et difficile à supporter par les paysans en milieu rural.



Figure 2. Réalisation du sous-solage à l'aide d'un tracteur sur le site d'étude (Ingatan W. A., 2020)

1.4. Dispositif expérimental de mesures

Un dispositif de mesure d'humidité du sol composé des parcelles de sous-solage et d'une parcelle témoin a été mis en place à partir de la saison 2016 sur le site d'étude. Deux parcelles de sous-solage (notées SL1 et SL2) ont été suivies pendant les saisons de pluie 2016 et 2017, chacune comportant cinq tubes en PVC (≈ 50 mm de diamètre) installés jusqu'à 200 cm de profondeur. Sur chaque parcelle, trois tubes (nommés T2, T3 et T4) ont été implantés à l'intérieur de la zone remaniée et deux autres (T1 et T5) se trouvent à l'extérieur de celle-ci à une distance d'environ un mètre en amont et en aval (Figure 3). La partie laissée au-dessus du sol fait 30 cm pour chaque tube et permet de maintenir la sonde lors des mesures. Grâce à des mesures par comptage neutronique tous les 10 cm jusqu'à 130 cm, puis tous les 20 cm jusqu'à 190 cm de profondeur, on obtient des profils hydriques événementiels permettant de quantifier l'apport de chaque pluie en termes de stock d'eau dans le sol. La parcelle témoin, pour sa part, est équipée de trois tubes d'humidité dont le tube T1 en amont, le tube T2 au centre et le tube T3 en aval dans le sens du ruissellement.



Figure 3. Modèle de dispositif, emplacement des parcelles et des tubes de suivi de l'humidité du sol

Ce dispositif de mesures permet d'analyser l'impact du sous-solage par rapport à l'état initial du sol, surface témoin dont le fonctionnement hydrique apparaît limité du fait de l'encroûtement superficiel du sol (C. Peugeot et al., 1997, p. 188 ; J-P. Vandervaere et al., 1998).

1.5. Protocole des mesures des propriétés hydrodynamiques du sol

Un suivi de l'humidité du sol grâce à la sonde à neutrons de type CPN 503 DR hydroprobe a permis d'évaluer l'impact du sous-solage. Cette méthode indirecte présente l'avantage d'être non destructive du milieu et permet de mesurer directement le comptage de neutrons ralentis par les collisions avec les molécules d'eau environnant le point de mesure. La teneur en eau volumique (θ) est alors déterminée indirectement après étalonnage de la sonde grâce à des mesures gravimétriques réalisées dans les parcelles de sous-solage et le témoin. Cela a permis d'obtenir des droites d'étalonnage à 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm et plus. Les corrélations linéaires obtenues sont satisfaisantes ($0,88 < r^2 < 0,91$) et permettent d'estimer avec précision la teneur en eau volumique. Les erreurs commises lors de mesures sur le terrain sont petites. La variance résiduelle $S^2(e)$ sur les droites est aussi faible. Des mesures similaires ont été simultanément réalisées sur un site témoin. Ces mesures *in situ* effectuées avec une fréquence quotidienne (c'est-à-dire avant et après chaque événement pluvieux afin de connaître les états initial et final) permettent de calculer le stock hydrique par intégration verticale, puis la variation de stock (ΔS) provoquée par l'infiltration. Le suivi de l'humidité à l'échelle parcellaire a été réalisé à l'aide de l'EM38.

2. Résultats et discussion

2.1. Présentation des résultats de l'analyse granulométrique des sols

Les résultats de l'analyse granulométrique des sols mettent en évidence une prédominance des sables fins et grossiers sur le plateau et ce, de 10 cm à plus 100 cm de profondeur. Autrement dit, les sols présentent une texture sablo-limoneuse associant parfois des graviers plus ou moins grossiers. Les tableaux 1 et 2 présentent les résultats de l'analyse granulométrique des sols effectuée dans les 20 premiers cm du sol.

Tableau 1. Analyse de pourcentage volumique de texture des sols nus (parcelle témoin)

Profondeur (cm)	Argiles < 2 μm	Limons fins 2 – 20 μm	Limons grossiers 20 – 50 μm	Sables fins 50 – 200 μm	Sables grossiers 200 – 2000 μm
10	4,89	21,92	21,03	32,53	19,67
20	5,26	22,28	22,14	33,40	16,94

Tableau 2. Analyse du pourcentage volumique de texture des sols remaniés (parcelles sous-solées)

Profondeur (cm)	Argiles < 2 μm	Limons fins 2 – 20 μm	Limons grossiers 20 – 50 μm	Sables fins 50 – 200 μm	Sables grossiers 200 – 2000 μm
10	6,42	25,10	20,11	29,93	18,41
20	5,50	23,64	21,94	32,87	16,11

L'interprétation de ces tableaux fait ressortir une faible teneur en argiles (< 7 %) dans toutes les parcelles comme l'ont déjà démontré des études antérieures (D. Courault et *al.*, 1990, p. 602 ; J-M, K. Ambouta, 1994, p. 27 & 28 ; S. Galle et *al.*, 1997, p. 107) ayant obtenu un taux des argiles plus limons

inférieur à 10 % sur les 140 premiers cm du sol. En plus, la proportion des limons fins et grossiers est nettement plus élevée que celle des argiles et ce, dans toutes les parcelles étudiées. Le sous-solage ne modifie pas la granulométrie du sol comme l'ont démontré D. Cote et G. Dupuis (1980, p. 348 à 350). Il a cependant un impact sur la structure des horizons superficiels des sols.

L'examen des résultats obtenus dans les parcelles du sous-solage et sur le témoin révèle que la densité apparente (D_a) varie en moyenne de 1,3 à 1,7 et de 1,4 à 1,7 respectivement pour ces deux types de parcelles. Ce qui met en évidence une assez faible hétérogénéité des sols sur le plateau.

2.2. Impacts du sous-solage sur l'hydrodynamique des sols nus

2.2.1. Comportement hydrique des surfaces aménagées par sous-solage

Le sous-solage consiste à détruire la couche superficielle encroutée du sol pour améliorer sa capacité de rétention d'eau (Figure 4a) alors que sans aménagement l'effet de cet encroustement réduit la conductivité hydraulique et la porosité efficace de la surface du sol (C. Peugeot, 1995, p. 94 ; P. Perez et *al.*, 1999, p. 336 ; M. Malam Abdou et *al.*, 2015, p. 276). La figure 5a montre l'impact remarquable du sous-solage sur l'infiltration et la réduction du ruissellement lors des pluies. Ainsi, grâce au sous-solage, les conditions d'infiltration de surface sont nettement améliorées en provoquant l'humectation de l'horizon de sub-surface (0-5 cm) plus remanié (Figure 4b). De plus, le sous-solage favorise l'aération du sol.

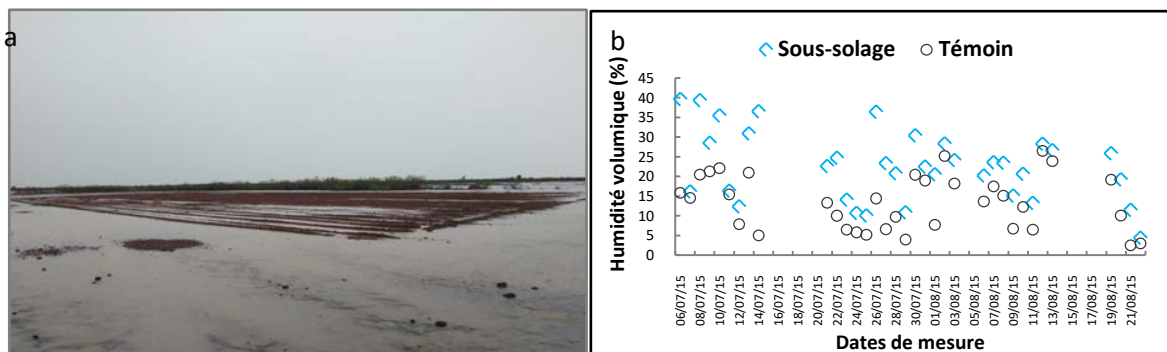


Figure 4. Effet du sous-solage sur l'amélioration des conditions d'humidité volumique de surface (0-5 cm) par rapport au témoin. Les résultats présentés sur cette figure de droite (b) sont obtenus à l'aide de la sonde capacitive itinérante, Delta T SM200.

2.2.2. Impact du sous-solage sur l'évolution de la teneur en eau volumique (θ)

Les figures 5 et 6 montrent la dynamique mensuelle des profils de teneur en eau (θ) et du front d'infiltration des parcelles du sous-solage et d'une surface témoin non aménagée, pour les mois caractéristiques de la répartition des pluies au Sahel (saisons 2016 et 2017). Il s'agit des valeurs maximales de teneur en eau de chacun des mois de la saison pluvieuse. Notons que le mois de juin marque le début de l'installation de la saison pluvieuse tandis que les mois de juillet et août sont les mois où se concentre le maximum des précipitations. Enfin, le mois d'octobre marque la fin de la saison.

L'interprétation des profils hydriques met en évidence une variation plus importante de teneur en eau en surface qu'en profondeur. Pour une raison de clarté, seules les mesures des mois caractéristiques de la distribution temporelle des pluies sur le site d'étude ont été présentées. L'analyse montre que la

teneur en eau maximale s'observe dès le début de la saison pluvieuse, en juin. En effet, les valeurs de teneur en eau dans les dix premiers centimètres du sol sous-solé sont en moyenne deux fois plus élevées que celles mesurées en fin de saison, durant le mois d'octobre. Ce qui montre qu'en fin de saison, on assiste à une décroissance rapide de 34 % en moyenne en août à environ 19 ± 3 % en octobre. De plus, les valeurs de teneur en eau sont moindres en saison 2017 correspondant à la deuxième année de l'aménagement (figure 6). Sont aussi représentées sur ces graphiques les valeurs moyennes des incertitudes liées aux estimations de teneur en eau volumique (θ). L'absence de différence sensible sur les valeurs de ces incertitudes nous a poussé à ne les représenter que sur les profils extrêmes.

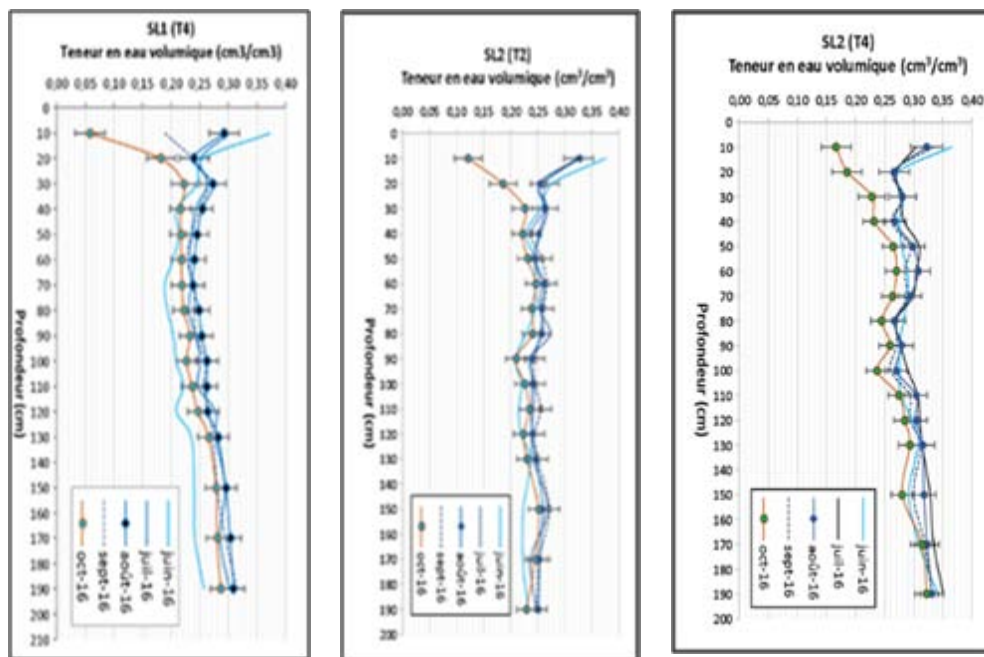


Figure 5. Dynamique mensuelle des profils de teneur en eau obtenus sur trois des six tubes installés dans les zones remaniées par sous-solage en 2016. Les barres horizontales sont des valeurs moyennes des incertitudes calculées.

Les valeurs de teneur en eau volumique, mesurées au début (juin) comme en fin de saison (octobre), sont presque du même ordre de grandeur ($\approx 0,09 \text{ cm}^3/\text{cm}^3 \pm 0,02 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$). Mais une nette différence s'observe à partir de 30 cm de profondeur où la teneur en eau volumique (θ) croit pour atteindre la valeur moyenne de $0,17 \text{ cm}^3/\text{cm}^3 (\pm 0,02 \text{ cm}^3/\text{cm}^3)$ dans les zones sous-solées alors qu'elle reste autour de $0,12 \text{ cm}^3/\text{cm}^3 (\pm 0,02 \text{ cm}^3/\text{cm}^3)$ sur la surface témoin (figure 7). Au milieu de la saison (juillet, Août), la teneur en eau continue d'évoluer remarquablement en surface mais aussi en profondeur ($\approx 50\text{-}60$ cm). Elle passe globalement de $0,14 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ en juin à plus de $0,26 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ en août. Cette augmentation relative de la teneur en eau peut s'expliquer par le rapprochement des événements pluvieux pendant les mois de juillet et août. En octobre, la tendance est en baisse sur tous les tubes du sous-solage (SL1 et SL2), ce qui témoigne de l'assèchement rapide des sols en fin de saison.

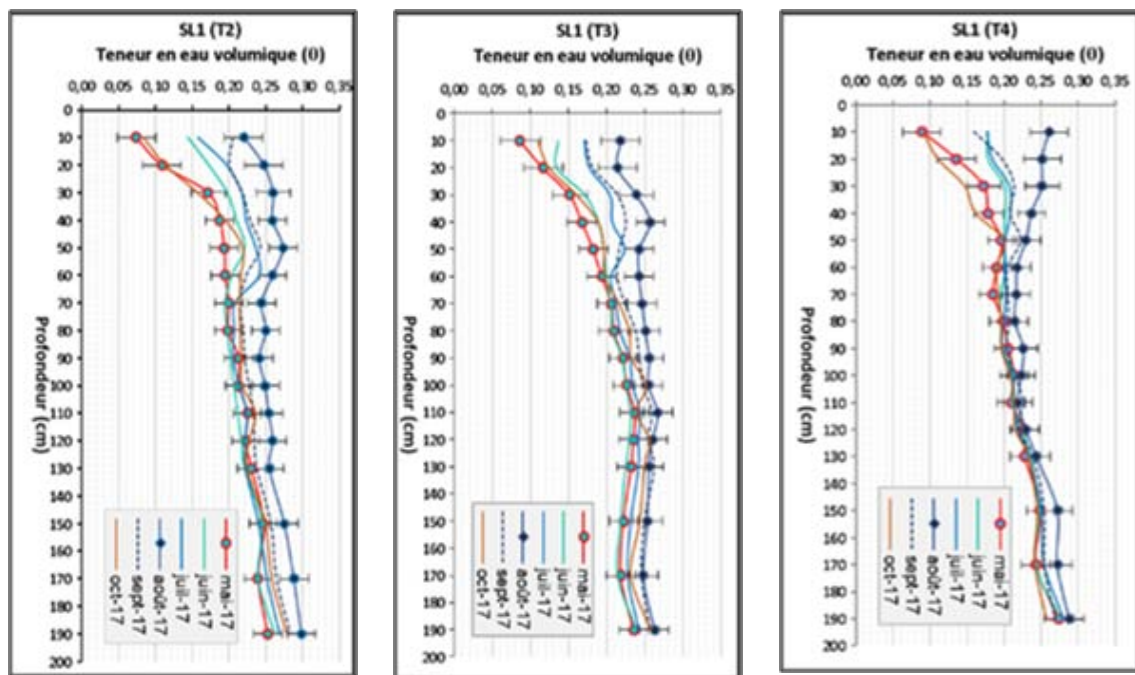


Figure 6. Dynamique saisonnière de la teneur en eau dans trois tubes des parcelles du sous-solage (saison 2017). Les barres horizontales indiquent les incertitudes moyennes calculées.

Le résultat des tubes T1 et T5 situés en amont et en aval de chaque parcelle de sous-solage respectivement (figure 7a) montre que le fonctionnement est intermédiaire entre celui de la zone sous-solée proprement dite et celui du témoin, mais plus proche du comportement du témoin (figure 7b). On en conclut que le bénéfice du sous-solage s'étend très peu spatialement au-delà de la partie travaillée. Mais du fait du ré-écroulement des surfaces sous-solées, la durabilité de l'efficacité de cette technique diminue. Ceci a été démontré par l'étude de A. Boubacar Na-Allah et *al.* (2017, p. 198 & 199) sur les sols dégradés du haut glacis dans la même zone d'étude.

Ainsi, le sous-solage favorise l'infiltration lors des pluies et ce, jusqu'à une profondeur pouvant atteindre 1,90 m soit plus du double de ce qui s'observe sur le sol nu où la profondeur du front d'infiltration ne dépasse pas 40 cm (S. Galle et *al.*, 1997, p. 108). Par ailleurs, les barres d'erreur horizontales représentées sur les graphes correspondent aux incertitudes des mesures de l'humidité volumique. En effet, pour gagner en clarté, nous avons seulement représenté les incertitudes sur les valeurs des profils extrêmes (profils min et max) de la saison. En moyenne, ces incertitudes $S(\theta)$ varient de $\pm 0,03 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ en surface (10-20 cm de profondeur) à $\pm 0,02 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ en profondeur, à partir de 30 à 190 cm. Ainsi, là où les banquettes stockent l'eau en rétention de surface pour régénérer la végétation (R. Alzouma Sanda et *al.*, 2019, p. 433 ; O. Laminou Manzo et *al.*, 2020, p. 15525), le sous-solage, lui, favorise l'infiltration rapide de l'eau.

Ainsi, grâce au sous-solage, la profondeur du front d'infiltration a plus que triplé. Sur certains tubes, l'infiltration s'observe au-delà même de la profondeur maximale de mesures, 190 cm. Ceci se traduit donc par un accroissement considérable du stock hydrique dans le premier mètre du sol. Ces résultats de 2017 sont bien cohérents avec ceux de 2016 et traduisent clairement l'efficacité de la technique du sous-solage à l'échelle locale. Néanmoins, la comparaison des deux périodes différentes montre une baisse notable de teneur en eau en 2017 par rapport à 2016 que l'on peut attribuer à la réduction progressive de la porosité mais également à la différence de pluviométrie

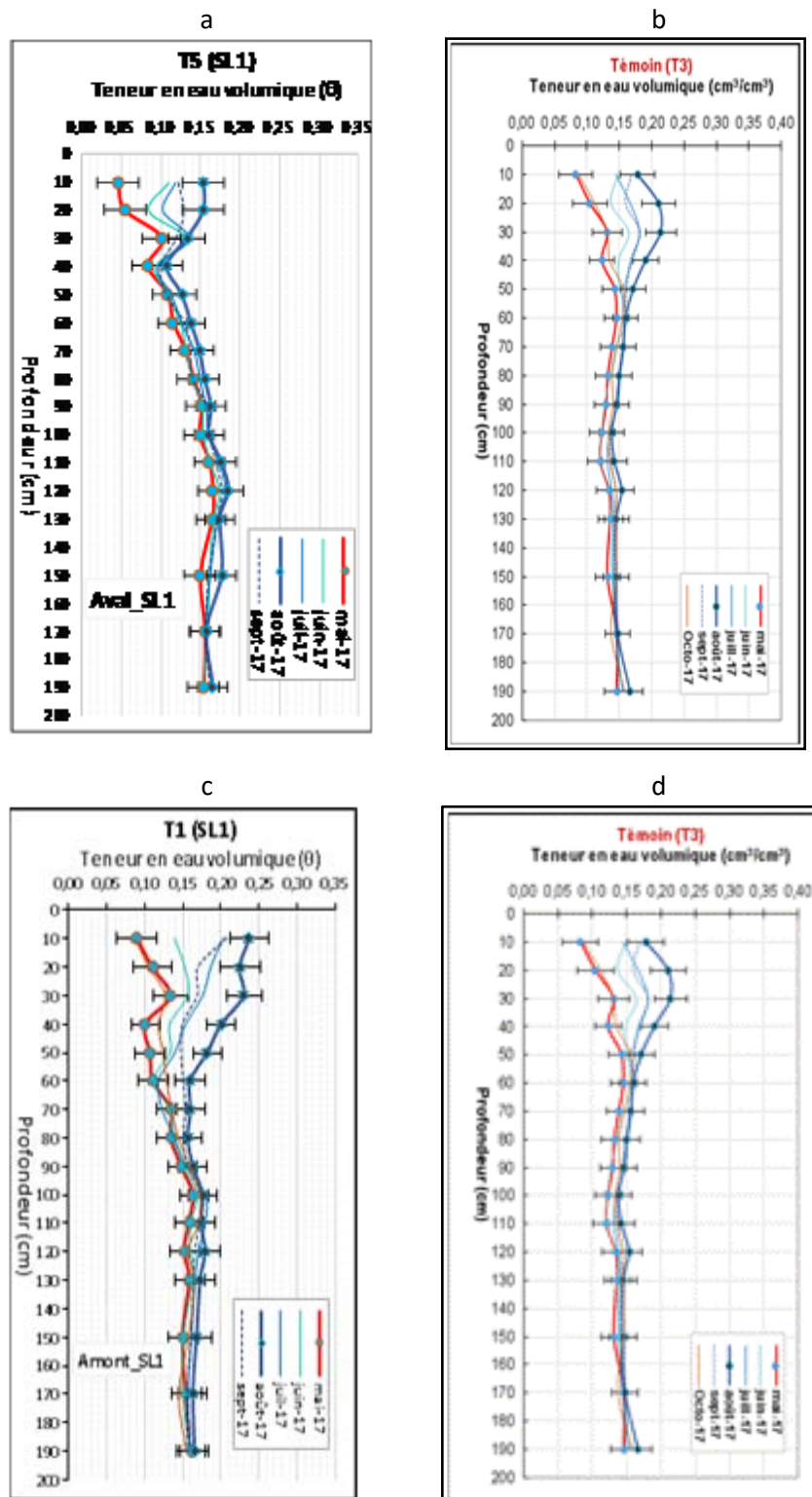


Figure 7. Evolution de la teneur en eau et du front d'infiltration en amont et en aval du sous-solage et sur la parcelle témoin. Les barres d'erreur horizontales correspondent aux incertitudes sur θ calculées par profil et par profondeur.

2.2.3. Evolution de la variation du stock hydrique (ΔS) en fonction de la pluie

La figure 8 présente une analyse comparative des variations du stock d'eau (ΔS) dans l'intervalle de 0-135 cm en fonction de la pluie. Il s'agit de la relation obtenue à l'échelle des surfaces remaniées (sous-solage) grâce aux mesures effectuées par le conductivimètre EM38. Cette analyse montre que pour certaines pluies inférieures ou égales à 30 mm, les lames d'eau infiltrées peuvent être supérieures aux pluies tombées, ce qui implique l'existence d'apports supplémentaires par l'eau de ruissellement venant de l'amont. Au contraire, pour les pluies supérieures à 40 mm, l'infiltration est inférieure à la pluie, ce qui montre qu'une partie de l'eau a réussi à ruisseler hors de la parcelle. Par rapport au témoin, le gain est remarquable et ce, pour toutes les pluies. La variation de stock sur le témoin est toujours inférieure à la pluie, ce qui est logique puisqu'il n'y a pas d'apport par l'amont supérieur aux pertes vers l'aval

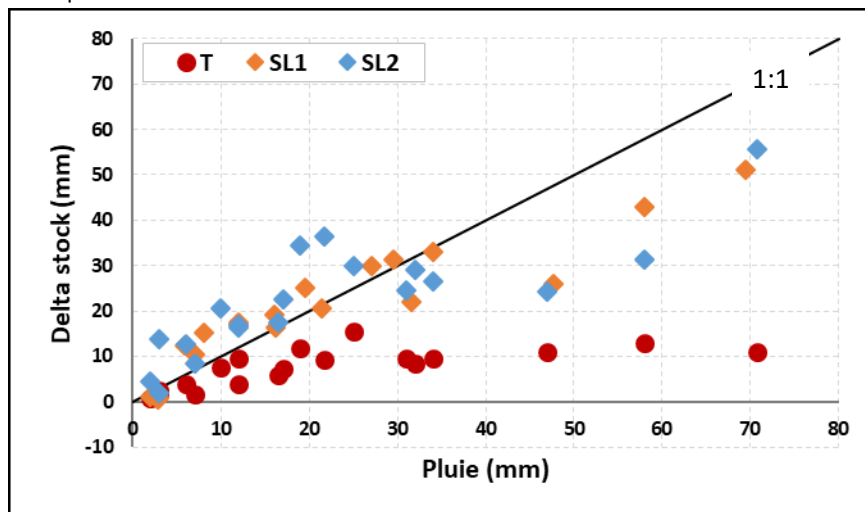


Figure 8. Variation événementielle du stock hydrique en fonction de la pluie sur les parcelles de sous-solage SL1 et SL2 (mesures de 2016 et 2017) en comparaison avec le témoin

Des études effectuées dans d'autres contextes ont montré que le sous-solage profond exécuté par un tracteur pourrait être plus efficace pour temporairement améliorer le drainage de l'eau dans le sol encroûté par rapport au sous-solage habituellement réalisé par les paysans avec leurs équipements conventionnels (M. O. Gasser et M. E. Tremblay, 2017, p. 32 & 33). De plus, le sous-solage associé aux cordons pierreux permet d'améliorer les conditions hydriques favorables au développement du couvert végétal dans la zone pastorale du Sahel (Y. Samandougou et *al.*, 2010, p. 234).

Conclusion

Ce travail de recherche, conduit dans l'Ouest du Niger, avait pour objectif d'évaluer l'impact du sous-solage sur les propriétés physiques et hydrodynamiques des sols nus de la brousse tigrée. La méthode a consisté au suivi de l'humidité du sol grâce à la sonde à neutrons dans deux types de parcelle : le témoin sans aménagement et le sous-solage.

Les résultats obtenus montrent les effets nets du sous-solage en termes d'amélioration du comportement hydrique des sols dégradés de la brousse tigrée. La teneur en eau en surface est

considérable, elle avoisine $0,40 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ en début de saison 2016. Mais une diminution de la teneur en eau s'observe à partir de 60-70 cm de profondeur avant de se stabiliser autour de 100 cm et plus et enfin un stockage d'eau beaucoup plus important dans la partie sous-solée correspondant à la tranche de sol ameublie (0 à 40 cm de profondeur). Un autre résultat plus frappant est l'augmentation remarquable du front d'infiltration qui a plus que triplé en comparaison avec le témoin. Ce qui constitue une plus-value considérable apportée par cette technique en termes de rétention d'eau. Le gain en stockage hydrique induit par le sous-solage est très marqué, environ 100 mm, par rapport au témoin. Enfin, la mise en relation des variations du stock d'eau (ΔS) du sol avec la pluie permet de conclure que, par rapport au témoin, le gain est remarquable et ce, pour toutes les pluies et d'un facteur trois en moyenne.

Références bibliographiques

- ALZOUMA SANDA Ramatou et MAMADOU Ibrahim, (2019). « Impacts des aménagements antiérosifs sur les ravinements issus de deux plateaux du bassin versant de Boubon au Niger ». Rev. Ivoir. Sci. Technol., 34, pp 421 - 436 421 ISSN 1813-3290, <http://www.revist.ci>
- AMBOUTA Jean-Marie Karimou. (1994). « Etudes des facteurs de formation d'une croûte d'érosion et de ses relations avec les propriétés internes d'un sol sableux fin au Sahel ». Thèse de l'Université Laval, Québec, 97 pages.
- AMOGU Okechukwu, ESTEVES Michel, VANDERVAERE Jean-Pierre, MALAM ABDOU Moussa, PANTHOU Gérémy, RAJOT Jean-Louis, SOULEY YÉRO Kadidiatou, BOUBKRAOUI Stéphane, LAPETITE Jean. -Michel, DESSAY N., ZIN I., BACHIR Abba, BOUZOU MOUSSA Ibrahim, FARAN MAÏGA Oumarou, GAUTIER Emmanuèle, MAMADOU Ibrahim & DESCROIX Luc, (2015). Runoff evolution due to land-use change in a small sahelian catchment. Hydrological Sciences Journal 60 (1), pp 78-95. doi.org/10.1080/02626667.2014.885654.
- BOUBACAR NA-ALLAH Abdoulaye, MOUSSA MALAM Abdou, INGATAN WARZAGAN Aghali, MAMADOU Ibrahim, FARAN MAÏGA Oumarou et BOUZOU MOUSSA Ibrahim, (2017). « Efficacité du sous-solage dans la restauration des sols sahéliens dégradés. Étude expérimentale sur le site de Tondi Kiboro, Niger », Afrique SCIENCE 13 (6), pp 189 - 201. ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.info>.
- BOUZOU MOUSSA Ibrahim, DESCROIX Luc, FARAN MAÏGA Oumarou, GAUTIER Emmanuèle, ADAMOU Mahaman Moustapha, ESTEVES Michel, SOULEY YERO Kadidiatou, MALAM ABDOU Moussa, MAMADOU Ibrahim, LE BRETON Eric et BACHIR Abba (2011). « Les changements d'usage des sols et leurs conséquences hydro géomorphologiques sur un bassin versant endoréique sahélien. Sécheresse 22 : pp 13-24. Doi : 10.1684/sec.2011.0297.
- BOUZOU MOUSSA Ibrahim, MALAM ABDOU Moussa, INGATAN WARZAGAN Aghali, BOUBACAR NA-ALLAH Abdoulaye, BAHARI IBRAHIM Mahamadou, MAMADOU Ibrahim, DESCROIX Luc, LE BRETON Eric et VANDERVAERE Jean-Pierre, (2020). « Dynamique hydro-érosive actuelle des bassins versants endoréiques de la région de Niamey (Sud-Ouest Du Niger) ». European Scientific Journal ESJ 16 (33). <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n33p149>.
- CASENAVE Alain et VALENTIN Christian, (1992). « A runoff capability classification system based on surface features criteria in semi-arid areas of West Africa ». Journal of Hydrology, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, no 130: pp 231-49.
- COTE D. et DUPUIS G., (1980). « Effets du sous-solage et du labour profond sur les propriétés physiques du sol et le rendement de la luzerne et du maïs sur Loam sableux Chaloupe ». Canadian Journal of Soil Science 60 (2) : 345-53. <https://doi.org/10.4141/cjss80-037>.

- COURAULT Dominique, D'HERBES Jean-Marc, VALENTIN Christian et Rémy Dominique, (1991). « Etude de la variabilité spatiale du comportement hydrodynamique des sols au Niger à partir d'images satellitaires ». ORSTOM, pp 601-604.
- DESCROIX Luc, LAURENT Jean-Paul, Vauclin Michel, Amogu Okechukwu, BOUBKRAOUI Stéphane, IBRAHIM Boubacar, GALLE Sylvie, CAPPELAERE Bernard, BOUSQUET Sandie, MAMADOU Ibrahim, LE BRETON Eric, LEBEL Thiery, QUANTIN Guillaume, RAMIER David, BOULAIN Nicolas, (2012). « Experimental evidence of deep infiltration under sandy flats and gullies in the Sahel ». *Journal of Hydrology*, Elsevier, pp. 424-425 (mars) : 1-15. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.11.019.
- DESCROIX Luc, BOUZOU MOUSSA Ibrahim, GENTHON Pierre, SIGHOMNOU Daniel, MAHE Gil, MAMADOU Ibrahim, VANDERVAERE Jean-Pierre, GAUTIER Emmanuèle, FARAN MAIGA Oumarou, RAJOT Jean-Louis, MALAM ABDOU Moussa, DESSAY Nadine, INGATAN WARZAGAN Aghali, NOMA Ibrahim, SOULEY YERO Kadidiatou, KARAMBIRI Harouna, FENSHOLT Rasmus, ALBERGEL Jean et OLIVRY Jean-Claude, (2013). « Impact of drought and land – use changes on surface – water quality and quantity: the sahelian paradox ». In *Current Perspectives in Contaminant Hydrology and Water Resources Sustainability*, édité par Paul Bradley. InTech. doi.org/10.5772/54536.
- DESCROIX Luc, SANÉ Yancouba, THIOR Mamadou, MANGA Sylvie-Paméla, DEMBA BA Boubacar, MINGOU Joseph, MENDY Victor, COLY Saloum, DIËYE Arame, BADIANE Alexandre, SENGHOR Marie-Jeanne, DIEDHIOU Ange-Bouramanding, SOW Djiby, BOUAITA Yasmin, SOUMARÉ Safietou, DIOP Awa, FATY Bakary, SOW Bamol Ali, MACHU Eric, MONTOROI Jean-Pierre, ANDRIEU Julien et VANDERVAERE Jean-Pierre, (2020). « Inverse estuaries in West Africa: Evidence of the rainfall recovery ? » *Water* 12 (3): 647. doi.org/10.3390/w12030647.
- GALLE Sylvie, SEGHIERI Josiane et MOUNKAILA Harouna, (1997). « Fonctionnement hydrologique et biologique à l'échelle locale. Cas d'une brousse tigrée au Niger ». John Libbey Eurotext, Paris © 1997, pp. 105-118.
- GASSER Marc-Olivier et TREMBLAY Marie-Eve, (2017). « Ous-Solage et drainage temporaire des sols à perméabilité réduite. Rapport final ». Projet financé par le programme Innov'Action du MAPAQ. IRDA. 44 pages et Annexes.
- LAMINOUS MANZO Ousmane, AMANI Abdou, DAN GUIMBO Iro, RACHIDI ABDOU Harouna et MAHAMANE Ali, (2020). « Impacts des banquettes dans la récupération des terres dégradées au Niger ». *Journal of Applied Biosciences* 151 : 15510-29. <https://doi.org/10.35759/JABs.151.1>.
- MALAM ABDOU Moussa, (2014). *Etats de surface et fonctionnement hydrodynamique multi-échelles des bassins sahéliens ; études expérimentales en zones cristalline et sédimentaire*. Thèse de doctorat, Thèse en cotutelle entre l'Université de Grenoble-Alpes et l'Université de Niamey, 268 p.
- MALAM ABDOU Moussa, VANDERVAERE Jean-Pierre, DESCROIX Luc & BOUZOU MOUSSA Ibrahim, (2021). *Comparative hydrodynamic study of granitic and sedimentary catchments in Western Niger*. *Hydrological Sciences Journal*. doi:<https://doi.org/10.1080/02626667.2021.1921181>
- MONFORT Maxime, (1997). « Etude des relations entre les aquifères du Continental Terminal au Nord de Niamey (Niger) : approche géologique, géochimique et hydrodynamique ». DEA de l'Université Paris Sud, 121 pages.
- PANTHOU Gérémy, LEBEL Thiery, VISCHEL Théo, QUANTIN Guillaume, SANE Y., BA A., NDIAYE O., DIONGUE-NIANG Aida et DIOPKANE M., (2018). « Rainfall intensification in tropical semi-arid regions: The sahelian case ». *Environmental Research Letters* 13 (6) : 064013. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac334>.

- PEREZ Pascal, TODOROFF Pierre, TOUMA Jaodat et FORTIER Michel, (1999). « Caractérisation hydrodynamique d'un sol encroûté en zone sahélienne. Approche expérimentale in situ ». *Agronomie* 19 (5) : 331-40. <https://doi.org/10.1051/agro:19990501>.
- PEUGEOT Christophe, (1995). « Influence de l'encroûtement superficiel du sol sur le fonctionnement hydrologique d'un bassin versant sahélien. Expérimentations in-situ et modélisation » Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier-Grenoble I, 305 pages.
- PEUGEOT Christophe, ESTEVES Michel, GALLE Sylvie, RAJOT Jean-Louis et VANDERVAERE Jean-Pierre. (1997). « Runoff generation processes: results and analysis of field data collected at the east central supersite of the HAPEX-Sahel Experiment ». *Journal of Hydrology* 188-189 : 179-202. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(96\)03159-9](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(96)03159-9).
- SAMANDOULGOU Yahaya, KABORE-ZOUNGRANA Chantal, ZOUNDI Sibiri Jean, SOHORO Adama et KIEMA André, (2010). « Contribution de la récupération des parcours dégradés par les cordons pierreux associés au sous-solage à l'amélioration de la production du fourrage naturel ». *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 16, pp 227 – 241 ISSN 1813-3290.
- SEGUIS Luc, CAPPELAERE Bernard, PEUGEOT Christophe, LEDUC Christian et MILESI Géraldine, (2003). « Influences de la sécheresse et du défrichement sur les écoulements d'un petit bassin sahélien ». *IAHS publ.*, no 278: 429-34.
- TAYLOR Christopher M., BELUŠIĆ Danijel, GUICHARD Françoise, PARKER Douglas J., VISCHEI Théo, BOCK Olivier, HARRIS Phil P., JANICOT Serge, KLEIN Cornelia et PANTHOU Gérémy, (2017). « Frequency of Extreme Sahelian Storms Tripled since 1982 in Satellite Observations ». *Nature*, vol 544 (7651) : pp. 475-78. doi.org/10.1038/nature22069.
- TRICHON Valérie, HIERNAUX Pierre, WALCKER Romain et MOUGIN Eric, (2018). « The persistent decline of patterned woody vegetation: The tiger bush in the context of the regional Sahel greening trend ». *Global Change Biology*, pp. 1-16. doi.org/10.1111/gcb.14059.
- VANDERVAERE Jean-Pierre, VAUCLIN Michel, HAVERKAMP Randel, PEUGEOT Christophe, THONY Jean-Louis et GILFEDDER Mathew. (1998). « Prediction of crust-induced surface runoff with disc infiltrometer data ». *Soil Science* 163: 9-21. <https://doi.org/10.1097/00010694-199801000-00003>.