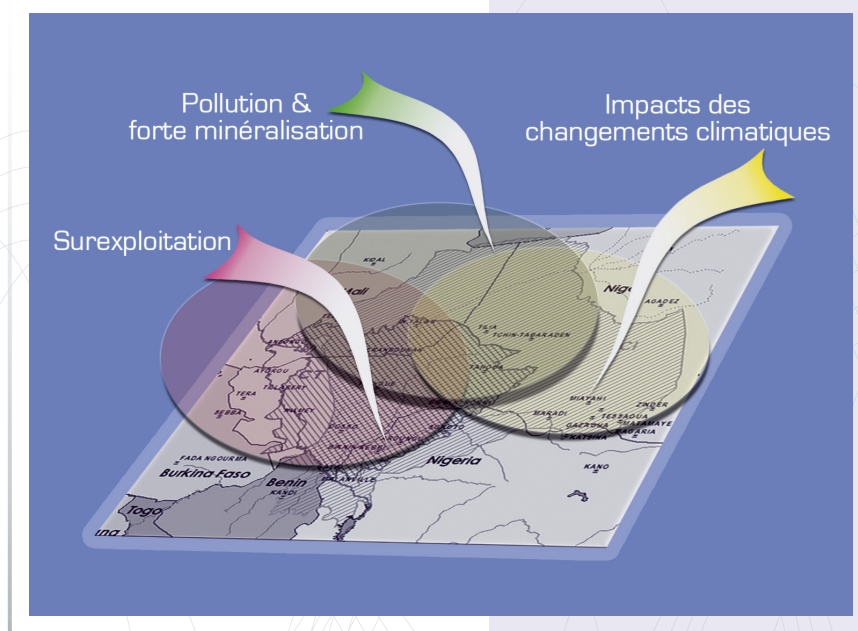


Systeme Aquifere d'Iullemeden

Mali - Niger - Nigeria

Tome I

● ANALYSE DIAGNOSTIQUE TRANSFRONTALIÈRE



OSS OBSERVATOIRE DU SAHARA ET DU SAHEL

Systeme Aquifere d'Iullemeden

Mali - Niger - Nigeria

Tome I

ANALYSE DIAGNOSTIQUE

TRANSFRONTALIERE

Tunis, 2011

Autres ouvrages (SAI)

Tome II : Base de données commune

Tome III : Modèle hydrogéologique

Tome IV : Gestion participative des risques transfrontaliers : éléments stratégiques

Tome V : Suivi-évaluation des aquifères transfrontaliers

Copyright © Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS), 2011

Edité à Tunis avec le soutien financier de l'Unesco/PHI et de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

ISBN : 978-9973-856-41-8

Remerciements

Ce document a été relu et édité sous la supervision de Dr Chedli FEZZANI, Administrateur du Secrétariat exécutif de l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS). Il émane du travail conséquent mené de janvier 2004 à juin 2009, par l'équipe permanente du projet « Système aquifère d'Iullemeden » de l'OSS, en partenariat avec le Mali, le Niger et le Nigéria, sous la coordination scientifique et technique de M. Abdelkader Dodo.

L'équipe du projet au sein de l'OSS est composée de M. Abdelkader Dodo, M. Mohamedou Ould Baba Sy, expert en base de données, SIG et modélisation hydrogéologique, M. Ahmed Mamou, conseiller scientifique et Wafa Jouini, assistante du Programme eau de l'OSS. Ce travail est l'aboutissement de leurs efforts conjugués.

A cette oeuvre ont contribué des personnalités à qui nous exprimons notre profonde gratitude, tout particulièrement:

MALI

LES COMITÉS NATIONAUX DE COORDINATION ET DE SUIVI

- /// Mme Ly Fatoumata, Directrice nationale de l'hydraulique
- /// M. Malick Alhousseini, Ex-Directeur national de l'hydraulique, actuellement Conseiller du ministre des Transports
- /// Amadou Guindo, Ex-Directeur adjoint, actuellement Conseiller technique du ministre de l'Energie et de l'Eau
- /// M. Sidi TOURE Chef de division Inventaire des ressources hydrauliques
- /// M. Séidou MAIGA IRH/DNH, Point focal national
- /// M. Baréma THIERO Chef de division Hydraulique rurale
- /// Damassa Bouaré, Responsable de la Base de données de DNH,

- /// Pr Amadou Zanga TRAORE, Ecole nationale d'ingénieurs
- /// M Tiétlé FOMBA, Chef du Centre de documentation et d'informatique
- /// M. Abdoulaye KONE, Directeur du laboratoire DNH
- /// M. Yaya Boubacar, DRHE de Gao
- /// M. Bandia CISSOKO, DRHE, Bamako
- /// M. Mohamed KEITA, Conseiller juridique MMEE
- /// Dr Souleymane SIDIBE, Hydrologue, DNH

CONSULTANTS NATIONAUX

- /// Pr Adama MARIKO, Ecole nationale d'ingénieurs
- /// Feu Me Tignougou SANOGO, Consultant juriste
- /// Ibrahima CISSE, Consultant socio-économiste
- /// Amadou MAÏGA, Consultant environnementaliste
- /// Madia SIDORO, Consultant hydrogéologue

NIGER

LES COMITÉS NATIONAUX DE COORDINATION ET DE SUIVI

- /// Dr. Abdou GUERO, Ex-Directeur national des ressources en eau, actuellement Directeur technique à l'Autorité du bassin du Niger (ABN)
- /// Radji GARBA, Hydrologue, Directeur national des ressources en eau
- /// Abdou Moumouni MOUSSA, Hydrogéologue, ex-Point focal national, actuellement en Thèse de doctorat (Ph. D)
- /// Sanoussi RABE, Hydrogéologue
- /// Issa ADA, Direction de l'environnement
- /// Manou TOUDOU, ministère des Affaires Etrangères

- /// Abdoul Aziz OUMAR, ministère du Développement agricole
- /// Moussa AMADOU, ministère du Développement agricole

CONSULTANTS NATIONAUX

- /// Sanoussi RABE, Hydrogéologue
- /// Dr Kaïgama Kiari Noudjia, Juriste, actuellement Directeur national de la législation
- /// Attahirou Ibrahim Karbo, spécialiste Ressources en eau
- /// Rouscoua Aboubacar, Socio-économiste
- /// Manou TOUDOU, Juriste

NIGERIA

LES COMITÉS NATIONAUX DE COORDINATION ET DE SUIVI

- /// Feu Engr. M. H. Ibrahim, Director, Federal Ministry of Water Resources (FMWR), Abuja
- /// John Chabo, National focal, Deputy Director, FMWR, Abuja, now Executive Director of Nigeria Hydrological Services Agency (NHSA)
- /// C.M. Maduabuchi, (GIA) FMWR, Abuja
- /// Patrick Oburo, Assistant Director, FMWR, Abuja
- /// Simon O. Okpara, Hydrogeologist, FMWR, Abuja
- /// Salisu G. Dandume, Deputy Director, FMWR, Abuja
- /// Stephan .M. Jabo, ACHg. FMWR, Abuja

- /// S.M. Babarinde, Prin. Hydrogeologist, FMWR, Abuja

CONSULTANTS NATIONAUX

- /// Prof. L.J. Goldface-Irokalibe as the national consultant
- /// Dr. S. Toro as the National Consultant on water resources
- /// Mr. J.A. Hanidu. The draft report of the TDA Consultant
- /// Prof. Charles A. OKUOFU, Environmentalist
- /// Prof. Illiya Climate change/variability
- /// Dr. J.A.Adams Socio-Economy

CONSULTANTS INTERNATIONAUX

- /// Mme Marcella NANNI, Juriste
- /// Dr Bo Gunnar APPELGREN, Expert en ressources en eau
- /// Dr PIZZI Giuseppe, Spécialiste en modélisation
- /// Abdous Belcacem, Expert base de données

PARTENAIRES DE COOPERATION

- /// Takehiro Nakamura, PNUE/GEF
- /// Alice Aureli, Unesco
- /// Dr Stefano Burchi, FAO
- /// Espen Golden, ESA

Nous remercions également l'Unesco/PHI et la GIZ pour leur soutien financier à l'édition de ce document, ainsi que la France, la Suisse, la FAE/BAD et l'ABN pour leur soutien constant au programme Eau de l'OSS.

Nous sommes aussi redevables à Mme Tharouet Elamri qui a assuré la conception de la maquette et la mise en forme finale de ce document sans oublier l'équipe administrative et financière qui n'ont ménagé aucun effort pour la bonne mise en œuvre de toutes les activités de ce projet.

Le Coordinateur du programme Eau

Abdelkader Dodo



Le Secrétariat exécutif

Dr Chedli Fezzani



Table des matières

I. INTRODUCTION	9
II. CADRE GENERAL	11
II.1. Bref aperçu du processus du Fonds pour l'environnement mondial : de l'Analyse diagnostique Transfrontalière au Programme d'actions stratégique	11
III. GRANDS TRAITs MARQUANTS DU SYSTEME	19
III.1. Contexte physique et climatique du Système aquifère d'Iullemeden	19
III.2. Contexte socio-économique	22
III.3. Cadre juridique et réglementaire de gestion des ressources en eau	23
III.4. Ressources en eau	23
III.5. Dégradation des terres	25
III.6. Paradoxe du continent africain	27
IV. ELEMENTS D'ANALYSE DIAGNOSTIQUE TRANSFRONTALIERE	29
IV.1. Disponibilité des données	29
IV.2. Aperçu des Bases de données du Mali	29
IV.3. Aperçu des Bases de données du Niger	30
IV.4. Aperçu de la Base de données du Nigeria	32
V. CADRE HYDROGEOLOGIQUE DU SYSTEME AQUIFERE D'IULLEMEDEN	33
V.1. Le Continental intercalaire	34
V.2. Le Continental Terminal	35
VI. IDENTIFICATION ET « PRIORITISATION » DES PROBLEMES TRANSFRONTALIERS	39
VI.1. L'impact de la Variabilité et Changements climatiques	39
VI.2. Déforestation	39
VI.3. Exploitation des ressources en eau	40
VI.4. Déclin de l'artésianisme	40
VI.5. Pollution des eaux	40
VI.6. Salinisation des sols	41
VI.7. Exploitation non concertée des ressources en eau	41
VII. PRIORITISATION FINALE DETAILLEE DES PROBLEMES TRANSFRONTALIERS	45

VIII. ANALYSE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET CONSÉQUENCES SOCIO-ÉCONOMIQUES

47

VIII.1. Analyse des impacts environnementaux	47
VIII.2. Analyse des conséquences socio-économiques	51

IX. CARTOGRAPHIE DES RISQUES MAJEURS

55

X. ANALYSE DE LA CHAÎNE CAUSALE

57

X.1. Causes immédiates	57
X.2. Causes fondamentales	61
X.3. Causes profondes	72

XI. REDUCTION DES RISQUES TRANSFRONTALIERS

87

XII. CONCLUSION

89

LISTE DES ACRONYMES ET DES ABREVIATIONS

ABN	Autorité du bassin du Niger
ABV	Autorité du bassin de la Volta
ACDI	Agence canadienne de développement international
ACMAD	African Centre of Meteorological Application for Development
ADT	Analyse diagnostique transfrontalière
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
AMCOW	African Ministers' Council on Water
ASAR	Advanced Synthetic Aperture Radar
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection
BAD	Banque africaine de développement
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Institut Fédéral des Géosciences et des Ressources Naturelles)
BRGM	Bureau des recherches géologiques et minières
CCNUCC	Convention-cadre des Nations unies pour les changements climatiques
CCRE	Centre de coordination des ressources en eau de la CEDEAO
CEDEAO	Communauté économique des Etats de l'Afrique de l'Ouest
CEN-SAD	Communauté des Etats sahélo-sahariens
CI	Continental intercalaire
CILSS	Comité inter-Etats de lutte contre la sécheresse au Sahel
CNCS	Comité national de coordination et de suivi des activités
CRA	Centre régional Agrhymet
CT	Continental Terminal
DDC-SUISSE	Direction du développement et de la coopération - Suisse
DSRP	Document de stratégie de réduction de la pauvreté
ENVISAT	ENVironment SATellite
ERS	European Remote Sensing Satellite
ESA	European Space Agency (Agence Spatiale Européenne)
FAE	Facilité africaine de l'eau
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
FEM	Fonds pour l'environnement mondial
FFEM	Fonds français pour l'environnement mondial
FIDA	Fonds international pour le développement agricole
GEF	Global Environment Facility
GIRE	Gestion intégrée des ressources en eau
GICRESAIT	Gestion intégrée et concertée des ressources en eau des systèmes aquifères d'Iullemeden, de Taoudéni /Tanezrouft et du fleuve Niger
GIS	Geographical Information System

GIZ	Agence de coopération technique allemande pour le développement
IGAD	Inter Governmental Authority for Development
JRC	Joint Research Center
MCA-WEAP	Multi-Criteria Analysis tool - Water Evaluation and Planning System
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NEPAD	New Partnership for Africa Development
OMVS	Organisation de mise en valeur du fleuve Sénégal
OSS	Observatoire du Sahara et du Sahel
PANA	Plan d'action national pour l'adaptation aux changements climatiques
PAS	Programme d'action stratégique
PHI	Programme hydrologique international
PNUD	Programme des Nations unies pour le développement
PNUE	Programme des Nations unies pour l'environnement
PO	Programme opérationnel du GEF
SAI	Système aquifère d'Iullemeden
SAR	Synthetic Aperture Radar
SASS	Système aquifère du Sahara septentrional
SAT	Système aquifère de Taoudeni/Tanezrouft
SEI	Stockholm Environment Institute
SIG	Système d'information géographique
SRTM	Shuttle RADAR Topographic Mission
UMA	Union du Maghreb arabe
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
WEAP	Water Evaluation and Planning System

I. INTRODUCTION

LE PRÉSENT RAPPORT s'inscrit dans le cadre du projet « Gestion des Risques Hydrogéologiques dans le Système aquifère d'lullemeden » financé par le PNUE/FEM et mis en œuvre par l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS). Les autres partenaires viennent en appui dans leurs domaines d'intervention. Il s'agit principalement, de la FAO, de l'UNESCO, de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA), de la GTZ, et de l'Agence Spatiale Européenne (ESA).

L'Observatoire du Sahara et du Sahel a procédé à la mise en exécution des activités du projet spécifiques au fonds du FEM/PNUE qui ont été réalisées par les experts des pays appuyés par des consultants. Elles ont été accompagnées le renforcement des capacités nationales (maîtrise des outils de gestion).

L'objectif global du projet SAI est d'établir la capacité d'identifier et d'atténuer conjointement les risques transfrontaliers liés au changement dans les modes d'utilisation des terres et des eaux et aux changements climatiques dans le Système aquifère d'lullemeden.

Les résultats attendus sont : 1) un mécanisme pour identifier les risques transfrontaliers, 2) un mécanisme d'élaboration et de mise en œuvre de politique de réduction des risques transfrontaliers, 3) une stratégie de développement et de conservation des eaux et des terres, 4) une structure tripartite juridique et institutionnelle de coopération, 5) les éléments de stratégie de sensibilisation, participation et communication intergouvernementale pour la gestion des risques transfrontaliers.

Les produits attendus sont : 1) le document de l'Analyse diagnostique transfrontalière, 2) la Base de Données et le Système d'Information Géographique, 3) le modèle mathématique, 4) les éléments pour l'élaboration de politique de réduction des risques transfrontaliers, 5) les éléments pour l'élaboration d'une stratégie de développement et de conservation des eaux et des terres, 6) le mécanisme de suivi des aquifères transfrontaliers, 7) le site Web « lullemeden ».

Le Système aquifère d'lullemeden (SAI) est situé dans la zone aride et semi-aride de l'Afrique de l'Ouest. Il est partagé principalement entre le Mali, le Niger et le Nigeria, sur une superficie de 500.000 km². Le SAI constitue une ressource stratégique pour le développement durable des pays concernés. Cependant, il est :

- /// **exposé à un environnement fragile et contraignant** : 1) baisse de la pluviométrie de l'ordre 20 à 30% depuis 1968 ; 2) réduction des écoulements de surface d'environ 20 à 50% avec des étiages parfois sévères allant jusqu'à l'arrêt des écoulements ; 3) ensablement et installation de cordons dunaires dans les aires de recharge des aquifères et dans le réseau hydrographique du fleuve Niger;
- /// **confronté à de multiples contraintes en particulier** : 1) difficultés d'accessibilité à la ressource liées par endroits à la profondeur excessive des captages (plus de 600 mètres) ; 2) dégradation de la qualité des eaux (pollution, appel d'eaux profondes très minéralisées) ; 3) gestion non concertée des eaux partagées par plusieurs pays.
- /// **soumis à** : 1) la pression démographique croissante (de l'ordre de 6 millions d'habitants en 1970, 15 millions en 2000, 30 millions d'habitants en 2025) ; 2) une intensification des prélèvements annuels de l'ordre de 50 millions m³ en 1970 à 180 millions m³ en 2004.

Dans le but d'appréhender ces risques et leurs menaces associées, le présent projet a adopté

l'approche basée sur la gestion du risque (risk-based management approach). Celle-ci est basée sur le principe d'une évaluation à la fois des conséquences et de la probabilité d'apparition du risque (fréquence).

L'évaluation du risque signifie la détermination de ses effets (ou impacts) potentiels. Cette évaluation inclut les questions telles que : est-ce un risque ou non ? Ce risque est-il pertinent ? Quelles sont ses conséquences (impacts) ? Quelle est la probabilité d'apparition de ce risque ? Une fois le risque évalué, quelle décisions prendre : réduire ce risque, le maîtriser, ou l'ignorer ?

Pour identifier, analyser et évaluer les risques hydrogéologiques qui peuvent affecter les eaux souterraines du Système aquifère d'Iullemeden, la démarche Analyse diagnostique transfrontalière / Programme d'Action Stratégique (ADT/PAS) du FEM pour les Eaux internationales a été adaptée et appliquée. Il est important de rappeler qu'il s'agit du premier cas d'application de cette démarche sur les aquifères transfrontaliers en Afrique, et le second dans le monde après le Système aquifère du Guarani en Amérique Latine.

Le diagnostic des risques transfrontaliers, dans une première étape, a été qualitatif. Des données et informations supplémentaires ont été nécessaires pour comprendre d'abord la dynamique des écoulements souterrains. C'est ainsi que l'OSS a développé les outils de gestion (Base de données, Système d'Information Géographique, modèle hydrogéologique) propres au SAI avec la pleine participation des cadres techniques des pays. Les résultats qui en sont issus ont notamment permis de quantifier certains risques et de préciser les zones les plus vulnérables.

L'Analyse diagnostique transfrontalière (ADT) a été menée par les Comités Nationaux de Coordination et de Suivi des activités du projet (CNCS) des trois pays, appuyés par des travaux des consultants nationaux. Le CNCS mis en place dans chacun des pays, est pluridisciplinaire ; il regroupe les institutions étatiques (Ministères de l'Hydraulique, de l'Environnement, de l'Agriculture, de l'Elevage, des Affaires Etrangères sur les aspects juridiques transfrontaliers, les Agences de l'eau), les Organisations Non Gouvernementales concernées par la question de l'Eau. Les activités des CNCS ont été réalisées sous forme de réflexions à travers leurs réunions périodiques pour identifier les risques qui menacent les ressources en eau du SAI et examiner également les investigations menées par les consultants nationaux.

Le présent rapport régional ne s'est pas limité à la synthèse des rapports nationaux produits par les membres du CNCS et les consultants nationaux. Il a été élaboré par l'équipe de l'OSS qui a mené ses investigations supplémentaires pour étoffer le document avec de nouvelles données. Il a intégré aussi les résultats issus des outils de gestion (Base de données, Système d'Information Géographique, modèle hydrogéologique) qu'il a développés à Tunis avec la participation des pays.

L'Analyse diagnostique transfrontalière du Système aquifère d'Iullemeden comporte les éléments suivants :

- /// l'identification et « la priorisation » des problèmes transfrontaliers,
- /// la priorisation finale détaillée des problèmes transfrontaliers,
- /// l'analyse des impacts environnementaux et conséquences socio-économiques,
- /// la cartographie des risques majeurs,
- /// l'analyse de la chaîne causale.

II. CADRE GENERAL

Le bassin doit son nom « Iullemeden » qui désigne le nom des Touareg. Ils cohabitent avec d'autres ethnies Sonrhaï, Haoussa, Peulhs, Arabes, Kanouris.

II.1. Bref aperçu du processus du Fonds pour l'environnement mondial : de l'Analyse diagnostique transfrontalière au Programme d'actions stratégique ADT/PAS

II.1.1. Le Fonds pour l'environnement mondial

Le Fonds pour l'environnement mondial (FEM)¹ est une organisation financière indépendante qui consent des subventions aux pays en développement pour la réalisation des projets qui profiteront à l'environnement mondial et promouvoir l'existence durable dans les communautés locales.

Les projets FEM sont gérés par les Agences d'exécution du FEM à savoir :

- /// le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE),
- /// le Programme des Nations unies pour le développement (PNUD) et
- /// la Banque mondiale.

Sept autres organisations internationales sous le nom d'Agences d'Exécution du FEM contribuent à la gestion et à l'exécution des projets FEM. Il s'agit de : la Banque africaine de développement (AfDB), la Banque asiatique de développement (ADB), la Banque européenne pour la reconstruction et le développement (EBRD), la Banque inter-américaine pour le développement (IDB), le Fonds international pour le développement agricole (FIDA), l'Organisation des Nations unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO) et l'Organisation des Nations unies pour le développement industriel (ONUDI).

Les projets du FEM portent sur six (6) questions environnementales² complexes et mondiales

1. GEF, 2004. Training course on the TDA/SAP approach in the GEF. International Waters Programme. Six volumes.

2. **A. Biodiversity**

1. Arid and Semi-Arid Zone Ecosystems
2. Coastal, Marine, and Freshwater Ecosystems
3. Forest Ecosystems
4. Mountain Ecosystems
13. Conservation and Sustainable Use of Biological Diversity Important to Agriculture

B. Climate Change

5. Removal of Barriers to Energy Efficiency and Energy Conservation
6. Promoting the Adoption of Renewable Energy by Removing Barriers and Reducing Implementation Costs
7. Reducing the Long-Term Costs of Low Greenhouse Gas Emitting Energy Technologies
11. Promoting Environmentally Sustainable Transport

C. International Waters

8. Waterbody-based Operational Program
9. Integrated Land and Water Multiple Focal Area Operational Program
10. Contaminant-Based Operational Program

D. Multifocal Area

12. Integrated Ecosystem Management

E. Persistent Organic Pollutants



(ou zones focales) à savoir : 1) la Diversité biologique, 2) les Changements climatiques, 3) les Eaux internationales, 4) les Aires focales multiples, 5) les Polluants organiques persistants, et 6) la Dégradation des terres.

Chacune de ces questions est examinée à travers des Programmes Opérationnels (PO). Les Eaux Internationales, qui concernent entre autres les activités de l'Analyse diagnostique transfrontalière, sont organisées autour de trois programmes opérationnels complémentaires à savoir le PO8, le PO9 et PO10 :

- /// PO8 Programme opérationnel des plans d'eau ;
- /// PO9 Programme opérationnel des terres intégrées et des Eaux multiples ;
- /// PO10 Programme opérationnel basé sur les sources de contamination.

Les objectifs des programmes PO8, PO9 et PO10 sont les suivants :

- /// Le PO8 se concentre sur la contribution d'aide aux pays pour changer les activités humaines qui menacent sérieusement ou ont déjà endommagé un plan d'eau ou son bassin de drainage ;
- /// Le PO9 s'occupe des problèmes d'une portée plus grande afin d'obtenir des bénéfices environnementaux à travers des projets qui intègrent une gestion saine des ressources financières et hydriques. Il se focalise davantage sur les mesures de prévention que sur les mesures de remèdes. Le PO9 peut aussi fournir des avantages généraux dans les zones focales multiples.
- /// Le PO10 se focalise sur des questions spécifiques du contexte global et recherche des projets contribuant à faire valoir des moyens de surmonter les barrières qui bloquent l'adoption des meilleures pratiques qui limitent la contamination de l'environnement des eaux internationales.

Le PO8 et le PO9 nécessitent l'élaboration d'une Analyse diagnostique transfrontalière (ADT) et la formulation d'un Programme d'actions stratégique (PAS).

L'objectif formel de la stratégie opérationnelle du FEM dans la zone focale des Eaux Internationales **est de contribuer en premier lieu, à titre de catalyseur, à la mise en oeuvre d'une approche éco-systématique plus complète pour gérer les eaux internationales comme moyen d'aboutir aux avantages environnementaux globaux.**

« **Agir comme catalyseur** » veut dire que les programmes FEM agissent principalement pour promouvoir et renforcer les autres programmes nationaux et internationaux qui ont la première responsabilité d'action.

II.1.2. Les Eaux Internationales

Pour faire la distinction entre le concept FEM des « Eaux Internationales » et la définition légale de la loi des Nations Unies sur la convention des mers³, la stratégie opérationnelle du FEM se focalise sur les ressources « transfrontalières » en eaux, met l'accent sur la gestion de la pollution et

14. Draft Operational Program on Persistent Organic Pollutants

F. Land Degradation

15. Operational Program on Sustainable Land Management.

3. Dans le cadre d'UNCLOS III les hautes mers (ou les eaux internationales) s'appliquent à toutes les parties de la mer qui ne sont pas incluses dans la zone économique exclusive, de la mer territoriale ou des eaux internes d'un Etat ou des eaux archipélagiques d'un état archipélagique.

les ressources en eau à travers un processus participatif des parties prenantes⁴ binationales et multinationales.

En revanche, la majorité des projets des eaux internationales, financés par le FEM, sont concernés par des problèmes environnementaux hydriques qui vont au-delà de tout pays et ont donc un caractère transfrontalier. Les domaines concernés sont : les eaux marines, les lacs, les cours d'eau, les zones humides, et les aquifères (figure 1).

Chaque problème de gestion des eaux internationales peut justifier la réalisation des objectifs environnementaux désirables par un projet des eaux Internationales. Une composante d'un projet des eaux Internationales est le processus de l'ADT/PAS⁵.

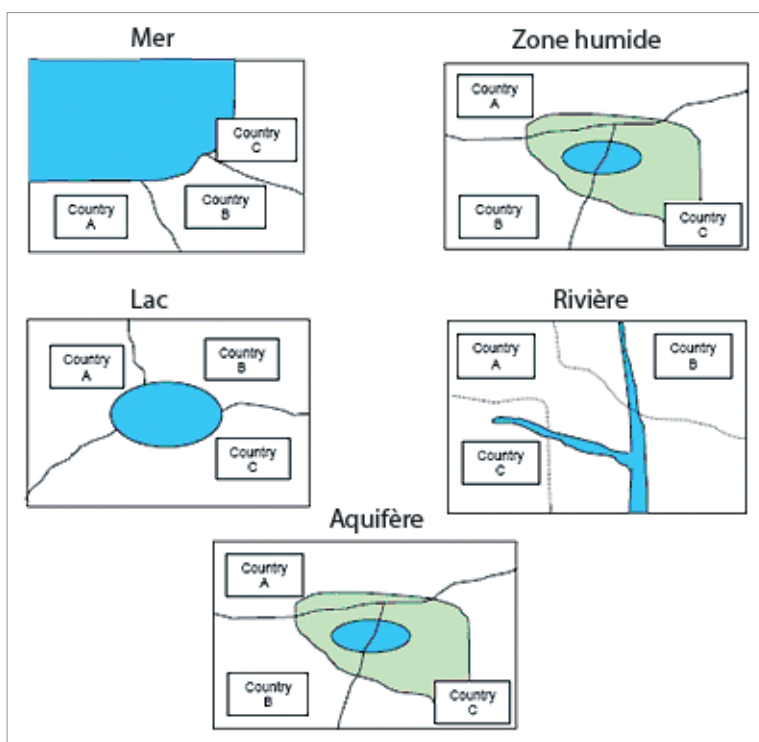


FIGURE 1 : exemples d'eaux transfrontalières

Trois principes clé sont prédominants dans l'ensemble du processus :

- /// La consultation⁶ avec les personnes qui sont affectées par le problème (ce sont les parties prenantes) ;
- /// La gestion adaptative⁷, le suivi, l'ajustement et la révision au fur et à mesure que le travail progresse ;
- /// L'engagement progressif des eaux qui sont responsables à l'action.

II.1.3. Développement de l'Analyse diagnostique transfrontalière

L'Analyse diagnostique transfrontalière est une évaluation objective, une analyse d'étude des faits scientifiques et techniques qui sert à déterminer l'importance relative des sources, des causes et ses impacts sur les problèmes transfrontaliers en matière d'eau. En d'autres termes, l'Analyse diagnostique transfrontalière utilise la meilleure information technique et scientifique **disponible et vérifiée**, pour examiner l'état de l'environnement et les causes profondes de sa dégradation. Elle doit être une évaluation objective et pas un document négocié.

4. Les parties prenantes sont les parties qui sont impliquées ou affectées par un problème environnemental ou par sa solution.

5. UNEP. The GEF IW TDA/SAP Process: Notes on a proposed best practice approach.

6. En incluant une représentation claire des parties prenantes à tous les stades, la construction du consensus sera plus probable et augmentera la probabilité que les parties prenantes vont s'approprier du résultat qui aura une viabilité à long terme.

7. La gestion adaptative est un processus par lequel les buts environnementaux à long terme convenus sont atteints dans une série de mesures d'actions pragmatiques. Au sein de chaque mesure, des indicateurs de réalisation agréés sont contrôlés et un exercice de planification conjointe est initié pour revoir les progrès et modifier les approches requis et planifier la prochaine étape.

L'analyse est effectuée de façon trans-sectorielle en se focalisant sur les problèmes transfrontaliers sans ignorer les préoccupations et les priorités nationales. Pour rendre l'analyse plus efficace et durable, elle doit inclure l'analyse détaillée de la gouvernance qui examine l'environnement institutionnel local, légal et politique.

Le processus de l'Analyse diagnostique transfrontalière permet de décomposer des situations transfrontalières complexes en des composantes plus petites, plus faciles à gérer dans le cadre des actions comme les sous zones spécifiques de dégradation ou les « foyers ardents » prioritaires.

L'ADT est un processus scientifique et technique d'étude des faits (ou de diagnostic) de l'état et des menaces des eaux internationales. Elle a pour objectif de :

- /// Identifier, quantifier et fixer des priorités pour les problèmes environnementaux qui ont un caractère transfrontalier ;
- /// Identifier leurs causes immédiates, sous-jacentes et profondes.

L'identification des causes comprend : les pratiques, les sources, les emplacements et les secteurs d'activité humaine à partir d'où la dégradation environnementale sévit ou est menacée.

Lorsqu'il est possible, les experts des pays qui sont impliqués doivent faire le travail mais souvent les experts internationaux seraient également sollicités pour mettre l'accent sur l'utilisation d'une meilleure expertise indépendante disponible. Les experts régionaux du groupe d'action technique doivent être sélectionnés par des représentants des parties-prenantes et consultés durant le processus. Ceci est important pour donner une appropriation régionale au processus et à ses produits.

Les étapes qui sont impliquées dans le processus de développement de l'ADT sont (figure 2) :

- /// préparation de l'ADT ;
- /// analyse des impacts et conséquences de chaque problème transfrontalier ;
- /// priorisation finale des problèmes transfrontaliers ;
- /// analyse des chaînes causales et analyse de la gouvernance ;
- /// production et soumission du projet complet de l'ADT ;
- /// adoption de l'ADT par le comité de pilotage.

A travers le monde, l'Analyse diagnostique transfrontalière a été très souvent appliquée sur les quatre premiers domaines de surface c'est-à-dire, les cours d'eau (bassins), les lacs, les zones humides, les eaux marines⁸. A quelque exception près, cas de l'aquifère du Guarani (en Amérique Latine), le Système aquifère d'Ullemeden représente le premier cas, tout au moins sur le continent africain, à développer le processus ADT/PAS.

Le premier Système aquifère qui bénéficie de la démarche du FEM est le Système aquifère de Guarani (SAG) partagé par l'Argentine, le Brésil, le Paraguay et l'Uruguay. Cependant, le SAG n'est pas encore connu dans ses limites naturelles pour mieux appréhender la dynamique des écoulements souterrains. En effet, la Base de données commune n'est pas encore construite, le Système d'information géographique commun n'a pas été élaboré, le modèle hydrogéologique commun aux quatre pays n'a pas été développé. Par ailleurs, deux des quatre pays ne sont pas encore dotés d'un document juridique sur le code de l'eau.

Les exemples d'application foisonnent dans la région ; en témoignent les « Inversion de la dégradation des terres et des eaux dans le bassin du fleuve Niger » et « Inversion de la dégradation des terres et des eaux dans le bassin du lac Tchad ». Le développement de l'Analyse diagnostique

8. <http://www.iwlearn.net/ftp/iwps.pdf>

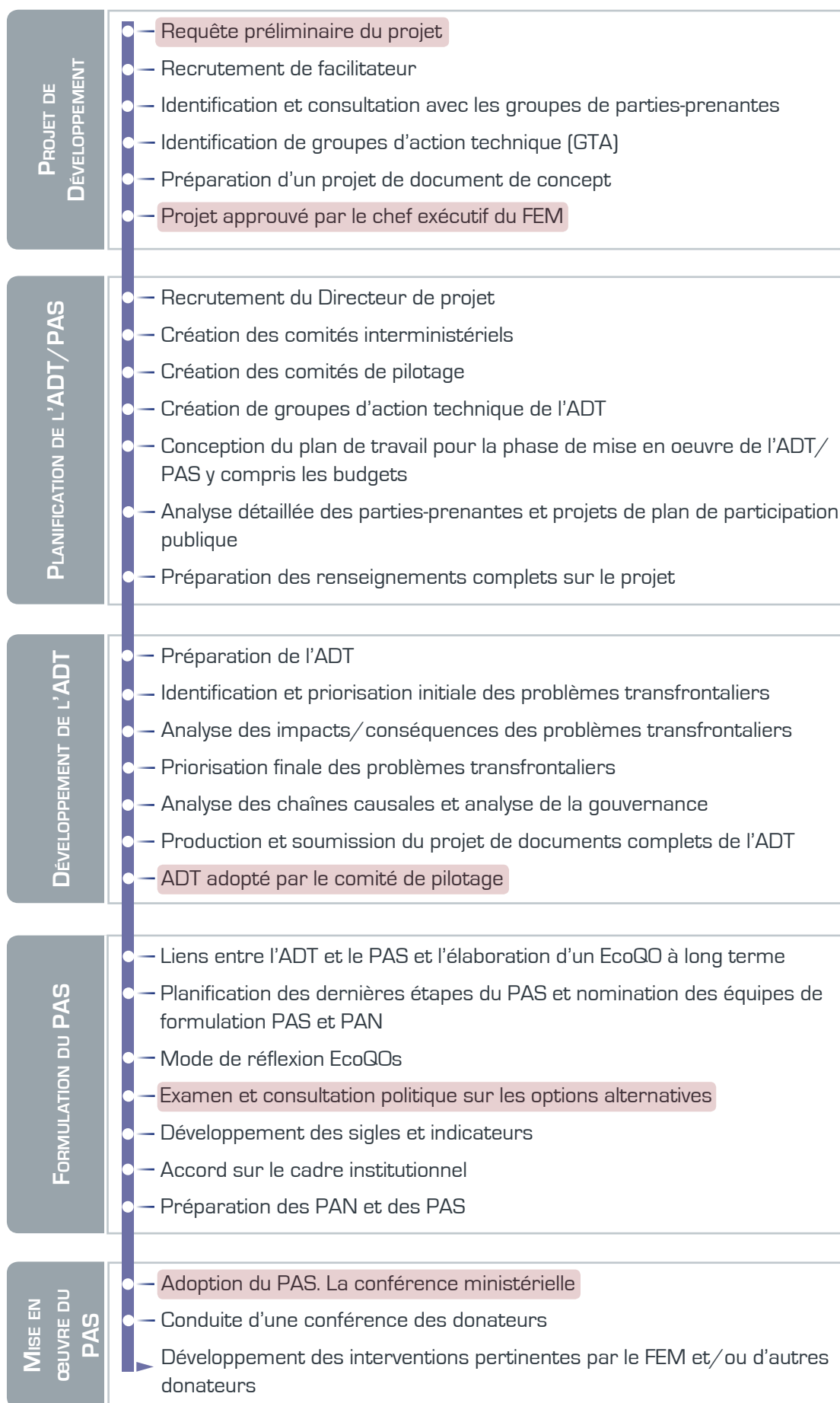


FIGURE 2 : diagramme de l'ensemble du processus. Les principales lignes de décisions sont surlignées en rouge

transfrontalière du Système aquifère d'Iullemeden par les pays et les consultants est quelquefois influencé par le foisonnement de la documentation existante largement dominée par l'étude des ressources naturelles de surface.

La particularité des eaux souterraines des aquifères partagés est qu'elles ne sont pas visibles, contrairement aux eaux des cours d'eau et lacs transfrontaliers (figure 3). Le modèle conceptuel hydrogéologique caractérise les aquifères transfrontaliers en termes de systèmes d'écoulements hiérarchisés

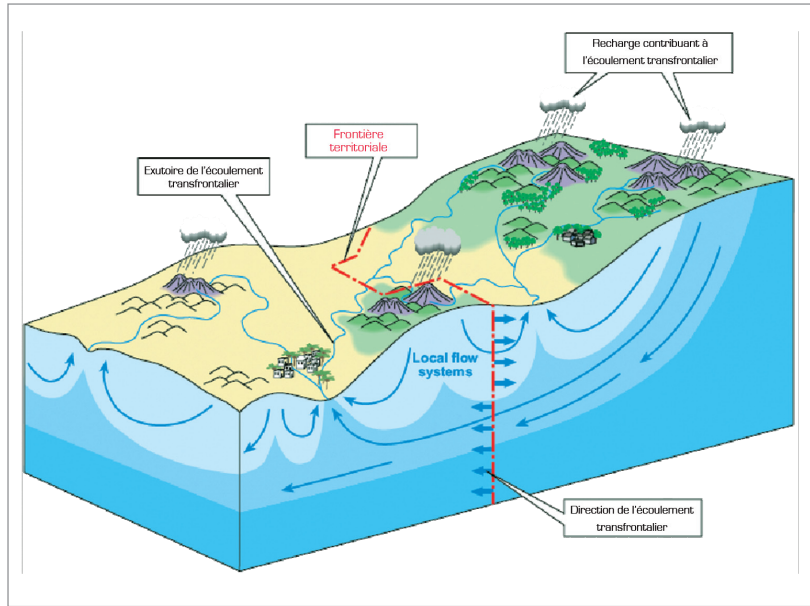


FIGURE 3 : Diagramme schématisant le caractère transfrontalier des bassins hydrographiques transfrontaliers et des aquifères transfrontaliers partagés entre deux Etats (frontière étatique en rouge)

local, intermédiaire et régional (Király, 1978 ; 1985 ; Tóth, 1962 ; 1963 ; 1966 ; 1978 ; Freeze & Witherspoon, 1966 ; 1967 ; 1968 ; Marsily, 1978 ; Ophori D., Tóth J., 1989 ; 1990)⁹.

La connaissance des écoulements souterrains implique la connaissance des zones de recharge, les exutoires (ou zone de décharge), les différents systèmes d'écoulements. Les activités menées dans certaines aires de recharge d'un côté de la frontière étatique peuvent affecter la quantité et la qualité des eaux souterraines de l'autre côté de la frontière (Almássy and Buzás, 1999; UN/ECE, 2000).

La caractérisation des écoulements souterrains requiert des informations issues de la géologie, la géophysique, de toutes les investigations hydrogéologiques. Elle requiert également les réponses

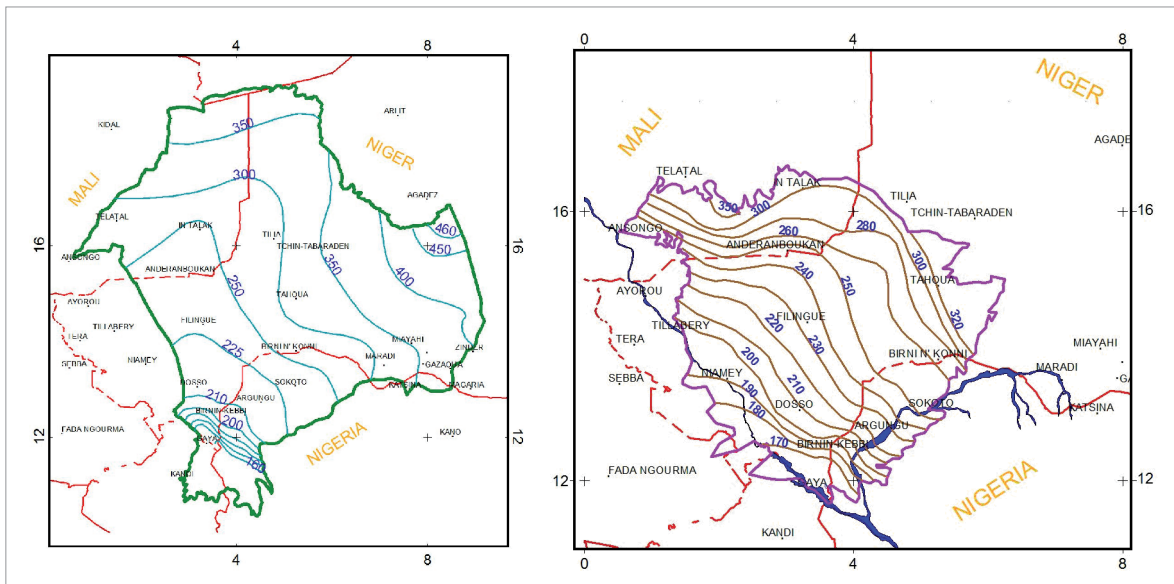


FIGURE 4 : carte piézométrique du Continental intercalaire (à gauche) et du Continental terminal (à droite) du Système aquifère d'Iullemeden (OSS, 2007).

⁹. Tóth J., 1963. A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. J. of Geophys. Res., vol. 16, n°11, pp4795-4811.

saisonniers et à long terme de la nappe, les variations et changements des directions d'écoulement induites par les activités humaines, en particulier les changements dans le mode d'utilisation des terres dans les aires de recharge et des champs d'exploitation des nappes.

« La visibilité » des eaux souterraines s'opère à travers les cartes piézométriques (figure 4) qui sont élaborées à partir des données fiables sur les niveaux d'eau mesurés dans les puits, les forages (et les sources) nivelés à la côte absolue (par rapport du niveau de la mer).

La première carte piézométrique des aquifères d'Iullemeden élaborée est celle du Continental intercalaire (Greigert, 1978). Elle fut par la suite, complétée dans le bassin de Sokoto (Margat, 1982) et partiellement à l'Est (Bonnier et al., 1992). Des précisions prenant l'intégralité de l'aquifères dans son contexte régional, ont pu être apportées par la suite (Dodo, 1992)

A présent, la modélisation mathématique du Système aquifère d'Iullemeden a permis d'obtenir les piézométriques actualisées du Continental intercalaire et du Continental Terminal. Ce modèle mathématique est un modèle régional qui servira à développer des modèles locaux selon les aquifères transfrontaliers qui composent ces deux importantes Unités hydrogéologiques.

Ces cartes piézométriques mettent en évidence l'alimentation en eau du fleuve Niger à partir des nappes ; cela confirme le soutien de l'étiage du cours d'eau par les eaux souterraines manifesté par la multitude de sources qui jalonnent les rives. Les premières estimations du modèle mathématique élaboré avec la participation active des représentants des trois pays ont fournies les valeurs suivantes (tableau 1) :

Continental terminal			
Entrées (m ³ /s)		Sorties (m ³ /s)	
Infiltration directe de la pluie	3,29	Fleuve Niger	2,50
Drainance Ci	0,013	Dallols	0,45
		Rivière Rima	0,35
TOTAL	3,30	TOTAL	3,30
Continental intercalaire			
Entrées (m ³ /s)		Sorties (m ³ /s)	
Infiltration directe de la pluie	0,55	Fleuve Niger	1,60
Apports Bordure Nord	0,29	Drainance CT	0,013
TOTAL	1,61	TOTAL	1,61

TABLEAU 1 : Bilan en eau du modèle mathématique du Système aquifère d'Iullemeden (OSS, 2007).

Le fleuve Niger reçoit l'apport des eaux souterraines. En revanche, la Rima river alimente le Continental intercalaire et reçoit les eaux du Continental Terminal. Elle prend sa source au Nigeria, traverse la République du Niger sous l'appellation de Goulbi de Maradi où il décrit une boucle d'environ 150 km, puis retourne au Nigeria pour rejoindre le fleuve Niger.

En définitive, toute l'analyse sur les différentes thématiques doit s'effectuer en se plaçant dans ce contexte souterrain.

III. GRANDS TRAITs MARQUANTS DU SYSTEME

III.1. Contexte physique et climatique du Système aquifère d'Iullemeden

LE SYSTÈME aquifère d'Iullemeden (SAI) est situé dans la zone aride et semi-aride de l'Afrique de l'Ouest. Il correspond à une portion du bassin hydrographique du fleuve Niger communément appelée « le Niger Moyen ».

L'écologie du bassin est fortement déterminée par les facteurs climatiques dont notamment la pluviométrie et la température. La pluviométrie dans le bassin du Niger, est marquée par un fort gradient : moins de 50 mm au Nord à plus de 800 mm au Sud. La position des isohyètes normales annuelles détermine quatre zones climatiques suivantes (figure 5) :

- la zone saharienne (moins de 150 mm) ;
- la zone sahélienne nomade (entre 150 et 300 mm) ;
- la zone sahélienne sédentaire (entre 300 et 600 mm) ;
- la zone sahélo-soudanienne (entre 600 et 800 mm).

La zone sahélienne nomade est dite « zone pastorale ». La « zone des cultures » se trouve au sud de l'isohyète 300 mm. Elle couvre la zone sahélienne sédentaire et la zone sahélo-soudanienne: c'est le domaine des cultures pluviales (mil, sorgho, maïs, niébé, arachide, coton, etc.).

L'analyse de l'évolution des totaux pluviométriques annuels, montre une tendance remarquable à partir de l'année 69-70 (figure 6). Ainsi, on distingue dans le bassin, trois tendances : une période « Humide » avant 1970 et une période **Sèche** de 1970 à 1993 et 1970 à 1993 et une amorce d'une période **Humide** de 1994 à actuel (Anonyme¹⁰, 2003 ; Hubert et Carbonnel , 1987¹¹; Hubert et al., 1989¹² ; Traoré et Abdou, 2005¹³).

Ainsi, dans la partie sahélienne du bassin, cette baisse s'est traduite entre autres, par la descente des isohyètes

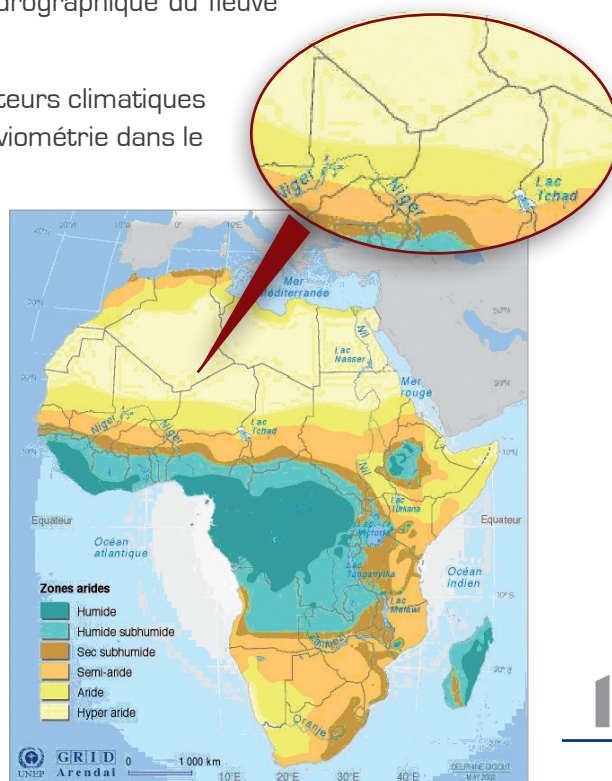


FIGURE 5 : différentes zones climatiques d'Afrique et de la zone du Système aquifère d'Iullemeden *

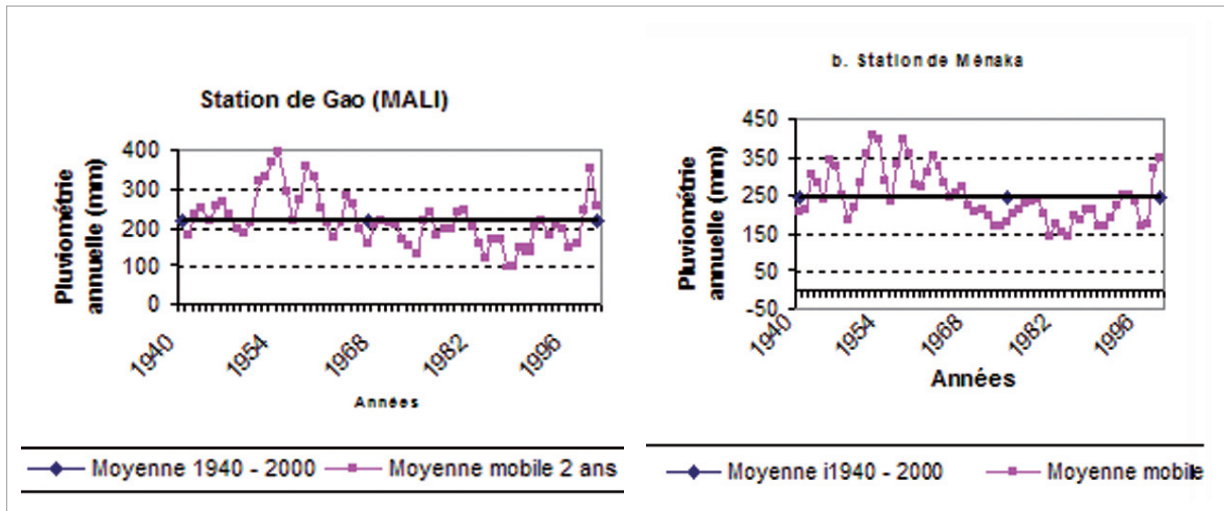
* Source : Organisation mondiale de la météorologie (OMM), Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), Changements climatiques 2001 : Impacts, adaptation et vulnérabilité, Contribution du groupe de travail II au Troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

¹⁰ UICN-BRAO, GWP-WAWP, CILSS, 2003. Eau, changement climatique et désertification en Afrique de l'Ouest : Stratégie régionale de préparation et d'adaptation.

¹¹ Hubert P. et Carbonnel J.-P., 1987. Approche statistique de l'aridification de l'Afrique de l'Ouest. Journ. Of Hydrol., 95 (1987), 165-183.

¹² Hubert P., Carbonnel J.-P. et Chauouche A., 1989. Segmentation des séries hydrométéorologiques - Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest. Journ. Of Hydrol., 110 (1989), 349-367.

¹³ TRAORE Mamadou T. et ABDOU Hassane, 2005. Processus de vision partagée pour l'élaboration du plan d'actions pour le développement durable (PADD) dans le bassin du Niger - Rapport de synthèse régionale des études multisectorielles nationales. 94 pages.



vers le Sud d'environ 100 km, indiquant une avancée significative du désert (figure 7).

Des études récentes montrent qu'au Sahel la dernière décennie est caractérisée par un maintien des conditions sèches dans la partie Ouest et un retour à des conditions plus pluvieuses dans la partie Est. La limite entre le Sahel Ouest et le Sahel central se situe à la longitude 11°O, tandis que la limite entre le Sahel

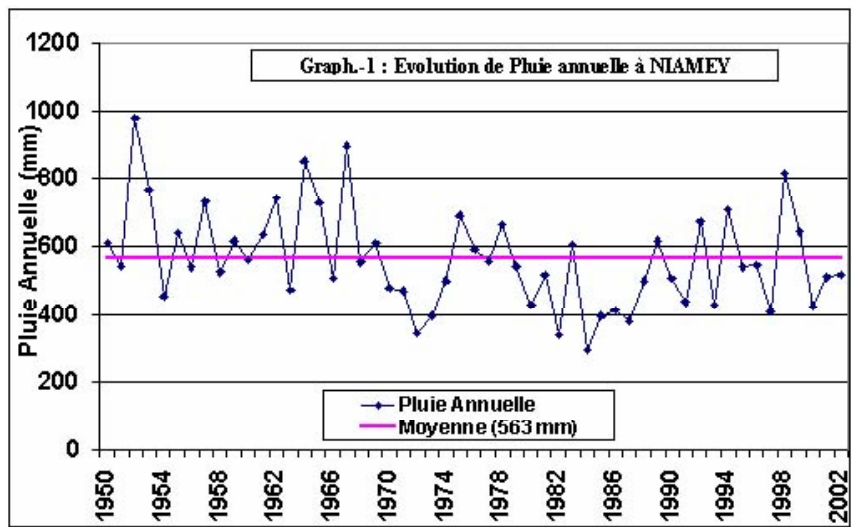
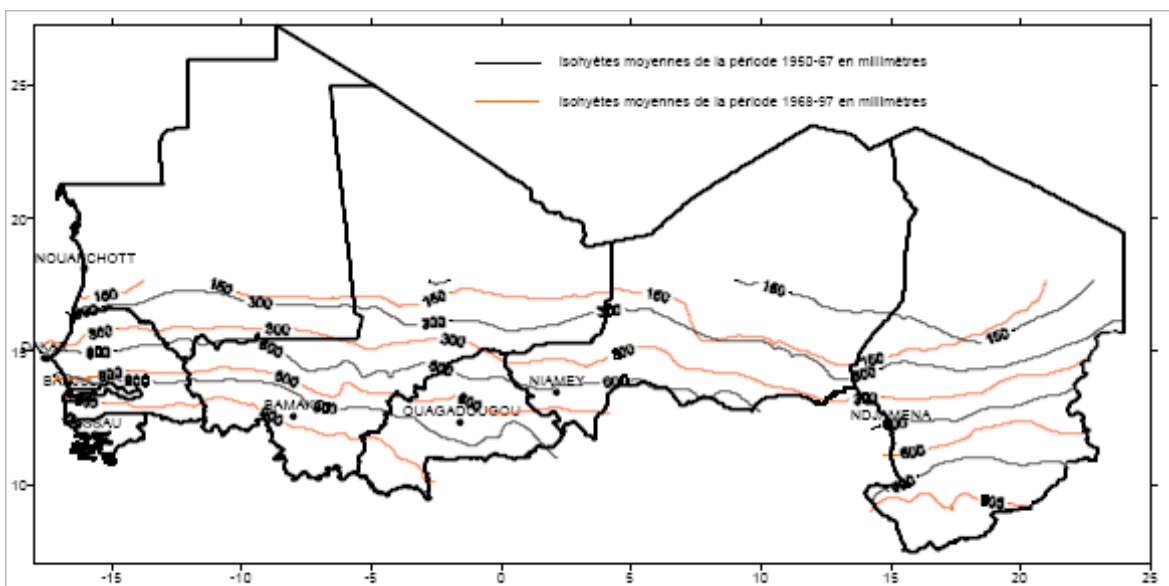


FIGURE 6 : Analyse de l'évolution des totaux pluviométriques annuels au Mali et au Niger.



Glissement des isohyètes entre les deux périodes avant et après 1968.

FIGURE 7 : Glissement des isohyètes entre les deux périodes avant et après 1968 (UICN-BRAO, GWP-WAWP, CILSS, 2003).

Est et le Sahel central se situe à la longitude 15°E.

Les indices calculés sur les différentes parties du Sahel montrent une fréquence plus importante d'opposition du signe des indices entre le Sahel Est et Ouest pour la dernière décennie (figure 8). Cette différence de comportement est particulièrement marquée à partir de 1993. Sur les 13 années qui vont de 1994 à 2006, le Sahel Ccentral a enregistré trois années très pluvieuses (1994, 1999, 2003), alors que le Sahel Ouest n'a enregistré qu'une année pluvieuse (1999) et deux années moyennement humides (2003 et 2005) et le Sahel Est sept (7) années de très bonne pluviométrie. L'année 1998 a été très pluvieuse au Sahel Est mais très sèche au Sahel Ouest. De même 2006 a été pluvieuse sur le Sahel Est, mais sèche sur le Sahel Ouest.

Ces chiffres signifient que, sur cette période, la probabilité que le Sahel Est et Ouest se situe dans la même catégorie de pluviosité – telle que définie à partir de l'IPS (Indice Pluviométrique Standardisé) – est inférieure à 25%. Il semble qu'il serait donc plus judicieux de calculer trois indices séparés pour chacune de ces zones pour mieux appréhender la réalité pluviométrique sahélienne.

Il faut également noter qu'un autre mode de variabilité interannuelle semble s'instaurer durant la période 1994-2006 où les années sèches et les années humides alternent, en contraste avec la persistance des années humides de la période d'avant 1970 et de celle des années sèches de la période 1970-1993.

Il faut remarquer que la limite est du bassin du SAI se situe au Nigeria dans la zone où les conditions pluviométriques connaissent une amélioration.

L'évaporation annuelle dans le Système aquifère d'Iullemeden varie en moyenne entre 2100 mm

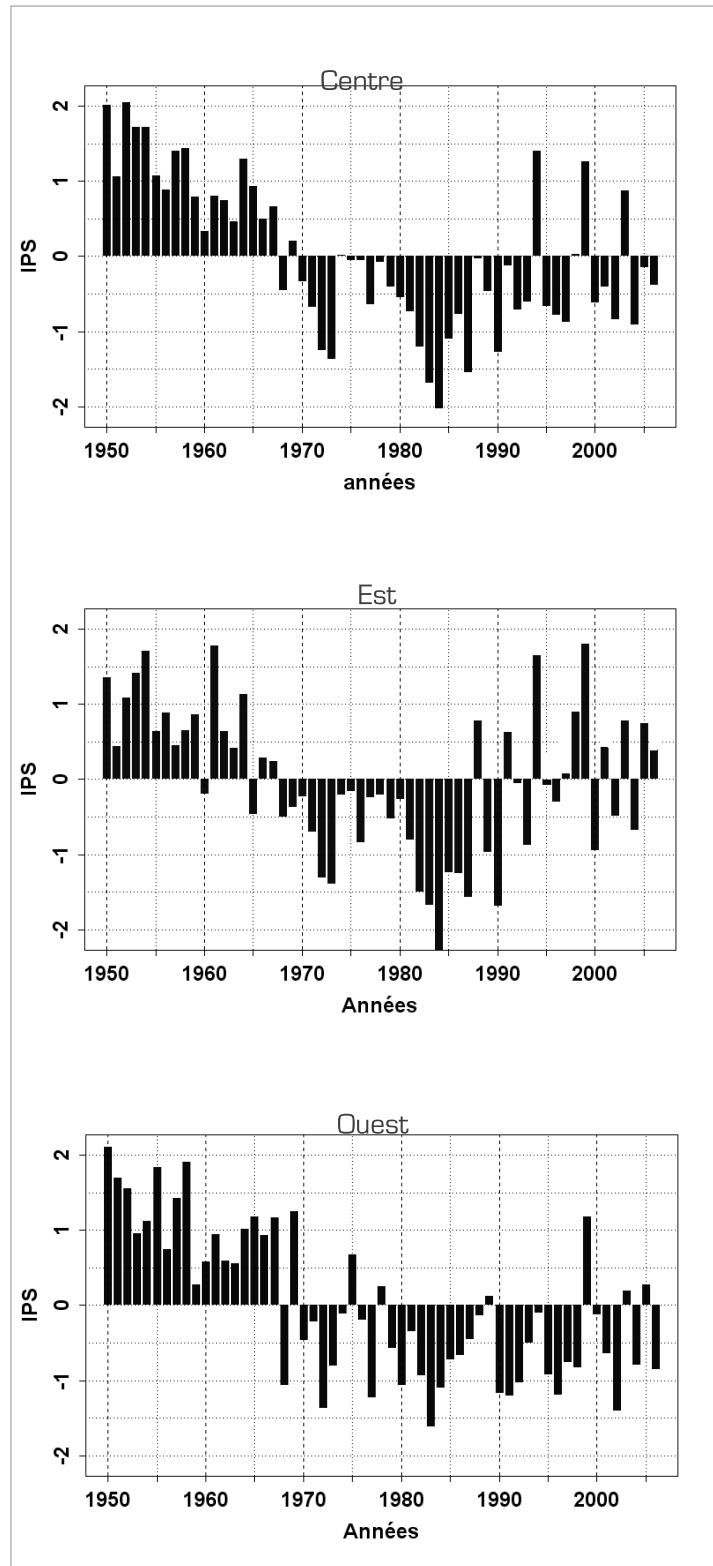


FIGURE 8 : Indices pluviométriques sur la période 1950-2006 pour les zones Centre, Est et Ouest. La limite entre les zones Ouest et Centre se situe à 11° Ouest et la limite entre les zones Est et Centre se situe à 15° Est.

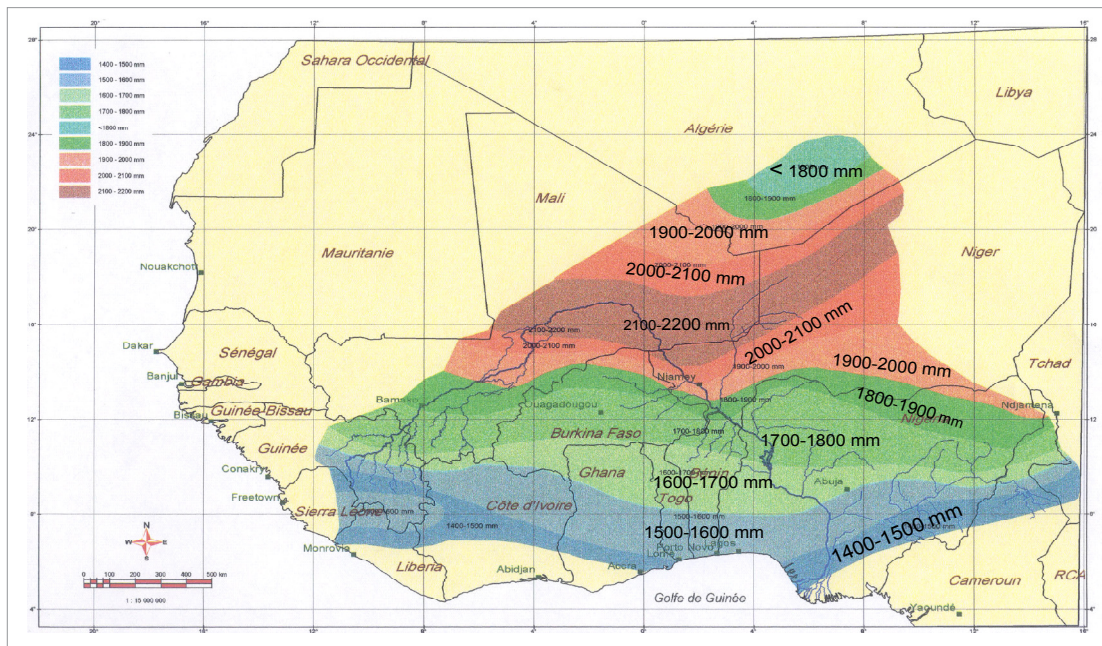


FIGURE 9 : Evaporation annuelle dans le bassin du Niger (Source : ABN)

au nord au pied des massifs du bouclier touareg (point triple Algérie-Mali-Niger) et évolue progressivement à 1800 mm au sud dans le bassin de Sokoto au Nigeria (figure 9).

III.2. Contexte socio-économique

La population du bassin est essentiellement jeune et à dominance féminine avec un taux d'accroissement annuel élevé de l'ordre de 3 %. La population est de 83 572 habitants au Mali, 9,5 millions d'habitants (soit 86 % de la population nigérienne) et près de 5 746 536 d'habitants en 2001 dans le bassin de Sokoto au Nigeria.

Les revenus du Mali, du Niger et du Nigeria proviennent essentiellement, soit d'une économie de rente (Pétrole, Uranium, cacao, café, coton), sujette aux fluctuations du marché international, soit d'une économie primaire basée sur une agriculture céréalière et des activités traditionnelles à faible valeur ajoutée. L'agriculture et l'élevage génèrent 40 à 60 % de leurs recettes d'exportation et occupent 80 à 90 % de la population active.

D'après le rapport mondial pour le développement¹⁴, le PIB est de 166 \$US (Niger), 201 \$US (Mali) et de 360 \$US (Nigeria). L'Aide Publique au Développement est de 19,5 \$US/hab (Niger), de 31,7 \$US/hab (Mali) et de 1,6 \$US/hab (Nigeria) soit respectivement 11,6 %, 15,7 % et 0,4 % du PIB (Traoré et Abdou, 2005 ; Diarra et Cissé, 2004¹⁵ ; Maliki et Soumana, 2004¹⁶ ; Ude & Hanidu, 2004¹⁷).

¹⁴. PNUD, 2002. Rapport Mondial sur le Développement humain.

¹⁵. DIARRA Adama Tiémoko et CISSE Youssouf, 2004. Etude multisectorielle nationale : Evaluation des Opportunités et Contraintes au Développement dans la portion Malienne du bassin du Fleuve Niger. Rapport Autorité du Bassin du Niger. 142 pages.

¹⁶. MALIKI Barhouni et ISSA Soumana, 2004. Processus d'élaboration d'une vision partagée pour le développement durable du bassin du Niger : Etude Multisectorielle Nationale. Rapport Autorité du Bassin du Niger. 213 pages et Annexes

¹⁷. Ude M. O. and Hanidu J. A., 2004. Assessment of the opportunities and constraints to the development of the Nigeria's portion of the river Niger basin. Niger Basin Authority, 141 pages and Appendix.

Les conséquences des déséquilibres économiques et de la dégradation de l'environnement engendrent l'exode rural qui conduit à l'implantation dans les zones péri-urbaines et à l'adoption d'un mode de vie urbain.

Les organisations intergouvernementales comme l'UEMOA et la CEDEAO traduisent la volonté des Etats d'aboutir à une intégration des politiques de développement pour un développement harmonieux et durable de la sous-région.

III.3. Cadre juridique et réglementaire de gestion des ressources en eau

Au Mali, au Niger et au Nigeria, le Droit de l'Eau est constitué par la loi portant Code de l'Eau ou la loi portant Orientation du secteur de l'eau qui jettent les bases d'une nouvelle réglementation du secteur de l'eau et rendent légitimes les structures en charge de la gestion de l'eau.

Le droit de l'eau consacre le principe de la domanialité publique de l'eau, précise les modalités de gestion et de protection des ressources en eau en fixant les droits et obligations de l'Etat, des collectivités territoriales, des usagers, de la société civile et du secteur privé.

Le contexte politico juridique de la mise en valeur des ressources en eau dans ces pays est aussi marqué par un fort engagement de l'Etat dans l'acceptation et la ratification des accords, conventions et protocoles internationaux relatifs à la gestion des ressources naturelles en général et l'eau en particulier. Cependant, les règles coutumières affaiblissent le droit moderne rendant souvent difficile l'application des textes législatifs et réglementaires qui nécessitent une très large diffusion.



FIGURE 10 : Ressources en eau de surface et bassins hydrographique d'Afrique



III.4. Ressources en eau

III.4.1. Eaux de surface

L'Afrique est le premier continent du monde¹⁸ le plus doté en ressources en eau de surface avec un potentiel estimé à 31 776 milliards de m³ (figure 10). L'Afrique est dotée de 17 grands fleuves et de plus de 160 lacs majeurs, mais n'utilise que 4 % environ de sa quantité annuelle totale de ressources renouvelables en eau

¹⁸ Igor A., Shidomanov. State Hydrological Institute (SHI, St. Petersburg) and United Nations Educational Scientific and Cultural Organisation (UNESCO, Paris), 1999: World Meteorological Organisation (WMO), International Council of Scientific Unions (ICSU), World Glacier Monitoring Service 5WGMSS; United States Geological Survey (USGS).

pour l'agriculture, l'industrie et les besoins ménagers (OMS, 2001).

Dans la zone du Système aquifère d'Iullemeden, les territoires du Mali, le Niger et le Nigeria partagent le bassin hydrographique du fleuve Niger qui représente le 3^e plus long fleuve d'Afrique et le

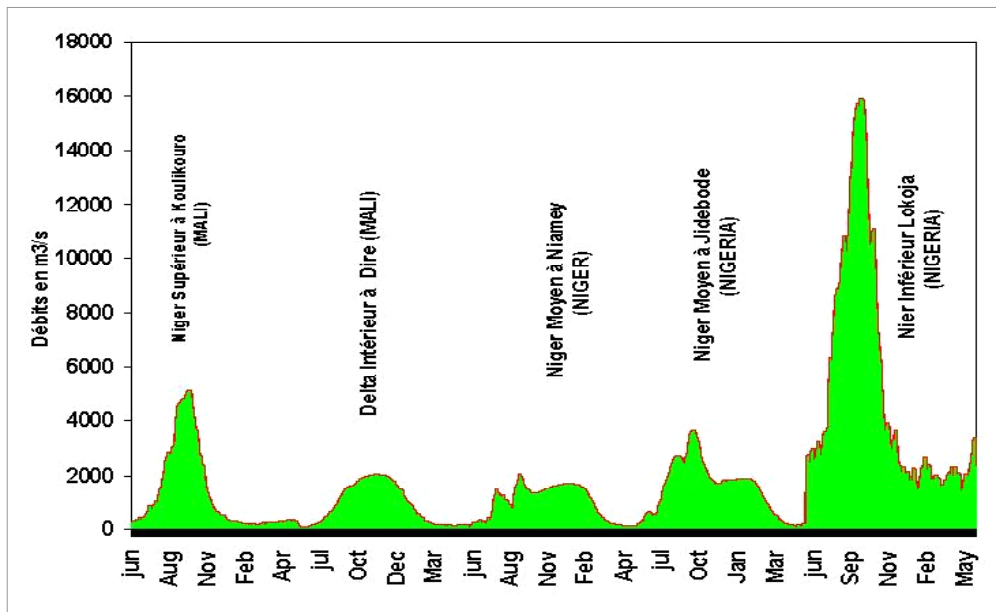


FIGURE 11 : Régime du fleuve dans les zones de son bassin au cours d'une année hydrologique (Source : ABN)

14^e du monde par sa longueur (4 200 km). Il prend sa source en Guinée Conakry, traverse le **Mali sur 1700 km** avec un delta intérieur de **84 500 km²**, puis la République du Niger sur 550 km, une partie du **Bénin et le Nigeria sur 1314 km** avant de se jeter dans le Golfe de Guinée. Il couvre une superficie de **2 170 500 km²** dont 1 500 000 km² de bassin actif. Le fleuve Niger traverse le Système aquifère d'Iullemeden sur 600 km environ.

Au Mali, à la station de Koulikoro, station de référence, le **débit moyen inter-annuel** du fleuve Niger est de **1 350 m³/s** (moyenne **1929-1970**) soit **42 milliards de m³/an** et est de l'ordre de **1039 m³/s** (moyenne **1971-2002**) correspondant à environ **33 milliards m³/an** soit une diminution de 23 % (figure 11).

Dans le territoire du Niger, le **débit moyen inter-annuel** à Niamey entre **1971 et 2002** est de **704 m³/s** seulement contre **1062 m³/s** pour la période de **1929-1970** soit une diminution globale de l'ordre de 34 %.

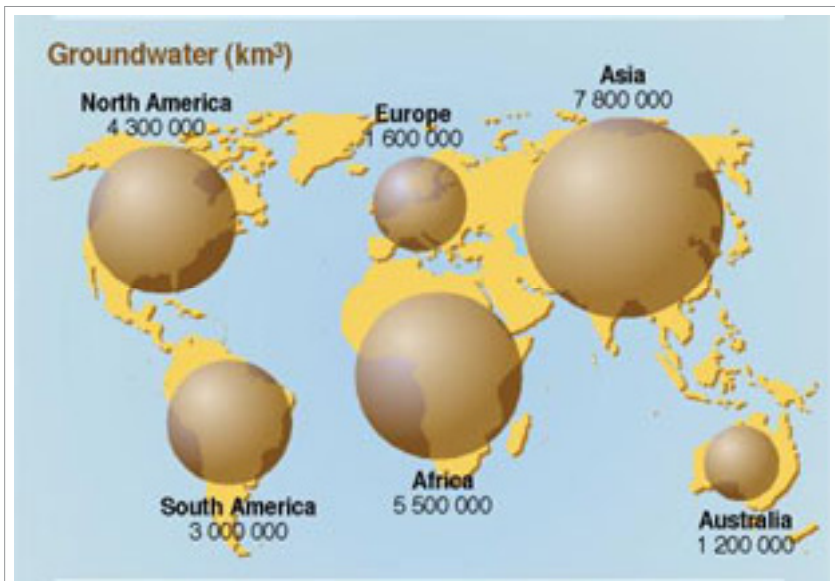


FIGURE 12 : Potentiel en eaux souterraines d'Afrique.

Au Nigeria, le **débit moyen inter-annuel** du fleuve Niger en amont de Jebba, en aval des barra-

ges de Kainji et Jebba, est de **1454 m³/s**. Après la confluence à Lokoja, il passe à **5 660 m³/s** (moyenne de la période de **1915 à 2001**). La moyenne de **1929-1970** est de **6 055 m³/s** contre **5 066 m³/s (1971-2001)** soit une diminution d'environ 17 %.

III.4.2. Eaux souterraines

L'Afrique occupe le 2^e rang mondial après l'Asie grâce à son potentiel en eaux souterraines¹⁹ qui est estimé à 5 500 000 milliards de m³ (figure 12).

Le Mali, le Niger et le Nigeria sont couverts par des systèmes aquifères des grands bassins sédimentaires qui sont encadrés par les massifs des boucliers de la chaîne mobile panafricaine (Hoggar, Air, Adrar des Iforas, Damagaram Mounio, Plateau de Jos) et le craton ouest africain du Man, (Konaté, 1996²⁰).

Le territoire du Mali est à cheval sur les bassins sédimentaires de Taoudenni et d'Iullemeden, le Niger et le Nigeria sur le Bassin d'Iullemeden et le bassin du Lac Tchad. Les formations sédimentaires débutent par les grès arkosiques du Cambro-Ordovicien et s'échelonnent jusqu'aux alluvions anciennes et récentes du Quaternaire.

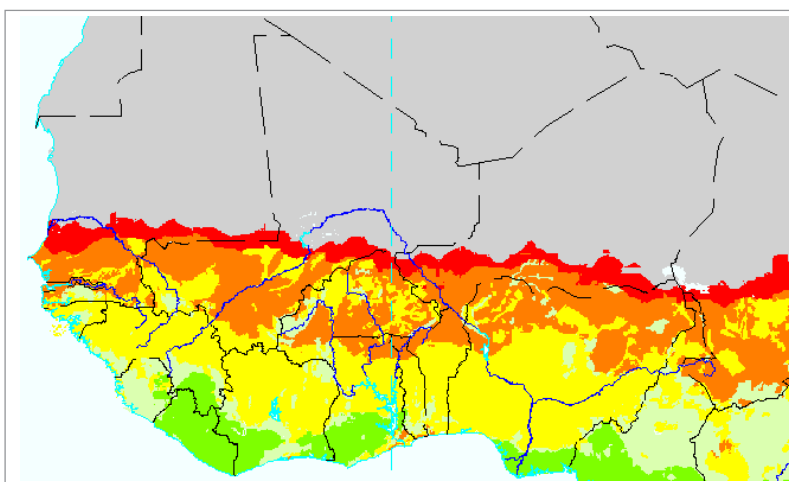


FIGURE 12 : Carte de vulnérabilité à la désertification (d'après US Department of agriculture, Washington D.C. 1998). Echelle de vulnérabilité : Vert = Faible ; Jaune = Modéré ; Orange = Elevé ; Rouge = Très élevé.

A l'échelle nationale, les ressources en eau souterraines sont estimées à **2 700 milliards de m³ au Mali** avec un **taux annuel de renouvellement** évalué à **66 milliards de m³**. L'exploitation des eaux souterraines se fait à travers 15100 forages positifs et 9400 puits modernes à grands diamètres (DNH, 2003). **Au Niger, les ressources en eaux souterraines renouvelables** sont estimées à **2,5 milliards de m³** et les ressources non renouvelables à plus de **2 000 milliards de m³** non renouvelables (Anonyme, 2000). Au Nigeria où le socle est prédominant, les ressources en eau renouvelables sont estimées à **221 milliards de m³** dont 214 pour les eaux de surface et 80 milliards de m³ pour les eaux souterraines.

Le potentiel en eaux souterraines du Système aquifère d'Iullemeden sera évalué avec le modèle mathématique (OSS, 2007²¹).

III.5. Dégradation des terres

Selon des études réalisées par la FAO, 3 600 millions d'hectares, 70 % terres arides mondiales

¹⁹ Igor A., Shidomanov. State Hydrological Institute (SHI, St. Petersburg) and United Nations Educational Scientific and Cultural Organisation (UNESCO, Paris), 1999: World Meteorological Organisation (WMO), International Council of Scientific Unions (ICSU), World Glacier Monitoring Service 5WGMS; United States Geological Survey (USGS).

²⁰ Konaté M., 1996. Evolution Tectono-sédimentaire du bassin paléozoïque de Kandi (Nord Bénin, Sud Niger) – Un témoin de l'extension post-orogénique de la chaîne panafricaine. Thèse de Doct., Univ. Bourgogne, Lyon I, Aix-Marseille I, Toulouse III. Vol. I, II, III

²¹ OSS, 2007. Modèle mathématique du Système aquifère d'Iullemeden. OSS, Tunis

touchées, 10 millions d'hectares de terres arables se dégradent tous les ans, 130 millions d'ha gravement touchés, 50 % en Afrique.

Le continent est le plus exposé à cause du Sahara qui représente le plus grand désert du monde avec 10 millions km². Ce phénomène de désertification affecte environ 480 millions d'hommes à travers le monde, et menace un environ un milliard de personnes. L'Afrique sahélienne est l'une des principales zones les plus vulnérables à la désertification²² (figure 13).

La déforestation pour la production de bois de chauffe contribue de manière très significative à la désertification. Dans les pays en développement, plus de **2 milliards de personnes** n'ont pas accès à des formes d'énergie fiables. L'eau est une ressource cruciale en matière de production d'énergie, cette dernière étant à son tour essentielle au développement économique. Tandis que l'Europe utilise 75 % de son potentiel en énergie hydraulique, l'Afrique, dont 60 % de la population n'a pas accès à l'électricité, n'exploite que 7 % de son potentiel²³. Ce déficit est compensé par l'énergie de bois.

Dans l'espace du Système aquifère d'Iullemeden, le domaine forestier²⁴ du Mali est estimé à 100 millions ha (Diarra et Cissé, 2004) excepté les zones pastorales et désertiques. Cependant, l'essentiel des ressources ligneuses ne couvre que 32,4 millions d'ha soit moins de 26 % de la superficie du territoire national. 118 forêts classées totalisant environ 1 million d'hectares dont 20 forêts classées, d'une superficie de 259 200 ha, sont soumises à un aménagement durable parmi lesquelles 8 000 ha dans la région d'Iullemeden²⁵.

Pour les productions ligneuses, le volume sur pied est supérieur à 520 millions de m³ soit 416 millions de tonnes de bois sur pied avec des productions de moins de 10 m³/ha pour les savanes arbustives ; de 20 à 40 m³/ha pour la brousse tigrée ; de 50 à 80 m³ pour les savanes boisées ; et de plus de 100 m³/ha dans la zone guinéenne et les galeries forestières.

Au Mali, plus de 100 000 ha de forêts disparaissent chaque année. Les prélèvements pour le bois de chauffe et charbon de bois sont estimés globalement à 5 millions de tonnes par an ; ce qui correspond à l'exploitation de 400 000 ha et devrait atteindre ou dépasser 7 millions de tonnes en l'an 2010 soit 560 000 ha. Le potentiel de régénération (productivité) est estimé à 7 millions de tonnes par an²⁶. La production de bois de chauffe et charbon de bois dans la portion du Système aquifère d'Iullemeden au cours de la période 1984-1999 est estimée à 270 879 stères de bois soit 37 095 quintaux de charbon.

Au Niger, selon une estimation réalisée durant la période 1982 et 1989, les ressources forestières couvrent une superficie de 16 millions d'hectares (soit 2% de la superficie du territoire national) constitué de 11 600 000 hectares de terres forestières marginales (recouvrement inférieur à 5 %), 4 400 000 hectares de formations forestières aménageables dont 600 000 hectares de forêts classées²⁷. En 1995, les superficies forestières (forêts naturelles et plantations) se réduisent à seulement 2,5 millions d'hectares²⁸. Dans le bassin d'Iullemeden, il a été inventorié 37 forêts classées couvrant une superficie de 381 284,4 ha (soit 79 % de la superficie totale des forêts classées du pays) et 38 forêts protégées totalisant environ 2,3 millions d'hectares.

²². US Department of agriculture, Washington D.C. 1998

²³. Deuxième rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau

²⁴. Résultats du Projet Inventaire des Ressources Ligneuses du Mali (PIRL 1985-1991).

²⁵. Direction Nationale de la Conservation de la Nature (DNCN), 1999

²⁶. Selon la Direction Nationale des Ressources Forestières Fauniques et Halieutiques (DNRFFH)

²⁷. CNEDD, 1998 et 2004

²⁸. Document National CSE/LCD, 2004

Les forêts nigériennes fournissent 87 % des besoins énergétiques des populations évalués entre 1,5 et 2 millions de tonnes par an malgré une productivité faible des forêts nigériennes (variant entre 0,1 à 1,5 stère/ha/an)²⁹ due notamment à une forte pression anthropique et animale et aux sécheresses récurrentes. Ainsi, ce sont **annuellement 338 180 hectares** en moyenne qui sont soustraits aux superficies forestières³⁰.

La République Fédérale du Nigeria est dotée de réserves forestières importantes. Dans certains Etats du nord, les estimations se chiffrent à Bauchi 840 280 hectares, 613 484 hectares à Kaduna et 602 631 hectares dans l'Etat de Sokoto. Un programme de restauration des forêts a permis de reconstituer 432 052 hectares dans l'Etat de Borno (zone de Lac Tchad), 18 900 hectares dans l'Etat de Katsina, 17 150 hectares dans l'Etat de Kebbi. La production de plants en 1992 dans les Etats menacés de désertification à cause de la déforestation, a atteint les chiffres suivants : Plateau 2 368 500, Kano 1 998 000, Borno 1 700 000, Sokoto 1 555 875 ha.

Il est important de rappeler que le Nigeria est doté à la fois de ressources énergétiques renouvelables et non renouvelables. Les ressources non renouvelables comprennent notamment : pétrole brut, gaz naturel, le charbon et la lignite, combustible nucléaire. Les ressources renouvelables sont constituées de l'énergie hydro-électrique, l'énergie solaire, l'énergie éolienne, le bois de chauffe et la biomasse. Le bois de chauffe constitue au-delà de 85 % de l'énergie domestique bien que le Nigeria soit un pays exportateur de pétrole. Les productions annuelles sont de l'ordre de 43,3 millions de tonnes/an pour le bois, de 144 millions de tonnes/an pour le bétail Animal Waste and crop residue, de 734,2 MW pour l'énergie hydro-électrique de petite taille, de 5,25 kw/m²/jour en moyenne pour l'énergie solaire, et de 2,0-4,0 (19,8W/m² en moyenne pour l'énergie éolienne³¹.

En matière de dégradation des terres, **0.7 % du potentiel forestier disparaît au Mali, contre 3,7 % au Niger et 2,7 % au Nigeria**³².

III.6. Paradoxe du continent africain

L'Afrique est le premier continent du monde doté des ressources en eau souterraines (dont le Système aquifère d'lullemeden) et le second en matière des eaux de surface (dont le fleuve Niger qui représente l'un des exutoires principaux du Système aquifère d'lullemeden) après l'Asie. Cependant, l'Afrique n'utilise que **4 %** environ de cet énorme potentiel.

C'est ainsi que la situation d'accès à l'eau potable de la population demeure précaire. A l'heure actuelle, environ **65 % de la population rurale et 25 % de la population urbaine n'ont pas accès** à une distribution d'eau adéquate. La majeure partie des pays d'Afrique dont ceux de l'Afrique de l'Ouest en partie le Mali, le Niger et le Nigeria, pourraient être dans une situation de stress hydrique à l'horizon 2025. Le continent africain souffre ainsi d'un paradoxe peu ordinaire, celui d'une pénurie en eau dans un environnement qui regorge d'énormes potentialités en eau.

Lors d'une conférence panafricaine sur l'eau tenue à Addis-Abeba (Ethiopie) en décembre 2003, les ministres africains chargés de l'eau et les planificateurs du développement ont indiqué que le manque de ressources et de technologies étaient les principaux obstacles à la recherche d'une solution à la question de l'eau et de l'assainissement en Afrique. La réunion d'Addis-Abeba a dé-

²⁹ CNEDD, 1998

³⁰ CNEDD, 2004

³¹ Nigeria's Non-Conventional Energy Resources (Source : Federal Republic of Nigeria: National Assessment Report-World Summit on Sustainable Development-2002)

³² World Bank Atlas (2001)

bouché sur l'élaboration de « la Vision Africaine 2025 » qui représente un référentiel pour la gestion de l'eau sur le continent³³.

Les Ministres africains se sont engagés à allouer 5 % au moins du budget national à l'eau et à l'assainissement dans un délai de cinq ans. Ils ont également décidé de créer un fonds, le Fonds africain pour l'eau (ou Facilité africaine de l'eau) logée à la Banque africaine de développement, en vue de mobiliser, d'ici à 2008, plus de 600 millions de dollars pour des programmes relatifs à l'eau et à l'assainissement.

C'est dans cette situation que l'Analyse diagnostique transfrontalière du Système aquifère d'Iullemeden a été réalisée par les comités nationaux de coordination appuyés des travaux des consultants.

³³. Gumisai Mutume, 2004. Les vicissitudes du développement durable. Afrique Renouveau, Vol.18#2 (Juillet 2004), page 19.

IV. ELEMENTS D'ANALYSE DIAGNOSTIQUE TRANS-FRONTALIERE

IV.1. Disponibilité des données

L'Analyse diagnostique transfrontalière est basée sur les données existantes et disponibles. Les données hydrogéologiques proviennent pour la plupart des bases de données nationales installées au sein des ministères en charge de l'Hydraulique du Mali et du Niger, le Nigeria n'étant pas encore doté d'une base de données fonctionnelle. Ces bases sont alimentées par les données transmises par les directions de l'Hydraulique des départements et régions.

Des données existent aussi dans les archives ou les centres de la documentation de ces ministères ; cependant, ces données ne sont pas systématiquement inventoriées et informatisées. Les données sur les prélèvements sont, pour la plupart, collectées, gérées et stockées par les agences et sociétés nationales chargées de la distribution d'eau potable pour les centres urbains et péri-urbains.

Les données climatologiques telles que la température, l'humidité relative, la pluviométrie, à l'évapotranspiration, relèvent des directions nationales de la météorologie ; ces données sont accessibles au public mais payantes. Les données sur l'hydrométrie sont accessibles auprès de l'Autorité du bassin du Niger.

IV.2. Aperçu des Bases de données du Mali

La Direction nationale de la statistique et de l'Informatique et les cellules de planification et de statistique (CPS) des départements ministériels constituent les principales sources de documentation. Il s'agit en particulier des CPS des ministères chargés de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche, des ministères chargés de l'eau, de la santé et de l'éducation.

La base de données SIGMA a été conçue sous environnement DOS et installée à la DNH en 1986 par le projet PNUD/MLI/84/005 pour la préparation de la synthèse hydrogéologique du Mali et l'élaboration du schéma directeur de mise en valeur des ressources en eau. Par la suite elle a été réaménagée sous environnement Windows avec le logiciel ACCESS à l'occasion de l'inventaire d'actualisation des Points d'eau modernes en 2003. Elle est devenue SIGMA2 et constitue la principale source d'information sur les ressources en eau souterraines. Elle est constituée également par :

- /// les nouvelles données relatives au découpage communal et au recensement général de la population et de l'habitat de 2001 ;
- /// les données techniques et hydrogéologiques sur les forages exécutés (fichiers : forages, chimie, essais de pompage, points d'eau modernes etc.). La base SIGMA ne contient pas de données isotopiques ;
- /// les données de l'inventaire d'actualisation sur la fonctionnalité des pompes réalisé en 2003 ;
- /// les données climatiques sur les stations d'observation de la Direction nationale de météorologie ;

- /// les données sur les fleuves Niger et Sénégal et leurs principaux affluents (listes des stations contrôlant les différents bassins et les hauteurs d'eau exprimées en cm) .

Le système d'information pour les eaux de surface objet de base des données hydrologiques est constitué d'un réseau d'une centaine de stations contrôlant les deux cours d'eau principaux que sont le Niger et le Sénégal et leurs différents affluents, d'une procédure de collecte de données et d'un système informatique d'archivage et de traitement reposant sur plusieurs logiciels (Gestra, HYDROM, HydrAccess).

Les données hydrologiques de cette base sont collectées par les observateurs locaux et par l'équipement de collecte. Les lectures de hauteur d'eau sont effectuées une ou deux fois par jour selon les stations, consignées sous forme de bulletins qui sont transmis en fin de chaque mois à la Division inventaire des ressources hydrauliques via les directions régionales de l'hydraulique et de l'énergie.

Cette base hydrologique est développée sous le logiciel Access (« HydrAccess »). Elle n'est pas encore connectée à SIGMA2. Elle contient :

- /// les données des hauteurs d'eau de toutes les stations du réseau avec plus ou moins de lacunes selon les stations ;
- /// les débits concernant environ 50 % des stations du réseau représentant les stations étalonnées.

Pour le cours moyen du Niger dont relève la portion malienne d'Iullemeden, on dispose des données de hauteur d'eau et de débits avec toutefois des lacunes pour les stations de Tossaye (1954-2002) et d'Ansongo (1950-2002) ; des hauteurs d'eau pour la station de Gao pour la période 1950-2002. Par contre il n'existe aucune donnée pour les stations de Lelehoy et Labbezanga situées en aval de la station d'Ansongo.

Les données climatologiques notamment (température, humidité relative, pluviométrie, évapotranspiration, vitesse de vent et insolation) ont été fournies par la Direction nationale de la météorologie qui dispose de 252 postes pluviométriques, 19 stations synoptiques, 58 stations climatologiques et stations agrométéorologiques qui mesurent la pluie. Certaines stations synoptiques et agrométéorologiques sont équipées de pluviographes.

IV.3. Aperçu des Bases de données du Niger

Au Niger, le ministère en charge de l'Hydraulique a mis en place un outil de gestion de données dénommé « IRH/SIGNER ». L'outil IRH/SIGNER (IRH « Inventaire des ressources hydrauliques »/ et « Système d'information géographique du Niger », est constitué de :

- /// la base de données IRH, véritable socle du système,
- /// l'outil SIGNER permettant le traitement, l'exploitation cartographique et la diffusion des données. Cet outil créé pour exploiter la base de données IRH est ouvert à toutes autres données qui peuvent être valorisées par une exploitation spatiale.

Cet outil « IRH/SIGNER » évoluera progressivement vers un Système intégré d'informations sur l'eau (SII-EAU). Dans le contexte du développement durable, le SII-EAU devra couvrir toute la chaîne de l'information requise pour la Gestion intégrée des ressources en eau, la planification, la mise en oeuvre et la maintenance des ouvrages hydrauliques.

La base de données IRH est ancrée au sein du ministère de l'Hydraulique, à la Direction des ressources en eau (DRE).

La base de données IRH a hérité son nom du service des Inventaires des ressources hydrauliques qui fut créé en 1972, s'appelant alors Bureau des inventaires des ressources hydrauliques (BIRH) et était rattaché au service des Mines du ministère des Travaux Publics, des Mines et de l'Urbanisme. En 1980, la Direction de l'hydraulique est devenue ministère de l'Hydraulique et le BIRH est devenu le service IRH le 22 septembre 1980.

La saisie des données est assurée par les directions régionales de l'hydraulique. Un correspondant informatique spécialement formé à cet effet est chargé de la saisie, du traitement, du stockage et de la transmission des données. La base de données IRH est constituée par :

- /// **Un système de gestion de base de données (SGBD)** : c'est un logiciel capable de stocker et de gérer un ensemble structuré de données. IRH a utilisé dBase, puis Visual dBase (Borland). Ce SGBD est constitué d'un ensemble de fichiers de données et d'index. Chaque fichier de données représente un sujet de préoccupation (village, point d'eau, analyse chimique...).
- /// **Un programme interactif permettant la saisie et la consultation des données (IRH-NT)** : il s'agit de la dernière version de ce programme. Il a été développé sous Visual dBase et utilise les fenêtres Windows. Il permet la saisie et l'interrogation des données ainsi que la génération d'états de synthèse et de sélection de champs en vue de l'utilisation des données par d'autres systèmes d'information.

La base de données IRH est très complète. Sa structure élaborée sur le modèle relationnel est rigoureuse. Elle prévoit la saisie et le stockage des informations concernant :

- les villages et leur approvisionnement en eau ainsi que les données sur la population, le cheptel, les infrastructures sanitaires et scolaires, ...
- les points d'eau modernes : forages, puits cimentés et piézomètres avec leurs caractéristiques techniques détaillées,
- le suivi de la qualité de l'eau sur les points d'eau modernes,
- le suivi piézométrique,
- les mares, leurs caractéristiques et leur localisation,
- les projets assurant des réalisations dans le domaine de l'hydraulique rurale.

Ainsi, sans être exhaustive, la base IRH prévoit dans sa conception, l'intégration des données nécessaires à la gestion efficace des ressources en eau.

Quant au SIGNER (Système d'Information Géographique du NigER), il s'agit d'un système d'information géographique (SIG) initié en 1988 par le ministère en charge de l'Hydraulique avec la collaboration technique du Département des Affaires économiques et sociales (DAES) des Nations Unies. SIGNER se compose d'un ensemble ouvert de données, de logiciels, de matériels et de méthodes.

Les données qui constituent SIGNER proviennent de diverses sources nationales. On distingue :

- /// **les données cartographiques** : elles sont constituées par les cartes numérisées ou digitalisées tout le long du développement de l'outil depuis 1988. Les cartes originales proviennent de diverses sources cartographiques dont l'Institut géographique national du Niger (IGNN) : cartes topographiques, le service cartographique du ministère chargé des Mines, le service cartographique du ministère chargé des Transports, le service du cadastre de certaines communautés urbaines, et le Centre régional Agrhymet qui relève du CILSS.
- /// **les images satellites** : SIGNER est doté d'un certain nombre d'images satellites obtenues à travers sa collaboration avec d'autres systèmes.
- /// **les données tabulaires ou attributaires** : La base de données IRH constitue le socle de données exploitées par SIGNER. Néanmoins, en fonction des besoins des études qui lui sont

confiées, SIGNER utilise régulièrement d'autres bases de données nationales ainsi que des données tabulaires spécifiques des services techniques.

Les logiciels utilisés au sein de l'équipe SIGNER peuvent être classés en :

/// **systèmes d'information géographique** : ils représentent les données géographiques (lieu, itinéraire, surface) sous un format vectoriel à l'aide d'objets cartographiques simples (point, ligne brisée ou polygone, polygone). Un SIG permet d'associer aux objets cartographiques, les informations correspondantes qui sont stockées dans des tables dites attributaires ou dans une base de données. Les objets cartographiques sont regroupés par type à travers «une couche» ou thème. La superposition d'un certain nombre de ces couches permet d'élaborer une carte thématique.

Dans la pratique, SIGNER travaille avec IDRISI et surtout Atlas GIS (Strategic Mapping), bien que des SIG plus modernes commencent à être utilisés : MAPINFO, ARCVIEW 3.2 et ARCGIS (ESRI).

/// **Système de gestion de base de données** : pour l'analyse et l'interrogation des données, SIGNER utilise les SGBD : Visual dBase (Borland), ACCESS (Microsoft).

/// **Logiciels d'analyse des données spatiales** : SURFER (Golden Software) est un logiciel qui propose divers algorithmes d'interpolation spatiale des données à partir des valeurs ponctuelles, sur la base d'une grille (maillage) régulière prédéfinie. Le résultat des calculs (valeurs aux noeuds des mailles) peuvent être présentés sous forme de tableaux, de cartes d'égalité de valeurs (exemple : piézométrie ; épaisseur d'un aquifère) ou d'une visualisation tridimensionnelle du paramètre spatialisé.

/// **Utilitaires** : ce sont des programmes informatiques conçus pour les besoins spécifiques du fonctionnement du SIGNER, souvent pour permettre le transfert d'informations entre les principaux logiciels du commerce. Les utilitaires utilisés par le SIGNER ont pour l'ensemble été conçus par l'assistance du PNUD/DAES.

IV.4. Aperçu de la Base de données du Nigeria

Le département d'hydrologie et d'hydrogéologie au ministère fédéral des ressources en eau a établi en 2001 une Base de données et un Système d'information géographique hydrologique et hydrogéologique pour le pays tout entier. C'est ainsi qu'une version d'ArcGIS 8.0 et le système de gestion de Bases de données MS Access ont été employés pour créer un système de gestion de base de données relationnelle. En 2007, le logiciel GIS utilisé a été remplacé par la version d'ArcGIS 9.1.

Actuellement, la Base de données contient des cartes du Nigeria dans différents thèmes tels que l'Etat, le gouvernement local, 12 bassins de fleuve et 8 frontières de secteur hydrologiques ainsi que d'autres attributs. En outre, des données sur les forages sont reportés à ces cartes, aux stations de jaugeage du fleuve et d'autres infrastructures d'eau.

Il y a aussi des projets en cours sur collection des données qui vont renforcer la Base de données. Ces projets sont aux stades avancés de l'accomplissement.

En outre, le département qui évolue maintenant vers une agence des services hydrologiques du Nigeria est sur le point de s'embarquer sur la gestion de réseau pour faciliter l'accès de PCS des données et de l'information de la base de données. Ce doit être fait sous le projet appelé la gestion de réseau hydrologique nationale de systèmes d'information (HYDRONET).

Le projet « Système aquifère d'Iullemeden » tirera bénéfice de cette base de données.

V. CADRE HYDROGEOLOGIQUE DU SYSTEME AQUIFERE D'ULLEMEDEN

Le Système aquifère d'ullemeden est encadré au nord par les massifs du Hoggar, de l'Aïr et de l'Adrar des Iforas qui constituent le bouclier touareg, et au sud par le plateau de Jos (au Nigeria) et le Liptako-Gourma à l'ouest (figure 14). A l'est, il est séparé du bassin du lac tchad par une dorsale subméridienne dénommée le seuil de Damergou.

Le bassin d'ullemeden est comblé des formations sédimentaires qui s'échelonnent du Cambro-Ordovicien au Tertiaire et Quaternaire. Dans ce cas de figure, le Système aquifère d'ullemeden est partagé par l'Algérie, le Bénin, le Mali, le Niger et le Nigeria³⁴. Il est représenté en Algérie avec

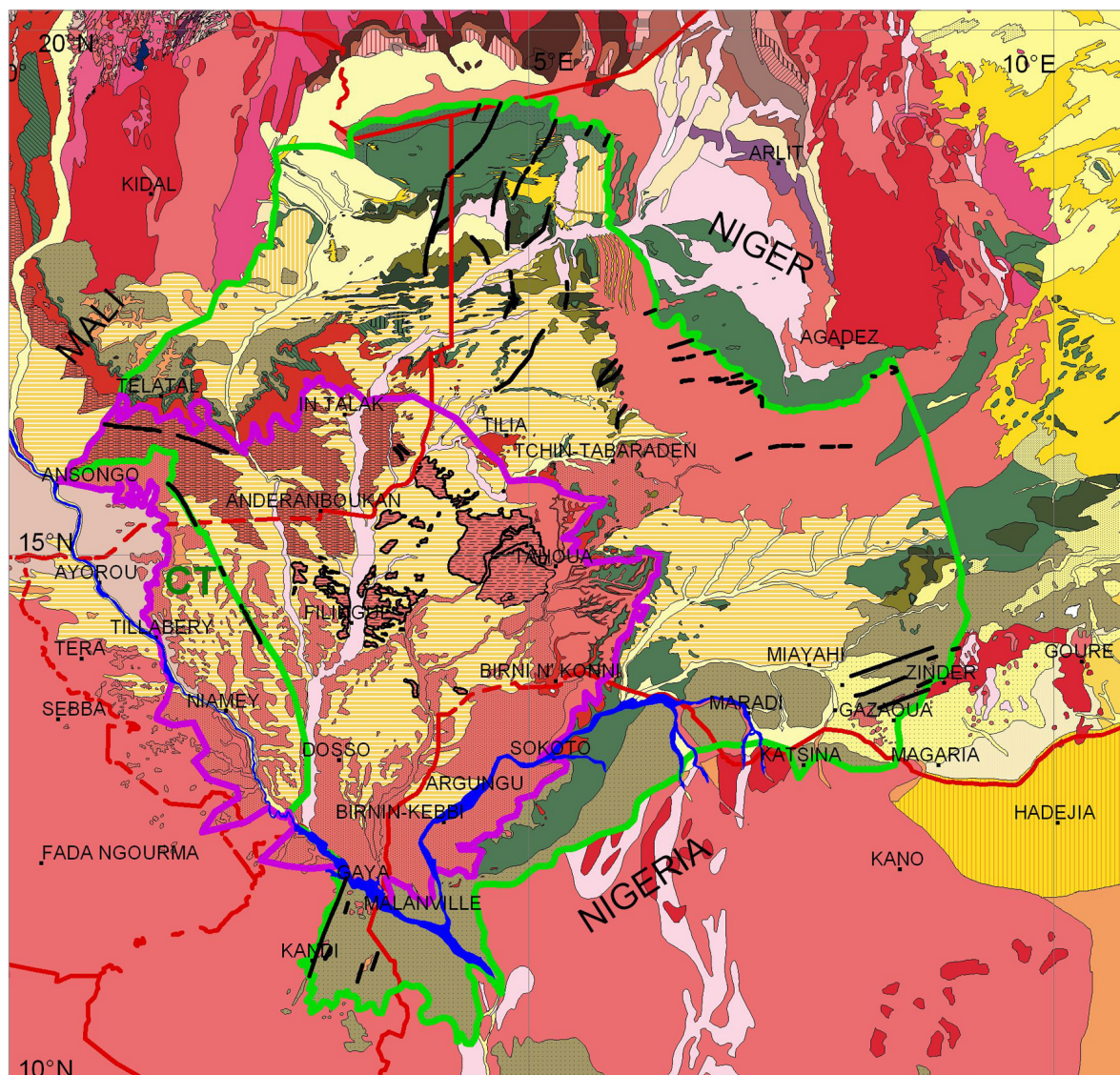











































FIGURE 14 : Cadre géologique du bassin d'ullemeden











³⁴ Dodo A., 1992. Etude des circulations profondes dans le grand bassin sédimentaires du Niger : identification des aquifères et compréhension de leurs fonctionnements. Thèse de Doctorat, Univ. Neuchâtel (Suisse), 101 pages.

Geol_iullumenden.shp

Geol_iullumenden.shp

	Dunes vives
	Plage actuelle du Lac Tchad
	Dépôts actuels du Niger et des rivières non entièrement fossilisées
	Cordon dunaire littoral péritchadien
	Terrasse argileuse du bas Kadzell
	Cordon dunaire paléolittoral du Tal
	Plages perchées de Maïné-Soroa (350m) et de Sayam
	Produit de comblement des vallées du réseau hydrographique fossilisées
	Alluvions sableuses des Fayas
	Alluvions à gravier fins donnant des regs sableux
	Dépôts fluviatiles (surfaces grises du Ténéré du Tafassasset)
	Dépôts lacustres indifférenciée
	Diatomites
	Ergs aplanis par la transgression lacustre ténérenne Plateaux sableux à cuvettes à dépôts lacustres
	Erg ancien à dunes longitudinales
	Erg ancien à dunes longitudinales ou transversales
	Erg ancien à dunes transversales
	Erg ancien à dunes non orientées
	Formations sableuses hétérogènes de piémont Grès de Mallaoua (équivalents latéraux des formations du Tchad)
	Alluvions anciennes à galets Terrasses anciennes du Ténéré du Tamesna
	Chad formation indifférenciée
	Sables plats anténéolithiques du Ténéré du Tafassasset
	Terrasses perchées a galets à oolithes ferrugineuses
	Grès argileux du Mayen-Niger
	Série argilo-sableuses à lignite
	Série sidérolithique de l'Adar Doutchi partiellement marine. Conglomérats
	Zone à Operculinoides et à Lockhartia haimei
	Upper Sandstones
	Lower Sandstones
	Sandstone
	Argiles et calcaires marins
	Série des calcaires blancs
	Zone à Nigericeras
	Zone à Neolobites vibrayeani
	Série formation Farak
	Formation d'Echkar
	Formation d'El Rhas
	Formation de Tiguedi
	Série d'izegouandane
	Série de Tagora
	Grès du Talach

	Série d'izegouandane
	Série de Tagora
	Grès du Talach
	Grès de Farazekat
	Série d'Amesgueur
	Schistes d'Akara
	Grès de Touaret
	Grès d'Idekel
	Grès
	Faciès Nord quartzites, schistes
	Précambrien indifférencié
	Basaltes (quaternaires)
	Trachytes, phonolites, tufs trachytiques (tertiaires)
	Dolérites post-siluriennes
	Continental terminal indifférencié
	Formations de Brima de Termit et de Galhama
	Formations de l'Aschia Tinamou d'Agadem et de Kafra
	Formation de Zoo Baba
	Formation d'Alanlaro
	Grès du Tegama. Formations de Dibello et d'Achegour
	Continental terminal indifférencié Formations d'Agadem et de Dallé Kerri-Kerri Sandstones
	Formation de Séguédine
	Formation d'Arentigué
	Bauxite pisolithique Continental hamadien
	Grès de Nubie
	Post-Tassilien
	Grès de Madama
	Argiles et grès, lumachelles à Gastéropodes
	Argiles et grès-calcaires à Brachiopodes
	Argiles, grès-calcaires, grès à plantes
	Argiles et grès à Brachiopodes - Grès Spirophyton
	Grès à Graptolithes
	Cambrien II
	Cambrien I
	Cambro-Silurien
	Conglomérats, arkoses, schistes
	Conglomérats, grès, schistes
	Dahomeyen indifférencié (migmatites, gneiss, micaschistes)
	Formations d'Edoukel et d'Aauzegueur : micaschistes, chloritoschistes
	Quartzites, schistes
	Micaschistes, cipolins, gneiss
	Suggarien indifférencié
	Dévonien supérieur Viséen inférieur
	Dévonien inférieur et, mayen indifférencié
	Dévonien indifférencié

	Dévonien inférieur et, moyen indifférencié
	Dévonien indifférencié
	Gabbros
	Granites posttectoniques
	Granites alcalins à hornblende-biotite
	Granites hyperalcalins à aegyrine-riebeckite
	Granites syntectoniques
	Granites migmatitiques
	Microgranites
	Rhyolites, tufs

les formations du Cambro-Ordovicien du synclinal de Tin Séririne. Au Nigeria, le bassin d'Iullemeden se prolonge avec le « Sokoto Basin ». Il est séparé du bassin du Tchad à l'Est par la remontée du socle du Damagaram-Mounio. Cette remontée n'est pas d'ordre géologique, mais bien d'ordre hydrogéologique puisqu'elle correspond à une importante ligne de partage des écoulements souterrains dans une même formation, celle du Continental intercalaire/Continental Hamadien.

Dans le cadre du projet actuel « Gestion des risques hydrogéologiques dans le Système aquifère d'Iullemeden (SAI) », ce Système est composé uniquement des formations aquifères du Continental intercalaire (Crétacé), du Continental Terminal (Tertiaire) Quaternaire, et le fleuve Niger (condition aux limites à potentiel imposé). Dans ce cas, il concerne le Mali, le Niger et le Nigeria (tableau 2, voir page 40). Il couvre une superficie de 500 000 km². Il est important de rappeler que le Continental intercalaire au sens large commence avec les formations gréseuses du Permien.

V.1. Le Continental intercalaire

Le Continental intercalaire (Ci) correspond aux formations aquifères du Gundumi et Illo au Nigeria. Au Mali comme au Niger, le Continental intercalaire comprend de bas en haut les Grès du Tégama, les argiles de Farak et le Continental Hamadien. Dans l'Ouest du bassin des Iullemeden, le Continental Intercalaire est recouvert par les formations marines du Crétacé supérieur ou par celles du Continental Terminal ; l'aquifère est alors mis en charge (Rabé 2005 ; Sidor, 2005 ; Hanidu, 2005).

C'est le plus grand système aquifère multicouche dans le bassin d'Iullemeden. Il est libre dans sa bordure et captif au centre et à l'ouest au Mali. La nappe est radiale convergente vers le fleuve Niger au Sud-Ouest ; dans cette zone, l'aquifère est captif artésien (28 m au-dessus du sol, 1967), et le fleuve est drainant.

Le niveau piézométrique dans la partie libre est en général assez profond, entre 40 et 60 m. Au Niger dans les départements de Tahoua et Dosso (partie captive), les niveaux piézométriques sont nettement moins profonds, souvent à moins de 20 m.

Il a deux axes de drainage : Nord-Sud à l'aplomb de l'oued Azaouak, et Nord-Est/Sud-Ouest à l'aplomb du Goulbi de Maradi (au Niger) – Sokoto (au Nigeria). Les gradients hydrauliques moyens respectifs sont de $2,6 \times 10^{-4}$ et $3,5 \times 10^{-4}$.

Une couche sableuse très transmissive [en moyenne $1 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$] occupe la partie centrale de l'aquifère avec son équivalent dans le bassin de Sokoto au Nigeria (Guindumi formation). Autrement, les valeurs des paramètres hydrodynamiques sont les suivantes :

	Niger	Nigeria	Mali
Transmissivité (m ² /s)	1 x 10 ⁻³ à 1 x 10 ⁻⁵	5 x 10 ⁻⁵ à 9 x 10 ⁻⁵	2,975 m ² /h
Coefficient d'emmagasinement	5 % à 10% (nappe libre) 0.5 x 10 ⁻³ à 5 x 10 ⁻³ (nappe captive)	2 x 10 ⁻⁴ à 5 x 10 ⁻⁴ (nappe captive)	5 % à 8 %

Au Niger, le débit spécifique varie de 0,1 à 26 m³/h/m. Dans la couche transmissive, il est en moyenne de 13 m³/h/m avec des valeurs maximales de 7 m³/h/m et 26 m³/h/m. Dans les zones captives, les débits sont presque toujours supérieurs à 50 m³/h et peuvent dépasser 100 m³/h.

La salinité varie de 0,1 m/g à 1 g/l vers le fleuve Niger. Au Mali, les eaux sont douces avec un résidu sec ne dépassant pas 722 mg/l (exception faite du forage de Tin El Bagra à l'extrémité Nord où le résidu sec atteint 3,926 g/l). La température de l'eau est élevée au Niger où elle peut dépasser 50 °C. Ce paramètre ne doit pas être négligé pour l'utilisation en irrigation. Les teneurs en 14C varient de 96 % PCM dans l'extrême Nord où l'aquifère est à nappe libre, à 1 % PCM au centre et au Sud de l'aquifère.

La contrainte majeure du point de vue économique est la grande profondeur des ouvrages de captage, surtout dans la partie captive de l'aquifère : elle varie de 100 à 800 m. La profondeur de pompage n'est pas une contrainte puisque le niveau piézométrique est à faible profondeur et parfois artésien surtout au Sud.

Il existe cependant dans le Crétacé supérieur marin un aquifère (secondaire) au Mali et au Niger.

V.2. Le Continental Terminal

Le Continental Terminal (CT) est un système aquifère multicouche au Niger, et monocouche au Mali et au Nigeria (Gwandu). Il intègre les formations quaternaires alluvionnaires.

Une grande partie de la population habite sur l'étendue du CT ; grâce à l'accessibilité aisée de ses eaux et à leur bonne qualité, ce système aquifère joue un rôle fondamental dans la gestion durable des ressources en eau souterraine des trois pays.

Le Continental Terminal est contenu dans les sédiments continentaux d'âge tertiaire du bassin des lullemeden. Ces sédiments se présentent par des alternances de sables et d'argiles avec des nombreuses et rapides variations latérales et verticales de faciès. De ce fait, sa lithologie est complexe.

Au Niger, le Continental Terminal se compose en trois ensembles bien reconnus : le Continental Terminal (CT₁) ou « la Série Sidérolithique », le Continental Terminal (CT₂) ou « la Série Argilo-sableuse à lignite », et le Continental Terminal (CT₃) ou « la Série des grès argileux du Moyen Niger ». Actuellement, on parle plutôt en termes de formation. De bas en haut, on distingue :

- /// la Série sableuse inférieure (CT₁) ;
- /// la Série des argiles et silts verdâtres (CT₂) ;
- /// la formation à oolithes ferrugineuses (CT₂ ou CT₃ selon les auteurs) ;
- /// la formation argileuse et silteuse grise (CT₃) ;
- /// la formation sableuse ou silteuse (CT₃).

V.2.1. Le Continental Terminal 1 (CT₁)

L'aquifère est à nappe captive sauf dans sa partie périphérique. Il est à nappe divergente. Le gradient hydraulique moyen est de 4×10^{-4} . Il existe une discontinuité sédimentologique dans sa partie occidentale. Il existe un dôme piézométrique allongé selon une direction NW-SE due probablement à une alimentation per ascensum (drainance). Les axes d'écoulement sont orientés NE-SW et NW-SE.

Le niveau piézométrique est toujours à faible profondeur ou artésien, sauf dans l'Ouest du département de Tahoua où il peut dépasser 35 m de profondeur. Dans les dallols Bosso et Maouri, l'aquifère est artésien, avec des hauteurs de jaillissement qui peuvent atteindre 20 m.

La transmissivité varie de 1×10^{-4} à $1 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. Le débit spécifique varie de 1 à $4 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.

Les eaux sont en général douces (0,5 g/l) sauf à l'Ouest de la discontinuité (1,4 g/l). Des teneurs fréquentes assez importantes en CO₂ sont enregistrées, ce qui rend l'eau corrosive.

L'exploitation de cet aquifère présente un double inconvénient : des débits importants, et de grande profondeur des ouvrages nécessaires pour capter l'aquifère. De plus, les données hydrogéologiques et isotopiques montrent que les eaux sont très anciennes.

V.2.2. Le Continental Terminal 2 (CT₂)

A l'Ouest du méridien 2°30', les sables moyens deviennent argileux et l'aquifère est alors la formation oolithique qui les surmonte, composée de grès à oolithes ferrugineuses.

L'aquifère est à nappe captive qui est radiale convergente. Les axes d'écoulement sont orientés NW-SE et NE-SW. Leurs gradients hydrauliques moyens respectifs sont $1,2 \times 10^{-4}$ et 2×10^{-3} . Un dôme piézométrique allongé est observé dans la partie SE de l'aquifère selon une direction NNE-SSW.

Les niveaux piézométriques de cet aquifère semi-captif sont assez profonds : entre 30 et 60 m sauf dans les dallols où la profondeur peut être inférieure à 10 m, et sur les plateaux où par effet de topographie, elle peut être supérieure à 80 m. **Cet aquifère n'est jamais artésien.**

Les valeurs de la transmissivité varient de 10^{-3} à $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, celles du débit spécifique de 4 à $12 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.

Les eaux sont douces (salinité moyenne de 0,4 g/l) sauf dans sa partie occidentale où la salinité atteint 1,2 g/l. Les teneurs de l'eau en CO₂ sont importantes et imposent l'installation d'équipements de captage et de pompage adéquats pour éviter la corrosion.

V.2.3. Le Continental Terminal 2 (CT₃)

L'aquifère est à nappe libre qui est radiale convergente. Ses principaux axes de drainage sont orientés NW-SE et NE-SW. Leurs gradients hydrauliques respectifs sont de 2×10^{-4} à $3,2 \times 10^{-4}$. Cet aquifère est caractérisé par des dômes et dépressions piézométriques.

Le niveau piézométrique est généralement à une profondeur de 20 à 50 m. Dans les bas dallols, il est très proche du sol. De nombreuses mares permanentes sont liées à la surface piézométrique. Sur les plateaux, le niveau est presque toujours au-delà de 60 m.

Les fluctuations saisonnières du niveau piézométrique ont une amplitude moyenne de 65 cm ; elles atteignent localement 4 m.

Les valeurs de la transmissivité sont comprises entre 1×10^{-2} et $1 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, celles du débit spécifique de 4 à $15 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. Les eaux sont douces en général (salinité inférieure à 0,4 g/l).

Age	Mali		Niger		Nigeria	
	Groupe	Formation	Groupe	Formation	Groupe	Formation
Quaternaire	Quaternaire	Alluvions, dunes Aquifère	Quaternaire	Alluvions, dunes Aquifère	Quaternary	Alluvium Aquifère
	Continental Terminal	sablo - gréseux et argileux Aquifère	Continental Terminal CT ₃ Aquifère	Série des grès argileux du Moyen Niger		
Tertiaire			Continental Terminal CT ₂ Aquifère	Série argilo-sableuse à lignite	Continental Terminal	Gwandu Aquifère
	Oligocène		Continental Terminal CT ₁ Aquifère	Série Sidérolithique		
	Eocène					
Paléocène	Eocène moyen	schistes				
	Paléocène terminal	calcaire et marmo - sableux avec niveau phosphaté	Paléocène marin	calcaires, schistes papyracés	Sokoto	Kalambaina Aquitard
Crétacé	Paléocène inférieur	calcaire et sable Aquifère				Dange
	Sénomaniens - Maestrichtiens	grès - argileux Aquifère	Turonien - Sénonien (2-3 couches)	Crétacé marin (Calcaires blancs)	Rima (Maestrichtien)	Wurno Aquitard Dukamaje Taloka Aquitard
	Continental intercalaire	Grès quartzitique, micro conglomératique, arkoses, sable, argiles Tégama Aquifère	Continental intercalaire Aquifère	Continental Hamadien Argiles du Farak Grès de Tégama	Continental intercalaire / Continental Hamadien	Gundumi & Illo Aquifère

TABLEAU 2 : corrélation lithostratigraphique entre le Mali, le Niger et le Nigeria, dans le Système Aquifère d'Iullemeden

Cependant, dans le centre et au SW de l'aquifère, les eaux sont très minéralisées (1 g/l).

L'exploitation de cet aquifère est envisageable avec des puits. En dehors des dallols, les puits doivent être assez profonds, jusqu'à une cinquantaine de mètres en général. L'aquifère est donc accessible par les captages villageois, mais l'exhaure n'est pas particulièrement aisée, ni par puisette ni par pompe à motricité humaine. Cependant, l'aquifère est sensible à la pollution. Une attention particulière doit être attachée aux installations annexes des puits (margelles, antibourbiers, abreuvoirs) pour préserver la qualité de l'eau.

Un tableau comparatif des formations rencontrées dans les pays a été élaboré sur la base des données et informations collectées par les consultants nationaux, les investigations de l'OSS, et les comités nationaux de coordination et de suivi des activités du projet (tableau 2). Ce tableau a permis de réaliser les corrélations lithostratigraphiques entre les pays et de présenter la composition des deux principaux aquifères du bassin étudié.

VI. IDENTIFICATION ET « PRIORITISATION » DES PROBLEMES TRANSFRONTALIERS

L'Analyse diagnostique transfrontalière (ADT) a été menée par les Comités nationaux de coordination et de suivi des activités du projet (CNCS) et les consultations nationales, sur la base des données et informations existantes et disponibles. Le CNCS mis en place dans chacun des pays est pluridisciplinaire ; il regroupe les institutions étatiques (ministères de l'Hydraulique, de l'Environnement, de l'Agriculture, de l'Elevage, des Affaires Etrangères sur les aspects juridiques transfrontaliers, les Agences de l'eau), les organisations non gouvernementales concernées par la question de l'Eau.

Les activités des CNCS ont été réalisées sous forme de réflexions à travers leurs réunions périodiques pour identifier les risques qui menacent les ressources en eau du SAI et examiner également les investigations menées par les consultants nationaux. Des ateliers nationaux portant sur l'Analyse diagnostique transfrontalière ont également été organisés pour **valider ces risques transfrontaliers**. Ainsi, **14 risques** ont été identifiés **au Mali**, **8 au Niger** et **24 au Nigeria** (Tableau des risques identifiés par les consultants et comités nationaux).

Les rapports de ces travaux ont mis en évidence la richesse des données disponibles dans les domaines des eaux de surface, des eaux souterraines, de la géologie, de la climatologie. Ces rapports renseignent aussi sur l'existence d'une base de données nationale, d'études et projets réalisés, et de modèles des aquifères développés, pouvant intéresser le SAI.

Les risques transfrontaliers qui menacent les ressources en eau, analysés par les CNCS et consultant national, et sur la base des investigations menées par l'équipe OSS, sont synthétisés ainsi qu'il suit.

VI.1. L'impact de la Variabilité et Changements climatiques

Dans toute la région, il a été enregistré une période humide du début du XX^e siècle à 1967 et une période sèche à partir de 1968 jusqu'en 1993. Le déficit pluviométrique s'est traduit par une baisse de la pluviosité de l'ordre de 20 % à 50 % engendrant d'une part, un déplacement des isohyètes de près de 200 km vers le sud, et d'autre part une réduction des écoulements du fleuve Niger de 20 % (Mali) à 36 % (Niger) et une baisse de la recharge de la nappe par le réseau hydrographique et la pluie efficace.

Ce déplacement a eu pour conséquence, la dégradation accélérée des terres cultivées, la migration et la concentration des populations vers les zones humides au Sud favorisant la déforestation.

VI.2. Déforestation

La coupe de bois pour la production d'énergie est une activité génératrice d'emplois et de revenus. Elle produit 270 879 stères (soit 37 095 quintaux de charbon de bois) au Mali, et 827 442 tonnes de bois au Niger. Les estimations du Nigeria ne sont pas disponibles. Cette production en

bois et en charbon engendre, en moyenne annuelle, une **perte en terres de 100 000 ha au Mali, et de 338 180 ha au Niger.**

La perte en terres favorise les érosions éolienne et hydrique qui contribuent à l'ensablement du réseau hydrographique (fleuve Niger, mares). L'ensablement a tendance à réduire la recharge des nappes par la pluie efficace et le réseau hydrographique, par colmatage des aires de recharge. De plus, les dépôts de sable dans les lits des cours d'eau, en occupant la place des eaux d'écoulement dans le lit du fleuve Niger, provoquent de fréquentes inondations pour des débits normaux.

VI.3. Exploitation des ressources en eau

Les prélèvements opérés sur les ressources en eau pour répondre à la demande en eau concernent tous les ouvrages de captage (tableau 3).

	Niger	Nigeria	Mali
Consommation en eau potable (millions m ³ /an)	1,3 (Eaux du fleuve principalement)	117,6 (dont 14,3 eaux du fleuve pour Niamey)	15,4 (1990) 32,3 (2020)
Elevage (millions m ³ /an)	84	119,77	271,36
Industries, Mines (millions m ³ /an)	-	9,9	-

TABLEAU 3 : Consommation en eau par secteur socio-économique.

Malgré le potentiel en terres irrigables (390.000 ha au Mali, 226600 ha au Niger et 42272 ha au Nigeria) et les terres irriguées (26030 ha au Mali, 13500 ha au Niger, 27230 ha au Nigeria) par les eaux du fleuve et/ou les forages ou les puits, les estimations sur les volumes prélevés ne sont pas disponibles. Pourtant, cette activité est l'une des plus grosses consommatrices en eau.

VI.4. Déclin de l'artésianisme

Ce phénomène a été relevé sur des forages artésiens captant le Continental intercalaire au Mali et au Niger, et/ou le Continental Terminal au Niger. Ces forages jaillissants sont restés ouverts depuis leur date de réalisation créant parfois, dans leurs environs immédiats des mares. Les débits ont diminué depuis lors mais ne sont pas suivis pour apprécier la baisse d'artésianisme et tenter de définir les causes (baisse naturelle ou signe de surexploitation ?).

VI.5. Pollution des eaux

Une grande partie des polluants rejetés dans l'environnement (rejets agricoles) parvient dans le fleuve Niger soit directement soit par ruissellement. La culture irriguée est pratiquée surtout à partir des eaux du fleuve Niger qui alimente la nappe en période de hautes eaux. Cette activité génératrice de revenu emploie des engrais chimiques et des pesticides. Ce sont en moyenne par an (entre 2000 et 2002) 10 000 tonnes d'engrais (Urée, NPK 15-15-15, Super triple, phosphates de Tahoua, DAP) au Niger.

Au Mali, en moyenne **200 tonnes d'engrais finissent chaque année dans les eaux du fleuve** ou des nappes aux environs de Bamako. En 1994, 5 939 tonnes d'urée et 4 055 tonnes de phosphate d'ammonium sont déversées sur les 47 000 ha de terres irriguées.

Au Nigeria, plus de 15 millions de personnes et autant de bétail vivent dans le bassin de Sokoto grâce à l'exploitation des nappes par les puits traditionnels sans périmètre de protection. Des teneurs anormalement élevées en nitrates sont fréquemment enregistrées dans ces ouvrages d'exploitation.

VI.6. Salinisation des sols

La dégradation des sols par salinisation et alcalinisation au Mali, affecte 7 à 15 % des terres aménagées qui sont en voie d'être abandonnées. Au Niger, les zones irriguées dans les vallées le long du fleuve, les dallols et aux abords des mares, sont affectées de salinisation par suite de drainage inadéquat des eaux usées mal drainées ainsi que les phénomènes d'évaporation.

VI.7. Exploitation non concertée des ressources en eau

Malgré les structures sous-régionales existantes telles que l'ABN, l'Unité de coordination des ressources en eau de la CEDEAO pour la Gestion intégrée des ressources en eau (UNCRE/CEDEAO/), le CILSS (Comité inter-Etats de lutte contre la sécheresse dans le Sahel), l'ALG (Autorité du Liptako-Gourma), il n'existe **pas d'organisation qui assure le suivi de l'exploitation des ressources en eau souterraines**. Seule l'ABN est doté d'un réseau de suivi des eaux de surface équipé d'outils scientifiques pour estimer en temps réel les débits du fleuve à une station donnée mais pas les prélèvements qui s'opèrent. En revanche, les réseaux de suivi des aquifères reste un devoir régalien de chaque pays ; ces réseaux ne sont pas adaptés pour le suivi et l'évaluation des aquifères, mais conçus à l'origine pour satisfaire la demande en eau des populations.

En conclusion

Des risques réels menacent en quantité et en qualité les ressources en eau souterraines (et de surface également). Cependant, ces risques ont été identifiés sur la base des données et informations issues de la documentation existante. Leur évaluation (tableau 4) est davantage qualitative quand bien même d'importantes études sont réalisées dans la zone.

Catégorie de risques	Mali	Niger	Nigeria	Valeur moyenne
Changements climatiques : inondations, sécheresses	E	E	E	E
Déforestation	E	E	E	E
Exploitation des ressources en eau	F	F	F	F
Déclin de l'artésianisme non maîtrisé	M	E	E	E
Pollution des eaux	E	E	E	E
Salinisation des sols	M	M	F	M
Réseau de suivi des aquifères inadéquat	E	M	E	E
Exploitation non concertée des ressources en eau	E	E	E	E

E = Elevé
M = Moyen
F = Faible

TABLEAU 4 : Appréciation qualitative des risques qui menacent les aquifères du SAI.

Pour apprécier l'existentialité transfrontalière de ces risques ainsi que le degré de leur pertinence, la nécessité de leur quantification a conduit à la formulation d'une recommandation, la première des cinq recommandations, issue de la réunion du Comité de pilotage du projet tenue à Abuja les

25 et 26 février 2006 qui stipule en ces termes d'« approfondir l'Analyse diagnostique transfrontalière au niveau des Etats du SAI par une évaluation quantitative des risques pertinents ».

Dans le cas de l'espèce, la liste des risques identifiée par chacun des pays a été examinée de nouveau. C'est l'objet du chapitre consacré à la priorisation détaillée des risques.

- | | |
|------|--|
| Mali | <ol style="list-style-type: none"> 1. Méconnaissance des aquifères et leur relation avec les eaux de surface 2. Divergence de la compréhension de base et des perceptions du SAI dans les différents pays 3. Impact des aménagements hydrauliques sur les ressources en eau partagée 4. Inadéquation entre l'utilisation des eaux souterraines et des eaux de surface 5. La gestion des problèmes liés à l'eau à échelle inappropriée : les questions du bassin global gérées à l'échelle locale et du sous bassin et vice versa 6. Exploitation abusive, non planifiée et gestion non concertée des aquifères partagés 7. Exploitation non planifiée et non durable des eaux très anciennes 8. Exploitation et utilisation des eaux souterraines inaptées et/ou de mauvaise qualité 9. Impact de l'utilisation des terres sur les ressources en eau souterraines 10. Impact de l'utilisation polluante des terres et des eaux dans les zones de recharge 11. Contamination irrémédiable avec des polluants à partir des forages profonds des zones d'exploitation minière et pétrolière 12. Impact de la déforestation 13. Impact du changement climatique sur les aquifères 14. Inégale répartition spatiale des ressources en eau |
|------|--|

- | | |
|-------|--|
| Niger | <ol style="list-style-type: none"> 1. Modification des caractéristiques de l'écoulement souterrain 2. Modification de la surface piézométrique d'un aquifère 3. Détérioration de la qualité de l'eau 4. Détérioration de la biodiversité dans les zones de décharge des aquifères transfrontaliers 5. Impacts des changements climatiques sur les aquifères transfrontaliers à faible taux de recharge 6. Entrave au développement socio-économique de certains pays partageant le SAI à travers une dégradation des ressources naturelles (eau, sol, air...) 7. Conflits et Disputes liés à l'eau 8. Destruction de l'intégrité physique de la ressource en eau souterraine (aquifère). |
|-------|--|

TABLEAU 5 : Risques identifiés par les pays en comités et ateliers nationaux.

1. Groundwater contamination and pollution
2. Land Degradation, Agricultural land degradation and post harvest losses
3. Loss of strategic water resources
4. Uncontrolled Artesian flows
5. Inadequate monitoring networks
6. Absence of single authority in charge of the overall management of the IAS
7. Increasing population growth leading to increasing demand on the aquifer
8. Movement of people to and fro in the region
9. Lack of control and monitoring of the various aquifers within the basin
10. Network systems of monitoring of the various aquifers
11. Exchange of information among aquifer users
12. Sensitization of people of the area on what their role should be
13. Critically, examine the issue of climate change with respect to aquifer recharge in the lullemeden basin
14. Look at the existing institutions on ground, their functionality and what need to be done to make them effective in the discharge of their respective mandates
15. Examine the consultation mechanisms in place among the relevant institutions within the country
16. Examine the groundwater flow pattern in the basin with respect to pollution detection and control measures
17. Creation of awareness of the development in groundwater exploitation among the concerned countries of IAS with respect to sustainability of the resources
18. Examine the type of relationship that exist between surface and groundwater in the lullemeden basin
19. Examine the issue of population increase and the subsequent pressure on groundwater exploitation within the basin
20. Need to modernize data collection methods in the country and recommended the use of satellite technology, automatic pressure loggers in monitoring wells etc., but expressed concern on funding to undertake field baseline data collection and the security of data collection equipment
21. The need to focus on the issue of capacity building so that whatever investment made on water resources development does not lay waste due to management problems
22. The NBA, by its mandate and treaty setting it up does not cover groundwater and that it would be difficult to amend the treaty to cover the IAS but rather that a separate institution in the like of the NBA be set up to handle the basin
23. The hydrogeological section of the Nigerian portion of the lullemeden Aquifer System should be correlated with that of the Niger Republic
24. Afforestation programmes be effected in the basin to improve recharge and soil conservation

TABLEAU 5 (suite) : Risques identifiés par les pays en comités et ateliers nationaux.

VII. PRIORITISATION FINALE DETAILLEE DES PROBLEMES TRANSFRONTALIERS

Une analyse de la liste des risques identifiés par les pays (14 risques identifiés au Mali, 8 au Niger et 24 au Niger) (tableau 5) est nécessaire pour s'assurer notamment de :

- /// la nature transfrontalière du risque identifié ;
- /// la portée du risque par rapport aux priorités nationales et aux conventions régionales et internationales ainsi que les différentes initiatives mondiales ;
 - ▶▶ les impacts du risque sur l'économie, l'environnement et la santé humaine ;
 - ▶▶ les bénéfices escomptés à l'examen du risque.

C'est ainsi que cette analyse fait apparaître, entre autres, que certains risques sont soit des causes ou des conséquences et/ou impacts. D'autres risques transfrontaliers intéressent surtout les ressources naturelles de surface ; c'est le cas de la perte de la diversité biologique. Cette priorisation détaillée des risques transfrontaliers a été effectuée avec les pays et l'équipe du projet de l'OSS.

C'est le cas, par exemple, du déclin de l'artésianisme ou la baisse du niveau piézométrique des nappes qui sont une conséquence des effets conjugués des prélèvements opérés sur les eaux et de l'impact de la variabilité et du changement climatique. Le phénomène de déforestation fait partie des causes des changements climatiques contribuant au réchauffement de la terre. La pollution des nappes est un risque majeur. L'exploitation des ressources en eau est une cause de la diminution des eaux. L'exploitation non concertée de la ressource commune intervient dans la gouvernance des eaux liée aux dispositifs législatif et institutionnel de chaque pays.

D'autres risques transfrontaliers intéressent surtout les ressources naturelles de surface. Il s'agit de la perte de la diversité biologique. Dans le cas de l'étude des eaux souterraines, la perte de la diversité biologique peut être considérée comme la conséquence de plusieurs facteurs :

1. la dégradation du milieu à cause des activités anthropiques (déforestation par exemple),
2. de l'impact des changements climatiques (sécheresses récurrentes),
3. la baisse généralisée du niveau des nappes engendrant l'augmentation de la zone non saturée puis l'assèchement des zones des racines des plantes conduisant à l'aridité puis à la désertification.

Par cette seconde analyse, les risques transfrontaliers pouvant être considérés comme des préoccupations majeures communes aux trois pays et pour lesquelles les efforts d'un seul pays ne sauraient trouver une solution remédiable et durable, sont de trois types :

- /// **le changement de la disponibilité de l'eau** : il s'agit de la modification du potentiel en eaux souterraines en termes :
 - soit d'une augmentation due à la recharge des aquifères ou d'autres apports,
 - soit d'une diminution ou de la rareté de la ressource. Cette diminution peut être due aux effets conjugués des prélèvements progressifs, de la réduction de la recharge des aquifères à cause de :

- ▶▶ la diminution de la pluviosité,
 - ▶▶ l'ensablement des aires d'infiltration des eaux,
 - ▶▶ l'ensablement du réseau hydrographique du fleuve Niger qui, par endroits, alimente les nappes en période de hautes eaux et voit son étiage soutenu par les eaux souterraines ;
- ⚡ **la dégradation de la qualité de l'eau** : elle s'identifie à la pollution des nappes à cause des rejets d'eaux usées ne répondant pas aux normes de qualité, et de l'appel d'eaux souterraines anormalement minéralisées (fluorures) ;
- ⚡ **la variabilité et/ou changements climatiques** : cette préoccupation majeure, fréquemment définie comme « changement/variabilité climatique », a la particularité d'être à la fois la cause et la conséquence de certaines situations.

Sur cette base, les pays et les experts nationaux appuyés de l'équipe de l'OSS, ont approfondi la réflexion sur ces trois préoccupations majeures à travers des ateliers nationaux. Cette réflexion a abouti, pour chacun des trois risques majeurs, à l'identification de ses impacts environnementaux et ses conséquences socio-économiques, et à l'identification et l'analyse de ses causes desquelles la gouvernance de l'eau a été analysée.

Dans le cas du premier risque transfrontalier, le changement de la disponibilité des eaux s'identifie à **la diminution de la ressource en eau**. En effet, les résultats de la modélisation mathématique du Système aquifère d'Iullemeden ont mis en évidence le seuil de surexploitation franchi en 1995 (figure 15) année à partir de laquelle les prélèvements (152 millions m^3 /an) excèdent la recharge (ligne rouge) estimée à 150 millions m^3 /an en 1970.

Il s'agit des estimations fondées sur les données fournies par les pays. Ces données sur les prélèvements sont celles issues des débits d'exploitation du point d'eau (forage, puits) à la date de sa réalisation et ce, pour une durée d'exploitation de 04 heures par jour. Ces estimations restent à être corroborées par un inventaire exhaustif des prélèvements réels opérés sur tous les ouvrages d'exploitation.

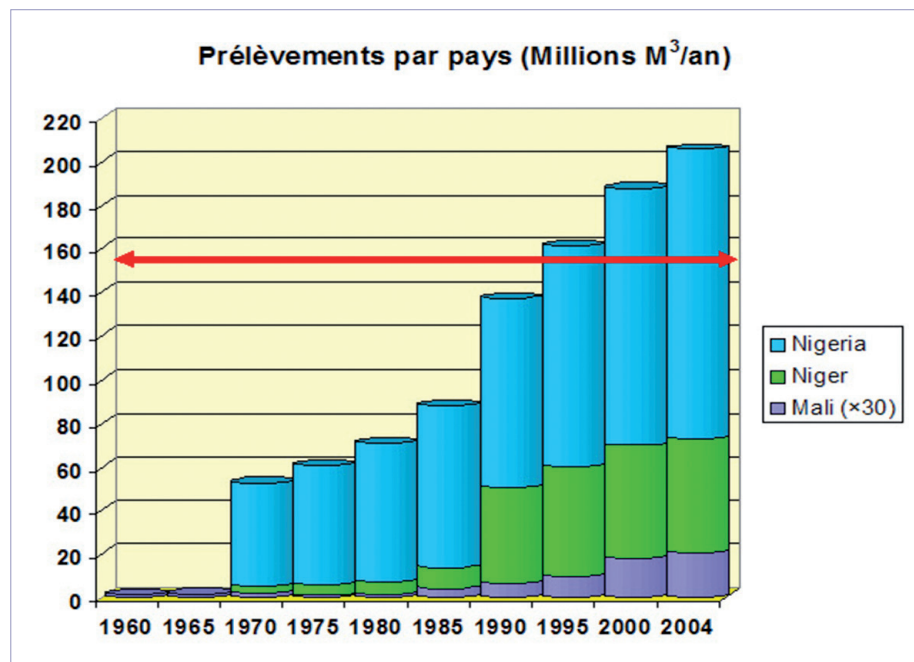


FIGURE 15 : Le seuil de surexploitation a été franchi en 1995 selon les premières estimations. Les prélèvements annuels, estimés à 152 millions de m^3 , dépasseraient la recharge qui est de 150 millions m^3 par an.

VIII. ANALYSE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET CONSÉQUENCES SOCIO-ÉCONOMIQUES

L'analyse des impacts sur l'environnement ainsi que les conséquences sociales et économiques de chacun des risques ont été réalisées d'un point de vue qualitatif, par les Comités nationaux de coordination et des Suivi (CNCS) et par les experts nationaux. La nécessité d'investiguer sur le terrain pour collecter des données quantifiables ainsi que leur suivi dans le temps et dans l'espace, a été exprimée par les pays.

Cela traduit le caractère pionnier de l'Analyse diagnostique transfrontalière appliquée aux ressources en eau des aquifères que les pays ont en partage. En effet, la plupart des cas, les informations objectives et quantifiables collectées se rapportent aux eaux transfrontalières de surface.

L'objectif de l'Analyse diagnostique transfrontalière n'est pas de répéter ces études d'impact sur l'environnement et les conséquences socio-économiques, pas de sélectionner celles qui paraissent pertinentes et adaptables à la problématique des eaux souterraines partagées pour appréhender les menaces de chaque risque sur l'écosystème et les changements du bien-être des personnes.

VIII.1. Analyse des impacts environnementaux

Les impacts environnementaux peuvent être définis comme les effets d'un risque transfrontalier sur l'intégrité d'un écosystème. Leur analyse est basée sur trois indicateurs à savoir les indicateurs de statut, d'impact et de pression à l'image de ceux développés par le modèle de l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économique) qui utilise, depuis 1989, un ensemble d'indicateurs basé sur une approche méthodologique dynamique des phénomènes (indicateur d'état, de pression, et de réponse), (IAURIF, 2005) :

- /// **les indicateurs du statut (ou d'état)** décrivent la situation environnementale, et précisent la situation écologique, physique, socioéconomique d'un milieu à un instant donné ainsi que les changements d'état dans le temps ;
- /// **les indicateurs d'impact** décrivent et quantifient les impacts de chaque risque transfrontalier.
- /// **les indicateurs de pression** rendent compte de la pression exercée par les activités humaines sur l'environnement et des processus naturels qui provoquent des changements sur le milieu. Ils justifient la chaîne des causes élaborées pour résoudre les problèmes prioritaires transfrontaliers.

La quantification de l'impact des risques nécessite des investigations et recherches supplémentaires en particulier sur le terrain. En se basant sur les informations disponibles, l'utilisation de ces indicateurs, autant que faire se peut, sera davantage qualitative.

VIII.1.1. Analyse des impacts environnementaux de la modification de la disponibilité des eaux souterraines

▶▶ **LES INDICATEURS DU STATUT.** La modification de la disponibilité des eaux souterraines, exa-

minée sous l'angle de la diminution du potentiel hydraulique, peut affecter l'environnement sous plusieurs formes ci-après décrites.

L'augmentation de l'épaisseur de la zone non saturée des aquifères à nappes libres : La réduction des eaux souterraines se traduit par une baisse des niveaux piézométriques (jusqu'à 7 mètres au Niger dans le Goulbi de Maradi) engendrant une augmentation de l'épaisseur de la zone non saturée des aquifères. Celle-ci est composée de trois phases : la phase liquide (l'eau), la phase solide (la roche), et la phase gazeuse (l'air à la pression atmosphérique). L'augmentation de son épaisseur a tendance à réduire la phase liquide et à accroître la température. Cela contribue à l'assèchement des racines des plantes et par voie de conséquence, à la désertification de la zone concernée ainsi qu'à la dégradation des sols.

Dans certains cas, l'augmentation de l'épaisseur de la zone non saturée réduit significativement la recharge des nappes par la pluie et les eaux d'écoulement des cours d'eau.

Les investissements coûteux : La recherche d'alternatives engendre le recours aux eaux souterraines atteignables à des grandes profondeurs parfois très minéralisées et à des températures élevées. Cela accroît les difficultés techniques et technologiques d'accessibilité à la ressource, ainsi que les coûts, de plus en plus exorbitants, de leur mise en exploitation (soufflages récurrents des forages existants, exécution de nouveaux forages).

La réduction de la productivité des sols : Dans les zones de cultures irriguées à partir des eaux souterraines, la diminution des eaux souterraines entraîne la diminution des terres irriguées et par conséquent, la réduction de la productivité.

▶▶▶ **LES INDICATEURS D'IMPACT.** Le déplacement de la population abandonnant les points d'eau asséchés (forages, puits) ou taris (sources) par suite de la diminution progressive des eaux souterraines, accroît la pression démographique sur les ouvrages plus productifs et le nombre de personnes n'ayant pas accès à l'eau potable en quantité suffisante et de qualité acceptable (tableau 6).

Pays	OMD Population disposant d'installations sanitaires de qualité (%)		OMD Population disposant d'un accès facilité à une source d'eau de qualité (%)	
	1990	2002	1990	2002
Norvège	..	..	100	100
États-Unis	100	100	100	100
Allemagne	..	..	100	100
Brésil	70	75	83	89
Inde	12	30	68	86
Nigeria	39	38	49	60
Mali	36	45	34	48
Niger	7	12	40	46

TABLEAU 6 : Eau, conditions sanitaires (Rapport PNUD, 2005).

▶▶▶ **LES INDICATEURS DE PRESSION.** La modification de la disponibilité des ressources en eau peut affecter les activités humaines et l'environnement sur les points suivants :

Augmentation du nombre de personnes n'ayant pas accès à l'eau potable : l'accroissement des profondeurs de captage des eaux souterraines concourt à l'abandon des points d'eau asséchés

(puits, tarissement des sources) vers ceux de productivité élevée, les zones humides ou tout autre lieu où l'accès à l'eau est relativement aisé. Ce déplacement peut aussi entraîner l'exode rural vers la périphérie des villes non desservie par le réseau d'adduction d'eau potable.

Le coût de plus en plus exorbitant de la mise en exploitation : le captage des nappes à des profondeurs de plus en plus excessives engendre des coûts élevés pour la réalisation de forages profonds et la maintenance des ouvrages.

Le surpâturage : cette situation est fréquente notamment pendant les sécheresses récurrentes durant lesquelles la recharge est faible et les niveaux d'eau dans les points d'eau de plus en plus profonds. Cette situation a pour conséquences, entre autres, les conflits entre les différents utilisateurs (éleveurs, agriculteurs, etc.).

VIII.1.2. Analyse des impacts environnementaux de la Dégradation de la qualité des eaux souterraines

▶▶▶ **LES INDICATEURS DU STATUT. La détérioration de l'état de la santé humaine** : la dégradation de la qualité de l'eau souterraine consommée entraîne le recours aux eaux de surface notamment les mares dans certains endroits. Ce type d'eau expose la population aux maladies liées à l'eau. On y inclut les maladies contractées par ingestion (dracunculose, choléra, diarrhées) ou par contact (schistosomiase) ou encore les maladies dans lesquelles l'eau est le milieu de vie d'hôtes de larves de parasites (paludisme, onchocercose, etc.).

La dégradation des sols : la dégradation de la qualité des eaux souterraines utilisées pour l'agriculture irriguée entraîne la baisse de la fertilité et contribue à la salinisation des sols.

▶▶▶ **LES INDICATEURS D'IMPACT.** Les maladies hydriques sont estimées à plus de 80% de toute la pathologie (Diarra et Cissé, 2004).

▶▶▶ **LES INDICATEURS DE PRESSION. Le coût élevé de la mise en exploitation** : l'agriculture pratiquée avec l'utilisation des eaux souterraines inaptées à l'agriculture entraîne de plus en plus, l'utilisation des **produits chimiques** (engrais, pesticides, fongicides, herbicides, insecticides) et **naturels** (excréments, fumiers, lisiers, etc.).

VIII.1.3. Analyse des impacts environnementaux de la Variabilité/Changements climatiques

▶▶▶ **LES INDICATEURS DU STATUT. Réduction de la recharge des aquifères** : la variabilité/ changements climatiques constatés depuis 1968-1970, ont entraîné une réduction de la recharge due à la réduction de la pluviosité et des écoulements de surface de l'ordre de 20 % à 30 % (Mahé et Olivry, 1995). La réduction de la recharge est évaluée en termes de baisse significative du niveau d'eau dans les puits et forages (entre 3 mètres et 7 mètres au Niger) ; (figure 16).

▶▶▶ **LES INDICATEURS D'IMPACT. Taux d'émission des gaz à effets de serre** : l'émission de ces gaz dont le dioxyde de carbone, est insignifiante dans la zone d'ullemeden comparativement aux pays développés (Norvège, Etats-Unis, Allemagne) et moyennement développés (Brésil, Inde), (tableau 7). En revanche, la consommation de combustibles traditionnels comme le bois (85 %) constitue la principale source d'émission de gaz à effets de serre.

▶▶▶ **LES INDICATEURS DE PRESSION. Perte des superficies des terres par déforestation** : en matière de dégradation des terres, 0,7 % du potentiel forestier disparaît au Mali, contre 3,7 % au Niger et 2,7% au Nigeria. Au Mali, plus de 100 000 ha de forêts disparaissent chaque année. Les prélèvements pour le bois de chauffe et charbon de bois sont estimés globalement à 5 millions de tonnes par an. Au Niger, ce sont **annuellement 300 000 hectares** en moyenne qui sont soustraits aux superficies forestières. Au Nigeria, le bois de chauffe constitue au-delà de 85 %

de l'énergie domestique bien que le Nigeria soit un pays exportateur de pétrole. Les productions annuelles sont de l'ordre de **43,3 millions tonnes/an** pour le bois.

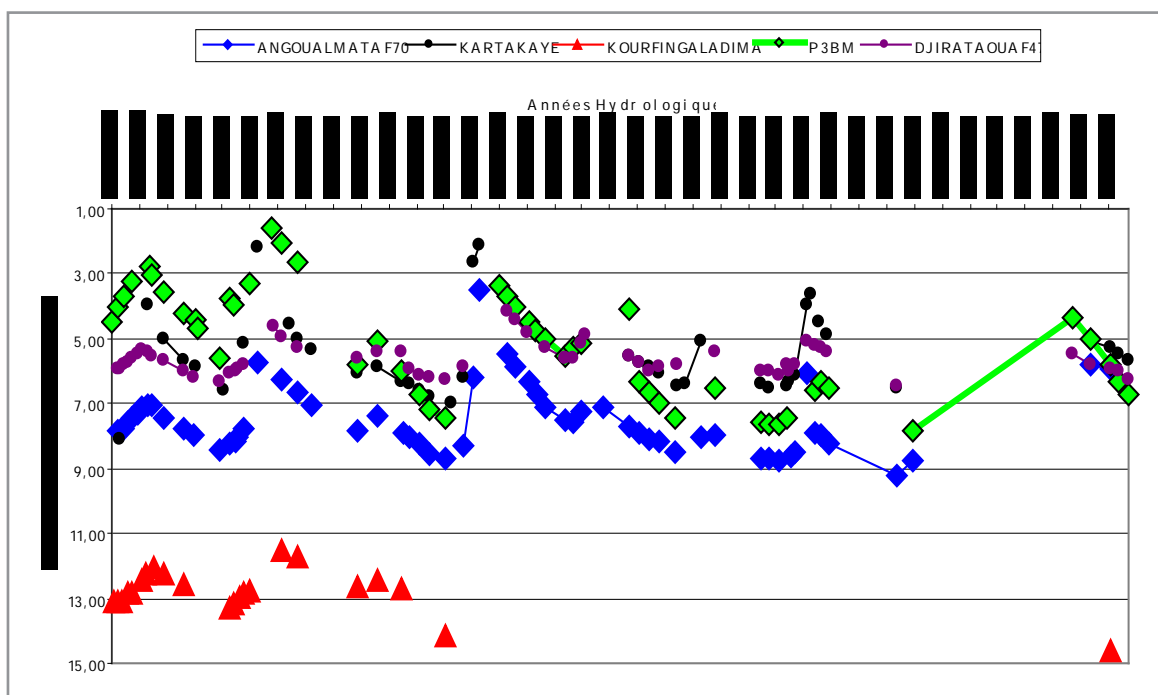


FIGURE 16 : Variations du niveau d'eau relevé [de 1991 à 2000] dans les forages et piézomètres dans la vallée du Goulbi de Maradi [Niger].

Pays	Consommation du combustible traditionnel (en % du total de l'énergie consommée)	Consommation d'électricité par habitant		OMD Unités de PIB produites par kg d'équivalent pétrole (PPA 2000)		OMD Émissions de dioxyde de carbone		
		(kilowatt/heure)				Par habitant (en tonne)		Part dans le total mondial [%]
	2002	1980	2002	1980	2002	1980	2002	2000
Norvège	..	22400	26640	4,6	6,1	10,6	12,2	0,2
États-Unis	3,6	10336	13 456	2,8	4,4	20,0	20,1	24,4
Allemagne	..	..	6 989	3,9	6,2	..	9,8	3,4
Brésil	26,7	1145	2183	7,4	6,8	1,5	1,8	1,3
Inde	20,0	173	569	3,3	5,0	0,5	1,2	4,7
Nigeria	46,4	108	148	1,4	1,3	1,0	0,4	0,2
Mali	85,0	15	33	..	..	0,1	(.)	(.)
Niger	85,3	39	40	..	..	0,1	0,1	(.)

TABLEAU 7 : Energie et Environnement [rapport PNUD, 2005].

VIII.2. Analyse des conséquences socio-économiques

Les conséquences socio-économiques peuvent être définies comme les changements du bien-être des personnes attribuables au risque transfrontalier correspondant ou à ses impacts environnementaux.

Les mesures des conséquences socio-économiques peuvent généralement être classées selon le niveau de détails à savoir :

- /// **la déclaration** : la gamme de conséquences socio-économiques associées à un risque transfrontalier est identifiée en déclarant simplement que la conséquence existe ;
- /// la quantification : des nombres sont joints aux conséquences pour indiquer leurs échelles. Ces nombres peuvent se référer à l'ampleur ou à la fréquence des événements ;
- /// **l'évaluation indicative** : des valeurs monétaires indicatives sont accordées aux coûts qui sont associés aux conséquences. Les valeurs monétaires ont l'avantage de pouvoir regrouper et comparer les risques transfrontaliers et de mesurer le bénéfice qu'on peut obtenir en les examinant ;
- /// **l'évaluation totale** : ce niveau plus élevé d'évaluation prend en compte tous les coûts économiques qui sont associés à la conséquence.

Dans la majorité des cas, la déclaration est plus appliquée pour décrire l'ampleur des conséquences sociales et économiques du risque transfrontalier.

VIII.2.1. Analyse des conséquences socio-économiques de la diminution de la ressource en eau

La diminution des eaux souterraines du Système aquifère d'ullemeden peut engendrer des conséquences socio-économiques néfastes sur la production agricole, animale et conséquemment la production laitière. Cette situation pourrait conduire à une insécurité alimentaire. Les productions agricoles se réduiront progressivement. Les revenus des éleveurs seront de plus en plus diminuer. Certains agriculteurs et éleveurs pourraient changer d'activités économiques (par le biais d'exode), ou se retrouver au chômage.

Cette diminution de l'eau pourrait également ralentir voire arrêter des travaux industriels et miniers. Ce blocage a pour conséquence une diminution des revenus des entreprises qui seront contraintes au licenciement significatif de leurs personnels et à la réduction drastique de leur contribution au budget national. Cette baisse de revenu de l'Etat peut avoir de grandes conséquences sur des secteurs sociaux comme l'éducation et la santé. Quand la ressource eau devient rare, les différentes activités socio-économiques peuvent se retrouver dans une situation de compétition d'exploitation qui peut compromettre les efforts d'une gestion durable de la ressource.

La diminution ou la rareté des eaux peut aussi avoir d'autres conséquences néfastes sur les activités socio-économiques, notamment :

- /// le déplacement de la population vers d'autres pays avec des conséquences socio-économiques (baisse de la production nationale, déséquilibre social et économique, etc.) ;
- /// la transhumance du cheptel vers des lieux plus reculés durant la période sèche qui dure entre 9 et 10 mois pouvant engendrer une perte du cheptel et de leurs revenus ;
- /// le renchérissement des coûts d'entretien et de maintenance des infrastructures hydrauliques à cause de leur usure rapide engendrée par la surexploitation des points d'eau. Ce renchérissement et l'insuffisance d'organisation des usagers de ces points d'eau sont à la base de la non fonctionnalité de nombreux forages équipés.

- /// le conflit autour des points d'eau sollicités pour satisfaire les besoins d'activités multiples ;
- /// l'effritement de la solidarité villageoise (disparition progressive de l'entraide sociale ; accroissement des problèmes matrimoniaux) ;
- /// l'augmentation du temps de la corvée d'eau des femmes en milieu rural affectant leurs activités génératrices de revenu, et par voie de conséquence, la réduction de leurs pouvoirs d'achat.

VIII.2.2. Dégradation de la qualité des eaux souterraines

La pollution des nappes peut provoquer plusieurs maladies dont leur traitement n'est pas accessible à la population rurale la plus vulnérable. Certaines maladies peuvent handicaper définitivement les producteurs, cette situation peut conduire à des pertes de revenus, donc à des conditions de vie difficiles.

La baisse de la production nationale peut avoir des conséquences lourdes sur l'économie nationale. Beaucoup d'activités économiques peuvent être compromises, c'est notamment le cas de la production agricole, de l'élevage et même des activités commerciales. Une telle situation oblige l'Etat à faire recours aux aides extérieures pour faire face à des dépenses pour la santé, l'éducation et bien d'autres besoins élémentaires de la population.

La dégradation de la qualité des eaux peut se manifester notamment autour des points d'eau à usages multiples (élevage, agriculture, eau potable) par la propagation de nombreuses maladies infectieuses (épizooties) à cause de la concentration humaine et animale comme la fièvre aphteuse, la pasteurellose, la péripneumonie, le charbon symptomatique et la peste des petits ruminants.

VIII.2.3. Variabilité/Changements climatiques

L'impact des changements climatiques sur les ressources en eau souterraines peut engendrer des conséquences sociales et économiques.

Recours à l'agriculture irriguée : En Afrique de l'Ouest, l'agriculture pluviale occupe en moyenne les 2/3 de la population active et participe pour près de 30 % dans la formation du Produit Intérieur Brut de la région (UICN, 2003), (tableau 8, voir page 54).

La réduction de la pluviosité de 20 % à 30 % constatée sur toute l'Afrique de l'Ouest ainsi que les écoulements de surface dans les mêmes proportions, conduisent le monde rural à migrer progressivement vers l'agriculture irriguée à partir des mares temporaires et les eaux souterraines pendant la saison sèche dans les régions arides (« cultures de contre-saison »). Cette évolution peut engendrer la baisse des revenus des producteurs et le repli du taux de la croissance économique des pays. En effet, la contribution de l'agriculture irriguée à partir des eaux souterraines reste encore marginale par rapport à la production agricole globale.

La valeur économique de l'eau : l'abandon des puits asséchés captant les nappes phréatiques amène les paysans et agriculteurs du monde rural à se tourner vers les forages équipés des moyens d'exhaure. Cependant, l'accès à ces points d'eau modernes est payant.

Changement d'activités économiques chez certains agents économiques : la perte des profits due aux impacts négatifs des changements climatiques peut également amener les paysans à embrasser de nouvelles activités, certes génératrices de revenus, mais néfastes pour la protection et la préservation de l'environnement. Il s'agit de la production de bois de chauffe pour les villes et les grandes agglomérations.

Pays	Population (en milliers) en 2000	% population occu- pée dans le secteur agricole (1996)*	Part de l'agriculture dans le PIB [%]
Bénin	6097	54	39
Burkina	11937	84	33
Cap Vert	428	35	12
Tchad	7651	72	40
Côte d'Ivoire	14786	49	26
Gambie	1305	80	27
Ghana	20212	52	10
Guinée	7430	74	22
Guinée Bissau	1213	79	62
Libéria	3154	70	ND
Mali	11234	80	47
Mauritanie	2670	45	25
Niger	10730	86	41
Nigeria	111506	64	32
Sénégal	9481	77	17
Sierra Leone	4854	61	44
Togo	4629	67	42
Total/Moyenne	229317	66	29

* Selon les rapport du PNUD (2000) et de la Banque Africaine de Développement BAD (2001).

TABLEAU 8 : Importance du secteur agricole dans les économies nationales de l'Afrique de l'Ouest (d'après UICN-BRAO, GWP-WAWP, CILSS, 2003).

IX. CARTOGRAPHIE DES RISQUES MAJEURS

Sur la base des résultats issus des réflexions menées par les pays, une carte des risques situe les foyers ardents (figure 17). Par ailleurs, les simulations prévisionnelles réalisées pour l'horizon 2025 avec le modèle mathématique ont mis en évidence les zones les plus vulnérables aux prélèvements additionnels (figure 18) caractérisées par des rabattements élevés. Ces zones sont localisées au Niger dans la région de Birni N'Konni (Usine de Malbaza), au Nigeria dans la région de Sokoto et au Mali au Nord de la localité de Menaka. En d'autres termes, les prélèvements additionnels devraient être effectués dans d'autres zones plus éloignées.

Les résultats du modèle hydrogéologique du SAI mettent ainsi en évidence l'évolution vers une surexploitation des eaux souterraines à partir de 1995. Les pays se situeraient dès cette année, en situation de stress hydrique contrairement aux prévisions pour 2025 de la Commission Economique des Nations Unies pour l'Afrique¹.

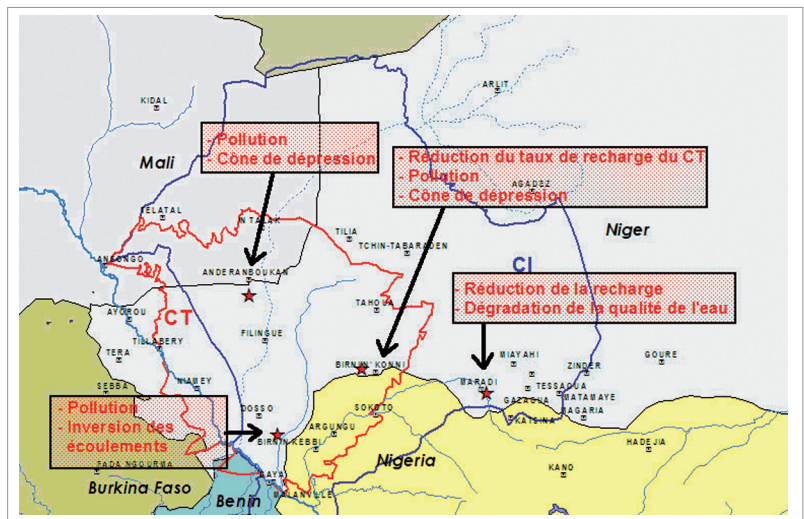


FIGURE 17 : : Carte des risques hydrogéologiques du SAI.

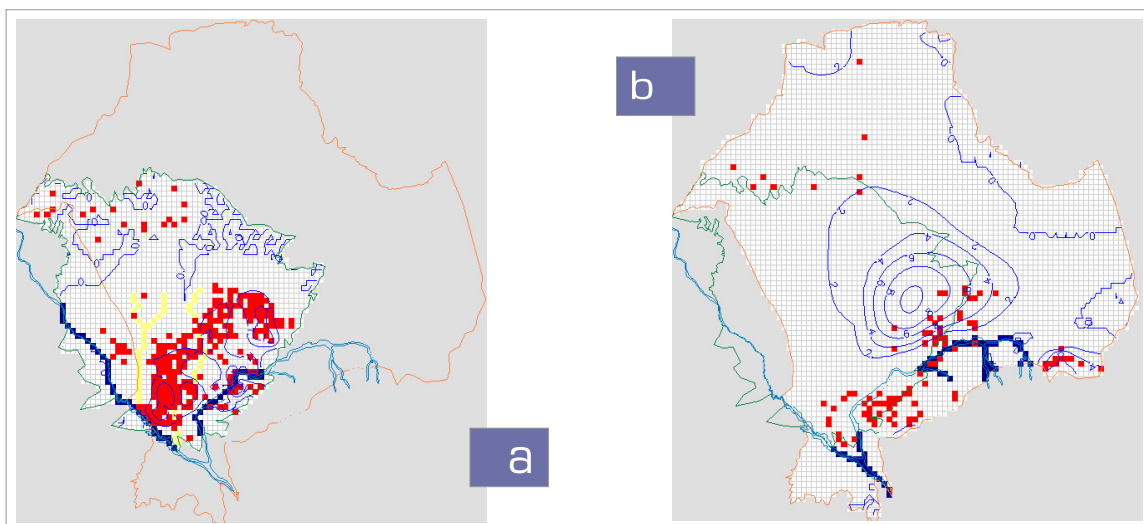


FIGURE 18 : : Rabattements additionnels dans le CT (a) et dans le CI (b) à l'horizon 2025

En conclusion, d'après les précédentes analyses thématiques, il se dégage trois types de zones à risques transfrontaliers. La nature de ces causes primaires est liée à des facteurs d'ordre hydrogéologique (nature des réservoirs aquifères, échanges hydrauliques), climatique (variabilité spatiale et temporelle), socio-économiques (activités agricoles et industrielles). Ainsi, dans la plupart des zones identifiées, les risques ont des causes multiples.

¹. Commission économique des Nations-unies pour l'Afrique (UNECA), Avenir de l'environnement mondial 2000, PNUE,

X. ANALYSE DE LA CHAÎNE CAUSALE

Une chaîne causale est une série de déclarations qui lient les causes d'un problème à ses effets. La chaîne causale se compose de trois types de causes :

- /// les causes immédiates : ou causes primaires, sont souvent les causes techniques directes du problème. Elles sont principalement tangibles ;
- /// les causes fondamentales : elles contribuent aux causes immédiates et regroupent les utilisations et les pratiques sur les ressources fondamentales, les causes sociales et économiques y afférentes ;
- /// les causes profondes : elles sont souvent liées aux aspects fondamentaux de la macroéconomie, de la démographie, des modèles de consommation, aux valeurs environnementales, à l'accès à l'information et aux processus démocratiques, à la gouvernance.

Ainsi, les trois risques majeurs transfrontaliers seront examinés à travers ces trois catégories de causes.

X.1. Causes immédiates

X.1.1. Diminution de la ressource en eau

Les aquifères du Système aquifère d'Iullemeden en particulier ceux du Continental Terminal, sont annuellement rechargés, de l'ordre de 3 mm par an pour le Continental intercalaire et de 14 mm par an pour le Continental Terminal selon les zones d'études (Adelana and al., 2003 ; Bromley and al., 1997 ; Desconnets, 1994 ; Leduc et Desconnets, 1994 ; Leduc et al., 1997 ; Leduc et Taupin, 1997 ; Le Galle La Salle and al., 2000 ; Taupin, 1990 ; Edmunds and al., 2004). Cependant, la résultante de l'analyse des risques convergerait progressivement à long terme, vers la réduction du potentiel en eaux souterraines. Cette inquiétude s'est traduite, selon les pays, de la manière suivante :

- /// exploitation abusive, non planifiée et gestion non concertée des aquifères partagés (Mali)
- /// exploitation non planifiée et non durable des eaux très anciennes (Mali)
- /// impact de l'utilisation des terres sur les ressources en eau souterraines (Mali)
- /// impact de la déforestation (Mali)
- /// impact du changement climatique sur les aquifères (Mali)
- /// inégale répartition spatiale des ressources en eau (Mali)
- /// modification de la surface piézométrique d'un aquifère (Niger)
- /// impacts des changements climatiques sur les aquifères transfrontaliers à faible taux de recharge (Niger)
- /// *critically, examine the issue of climate change with respect to aquifer recharge in the Iullemeden basin (Nigeria)*
- /// *the hydrogeological section of the Nigerian portion of the Iullemeden Aquifer System should be correlated with that of the Niger Republic (Nigeria)*
- /// *afforestation programmes be effected in the basin to improve recharge and soil conservation (Nigeria).*

L'exploitation non concertée et de plus en plus croissante des ressources en eau d'un aquifère transfrontalier à cause de l'augmentation et la multiplication de l'expression de la demande (croissance de la population au rythme de 3 % en moyenne par an ; les activités industrielles et minières ; le développement de l'élevage de plus en plus sédentaire, l'occupation des sols par la mécanisation de l'agriculture, entre autres), transforme et réorganise le sens des écoulements souterrains. Cette situation peut engendrer, à long terme, des conséquences pratiques pouvant avoir des implications internationales. En plus des activités humaines, la réduction de la pluviosité due à la variabilité/changements climatiques, contribue à la réduction de la recharge des nappes. Parmi ces conséquences, il y a notamment :

- /// **LA MODIFICATION DES CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉCOULEMENT SOUTERRAIN.** L'écoulement (flux directionnel) passant à travers une frontière internationale est calculé à l'aide des modèles mathématiques. Les prélèvements croissants des eaux souterraines de part et d'autre de la frontière peuvent modifier l'écoulement naturel pouvant engendrer des phénomènes d'interférences par accroissement du cône de dépression. Ce risque est d'autant plus probable que les pays exécutent des programmes de réalisation de forages. Ainsi, l'implantation et le dimensionnement des forages d'exploitation des aquifères transfrontaliers doivent être planifiés et concertés afin d'assurer une allocation équitable de la ressource.
- /// **LA BAISSÉ DE L'ARTÉSIANISME.** Dans la partie centrale du SAI, un déclin de l'artésianisme de l'ordre de 2 à 3 mètres a été relevé dans les forages artésiens captant le Continental Terminal au Niger dans le secteur de Dantiandou, Balayera et Dan Kassari. De plus, d'autres forages artésiens qui captent le Continental intercalaire, déversent en permanence des eaux peu renouvelables depuis 1970, date de leur réalisation. La plupart des forages artésiens du SAI ne sont pas maîtrisés et souvent très peu valorisés.

X.1.2. Dégradation de la qualité des eaux souterraines

Le Mali, le Niger et le Nigeria sont unanimes sur la dégradation de la qualité des eaux souterraines des aquifères du Continental intercalaire et du Continental Terminal incluant les alluvions quaternaires, comme en témoignent ci-après la liste des risques que les pays ont identifié :

- /// exploitation et utilisation des eaux souterraines inaptées et/ou de mauvaise qualité (Mali)
- /// impact de l'utilisation polluante des terres et des eaux dans les zones de recharge (Mali)
- /// contamination irrémédiable avec des polluants à partir des forages profonds des zones d'exploitation minière et pétrolière (Mali)
- /// détérioration de la qualité de l'eau (Niger)
- /// *groundwater contamination and pollution (Nigeria).*

La dégradation de la qualité des eaux est due soit par la composition minéralogique de la formation géologique traversée par l'eau, soit aux rejets d'eaux usées issues des activités des différents secteurs socio-économiques.

Détérioration de la qualité de l'eau par es phénomènes naturels

La détérioration de la qualité de l'eau souterraine dépend de la paragenèse minérale qui constitue la formation aquifère et qui conditionne le cachet chimique de l'eau en présence. En raison d'échanges ioniques, **les eaux issues des aquifères profonds**, donc captifs, peuvent contenir des teneurs anormalement élevées en certains éléments chimiques. C'est le cas du Fluor, le plus léger et le plus électro-négatif des éléments appartenant au Groupe des halogènes (Chlore, Bore, Iode, Astate). Le Fluor est un des constituants principaux de l'**Apatite**, le phosphate de calcium, de formule chimique $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$, couvre une série de composés dont la composition peut être assez complexe : la fluorapatite, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, lorsque le Fluor est prédominant, la chlorapatite, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$, lorsque le chlore est prédominant, l'hydroxylapatite, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$, lorsque l'ion

hydroxyle OH⁻ est prédominant. Elle est le constituant essentiel des phosphates sédimentaires utilisés notamment comme engrais.

La fluorapatite est très présente dans l'aquifère du Continental intercalaire dans la zone frontalière entre le Niger et le Nigeria où les teneurs en fluor atteignent des valeurs comprises entre 9 à 12 mg/l (la norme est de 1,5 mg/l pour des valeurs de température comprises entre 8 °C et 12 °C, et 0,7 mg/l pour des valeurs de température comprises entre 25 °C et 30 °C). Cela engendre les fluoroses osseuses et dentaires notamment chez les sujets âgés de moins de 15 ans.

Par ailleurs, l'appel d'eaux profondes très minéralisées durant l'exploitation peut affecter la qualité des eaux des aquifères adjacents. C'est le cas de la zone du Dallol Maouri (Niger), où des échanges d'eau ont été reconnus entre les aquifères superposés (Guéro, 2004).

Détérioration de la qualité de l'eau due aux activités humaines

La croissance démographique enregistrée dans le monde en général, dans la sous-région d'Afrique de l'Ouest en particulier, s'est accompagnée d'une urbanisation intensive, d'une intensification des activités industrielles et de la mise en exploitation de nouvelles terres cultivables² (Calamari, 1985). Toutes ces transformations ont entraîné une énorme augmentation, tant en quantité qu'en variété, des émissions de polluants susceptibles d'atteindre les nappes.

Sur la base d'études réalisées dans seize pays (7 d'Afrique du Nord, 1 d'Afrique Centrale, 2 d'Afrique de l'Est, 4 d'Afrique du Sud, 2 d'Europe), les principales sources de contamination sont les suivantes (Yongxin and Brent, 2006)³ : sites d'assainissement (latrines, fosses sceptiques), déchets domestiques, eaux usées, les produits agricoles (fertilisants, herbicides, pesticides), les déchets industriels et miniers (pétrole, etc.), mauvaise gestion des terres. Les principaux polluants issus sont microbiologiques (virus, bactéries, protozoaires), chimiques (organiques, et inorganiques dont les nitrates et les nitrites).

Dans le cas du Système aquifère d'Iullemeden et du bassin du fleuve Niger en général, la contamination des eaux souterraines peut fortement provenir des activités humaines (Adelana, 2006 ; Traoré and al., 2006) et des échanges entre le réseau hydrographique fleuve et les nappes libres (Orange and Palangié, 2006 ; Ousmane and al., 2006). C'est le cas du delta intérieur du fleuve Niger dans la partie malienne. L'utilisation de plus en plus croissante de fertilisants agricoles affecte les nappes libres notamment à proximité du cours principal du fleuve Niger. Les statistiques indiquent que la quantité moyenne de fertilisants nécessaires pour une production minimum est de 230 kg à l'hectare (kg/ha) en 2010 et de 475 kg à l'hectare en 2030. Dans le Système aquifère d'Iullemeden, bien que cette quantité de fertilisants soit faible, elle est en progression (tableau 9).

X.1.3. Variabilités et Changements climatiques

La notion de variabilité et changement climatique est liée à la modification ou variation significative du climat suite à des facteurs d'origine naturelle ou anthropique.

La Convention-cadre des Nations-unies sur les changements climatiques (CCNUCC), dans son article premier, définit les changements climatiques comme « **des changements qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables** ». La CCNUCC fait donc une distinction entre « les changements climatiques » attribuables à l'activité humaine altérant la composition de l'atmosphère et la « variabilité du climat » imputable à des causes naturelles.

² Davide Calamari, 1985. Situation de la pollution dans les eaux intérieures de l'Afrique de l'Ouest et du Centre. FAO.

³ Yongxin X. and Brent U., 2006. Groundwater pollution in Africa. Taylor & Francis Ed. 353p.

Quantité appliquée (kg/ha)	Années								
	1970	1980	1985	1990	1995	1999	2000	2001	2002
Burkina Faso	0	2	4	7	7	13	9	0	0
Mali	3	8	10	7	13	15	9	9	9
Niger	0	1	1	1	3	1	1	1	1
Nigeria	0	6	8	14	6	6	7	8	6
CEDEAO	3	6	8	6	9	10	8	8	9
Afrique	11	20	22	22	19	22	21	22	23
Asie	28,2	73,2	87	122,2	147,4	160,9	151,9	151,6	159,1
Amérique latine	25,2	58,8	56,9	59,1	59,3	76,9	83,3	86,4	89,3
Monde	52,5	86,9	93,7	99,00	93,2	100,8	96,8	98,3	100,8

TABLEAU 9 : Tableau comparatif des quantités de fertilisants utilisés annuellement dans les pays de la région du SAI par rapport au reste du monde (IFDC, 2005 ,FAO).

La variabilité climatique se réfère à la variation naturelle intra et interannuelle du climat. Sa portée spatiale et temporelle est relativement plus limitée. Le changement climatique en revanche, traduit une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité, persistant pendant une période prolongée (généralement des décennies ou plus).

La Terre et spécialement sa surface absorbent le rayonnement solaire. Cette énergie est ensuite redistribuée par les circulations atmosphérique et océanique et renvoyée dans l'espace à de plus grandes longueurs d'onde (infrarouge). En moyenne annuelle et pour la Terre dans son ensemble, le rayonnement solaire incident est plus ou moins égal au rayonnement émis par le soleil vers la Terre et le rayonnement émis par le globe terrestre. Tout facteur qui modifie le rayonnement solaire ou celui qui est renvoyé dans l'espace, ou encore qui modifie la redistribution de l'énergie dans l'atmosphère ou entre l'atmosphère, les terres émergées et les océans, peut influencer sur le climat (GIEC, 2001).

On appelle **forçage radiatif** toute modification de l'énergie rayonnante nette propre au système Terre-atmosphère. Un forçage radiatif positif a tendance à réchauffer la surface terrestre et la basse atmosphère, tandis qu'un forçage négatif à tendance à les refroidir.

L'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre aura pour effet de réduire l'efficacité avec laquelle la surface de la Terre réfléchit le rayonnement incident vers l'espace. Une fois émis dans l'atmosphère, de nombreux gaz à effet de serre y séjournent pendant des siècles et contribuent ainsi durablement à un forçage radiatif positif (GIEC, 2001).

L'activité volcanique peut projeter dans la stratosphère de grandes quantités de gaz soufrés (surtout du dioxyde de soufre), qui se transforment par la suite en aérosols sulfatés. Chaque éruption peut entraîner un forçage négatif important mais passager, qui contribue à refroidir la surface de la Terre et la basse atmosphère pendant quelques années (GIEC, 2001).

Les changements d'affectation des terres, dont le déboisement est le facteur principal, semblent avoir produit un forçage radiatif négatif de $-0,2 \pm 0,2 \text{ Watt/m}^2$ (GIEC, 2001). L'effet est particulièrement marqué aux latitudes élevées. Le déboisement y a en effet causé le remplacement des forêts enneigées à albédo relativement faible par des zones découvertes enneigées à plus fort albédo. L'Afrique et dans une moindre mesure la zone du Système aquifère d'Illemeden, contribue à la production de ce forçage négatif à travers les pratiques culturales (feux), la production de bois de chauffe.

Ainsi, la variabilité et les changements climatiques sont dus principalement à la production naturelle ou anthropique des gaz à effets de serre. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) confirme que l'essentiel de l'accroissement observé sur la température moyenne globale depuis le milieu du XX^e siècle est très vraisemblablement dû à l'augmentation observée des gaz à effet de serre anthropiques⁴. Ces gaz à effet de serre anthropiques contribuent au réchauffement moderne (1750-2005) et au réchauffement récent (1950-2005). La température moyenne globale à la surface (la moyenne de la température de l'air près de la surface du sol et de la température à la surface de la mer) a augmenté depuis 1861 (figure 19). Au XX^e siècle, cette augmentation a été de $0,6\text{ °C} \pm 0,2\text{ °C}$ ⁵.

La zone du Système aquifère d'Illemeden et de l'Afrique de l'Ouest en général, malgré qu'elle ne soit pas classée parmi les pays producteurs de gaz à effets de serre, est très vulnérable à la variabilité et changements climatiques de par ses caractéristiques physiques et socio-économiques (UICN-BRAO et al., 2003) :

- le contraste entre des zones hyper-arides (désert du Sahara) au nord et des zones humides (sud du Niger, nord du Nigeria), contraste atténué par la configuration du réseau hydrographique du fleuve Niger dont le delta intérieur au Mali ;
- l'indice de développement humain le plus faible du monde.

X.2. Causes fondamentales

Les causes fondamentales contribuent aux causes immédiates ; elles regroupent :

- **les utilisations et les pratiques sur les ressources fondamentales** (l'usage du sol, les dépotoirs, les préjudices ou les pratiques non durables, les utilisations de l'eau telles que les déviations et les stockages),
- **les causes sociales et économiques y afférentes** (le développement croissant des secteurs socio-économiques, l'investissement, les procédures de minimisation des déchets, la gestion latérale de l'offre et de la demande).

⁴ Les émissions anthropogéniques de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄), d'oxyde nitreux (N₂O), d'hydrofluorocarbones (HFC), de perfluorocarbones (PFC), d'hexafluorure de soufre (SF₆), d'hydrochlorofluorocarbones (HCFC), de chlorofluorocarbones (CFC), de précurseurs d'aérosols et de gaz chimiquement actifs comme le dioxyde de soufre (SO₂), le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NOx) et les composés organiques volatils non méthaniques.

⁵ GIEC. Bilan 2001 des changements climatiques : Rapport de synthèse.

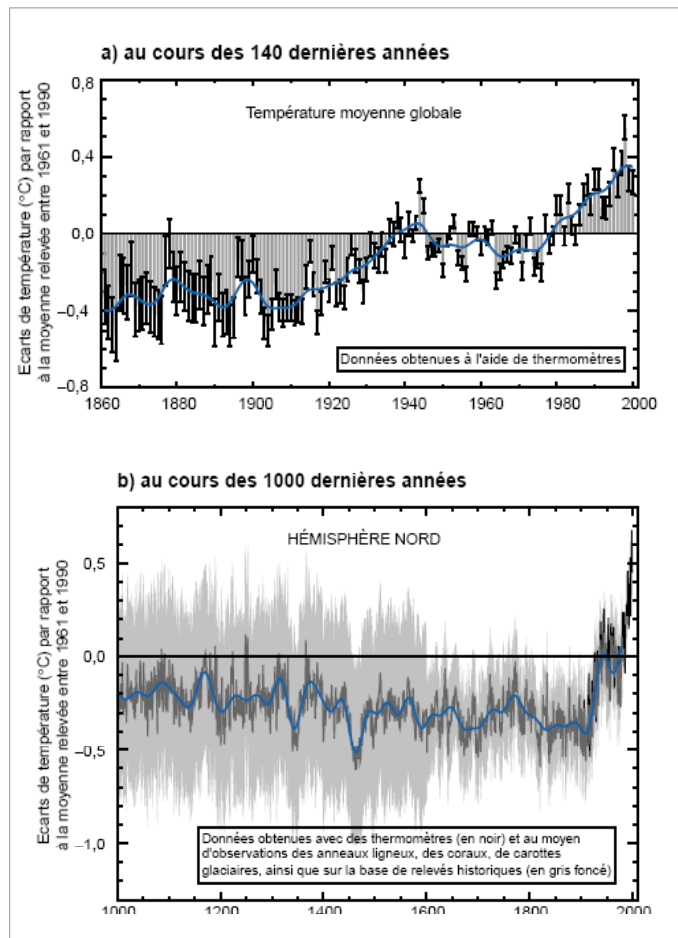


FIGURE 19 : Variations de la température à la surface de la Terre au cours des 140 dernières années et au cours du dernier millénaire (GIEC, Bilan 2000).

Ces causes fondamentales seront analysées pour les trois risques majeurs transfrontaliers respectifs.

X.2.1. Diminution de la ressource en eau

La diminution de cette ressource est principalement due aux causes sociales et économiques.

▶▶ UTILISATIONS ET PRATIQUES SUR LES EAUX SOUTERRAINES

Les causes fondamentales sur la diminution des ressources en eau souterraines sont dues d'une part, au mode d'occupation des terres et le changement dans le mode d'occupation des terres, et d'autre part, à certaines pratiques d'utilisation des eaux souterraines.

Le mode d'occupation des terres le plus marquant est l'extension des superficies cultivées à cause de l'accroissement démographique donc de la croissance des besoins alimentaires. C'est le cas du **Niger où la superficie des terres cultivées est passée de 3,86 millions d'hectares en 1985 à 7,95 millions d'hectares en 1995**. Les cultures sont les plus souvent pluviales ; l'agriculture irriguée est le plus souvent pratiquée dans les zones dotées du réseau hydrographique du fleuve Niger.

Cette extension des superficies cultivées ne s'accompagne plus, comme par le passé (système de jachère), par la restauration des sols. Cette pratique affecte profondément, et parfois de manière

irrémédiable, la reconstitution minérale et organique des sols qui deviennent plus vulnérables à l'érosion éolienne et pluviale. **Un système dominé par une agriculture pluviale, les espaces agricoles se dégradent rapidement au-delà de 15 habitants au km², perdant ainsi la fertilité de leurs sols.**



Le surpâturage, le défrichement des terres forestières aux fins agricoles, la destruction des forêts pour la satisfaction des besoins en bois énergie et de service et pour les besoins fourragers pour le bétail, les mauvaises pratiques de récolte des produits pour la pharmacopée traditionnelle, et les feux de brousse sont autant d'activités humaines qui contribuent à la disparition du couvert forestier favorisant ainsi la dégradation des terres à travers les phénomènes d'érosion éolienne et hydrique.

La dégradation des terres se manifeste de plusieurs manières (figure 20) :

- /// la formation de vastes terrains de glacis ;
- /// la formation et l'élargissement des cours d'eau temporaires et des ravins ;
- /// la formation des dunes ;

FIGURE 20 : Quelques exemples de dégradation des terres.

- /// l'ensablement des terres de cultures et des cours d'eau ;
- /// l'inondation et le lessivage des terres ;
- /// la réduction de l'infiltration.

La formation des glacis et la disparition du couvert végétal limitent l'infiltration des eaux de ruissellement et de la pluie efficace ; cela entraîne la baisse de la nappe phréatique, et l'assèchement des plans d'eau. **L'ensablement des mares, des rivières et du fleuve est à l'origine de la diminution considérable de la superficie en eau de surface.**

Les causes fondamentales de **la diminution de la ressource en eau** sont aussi liées à certaines pratiques telles que **la faible maîtrise de débit des forages jaillissants**. En effet, la presque totalité des forages artésiens déversent en permanence et ce, depuis la date de leur réalisation, les eaux issues du Continental intercalaire et l'aquifère inférieur du Continental Terminal (CT₁). Une baisse de l'artésianisme de l'ordre de 2 à 3 mètres a été enregistrée au Niger (Dantiandou, Balayera, Dan Kassari). C'est le cas également des forages profonds réalisés en 1969 pour la recherche pétrolière dans la partie malienne. Le niveau piézométrique était à 4,75 m au dessus du sol avec un débit jaillissant de 2.6 litres/s ; quelques **82.000 m³ sont déversés annuellement sans être mis en valeur.**

▶▶▶ CAUSES SOCIALES ET ÉCONOMIQUES

Les causes sociales et économiques de la diminution de la ressource en eau sont multiples. Il s'agit de **la croissance démographique, le développement des secteurs économiques** tels que l'élevage, l'agriculture, les activités industrielles.

a) Demande en eau potable

Selon le Programme des Nations-unies pour le développement, la proportion de citoyens ayant accès à l'eau potable en Afrique subsaharienne n'a baissé que légèrement, passant de 86 % en 1990 à 83 % en 2000. A l'heure actuelle, **environ 65 % de la population rurale et 25 % de la population urbaine n'ont pas accès à une distribution d'eau adéquate⁶**. De même, quelque **73 % des paysans et 43 % des citoyens ne disposent pas d'un assainissement correct**. A Nairobi, par exemple, 60 % de la population vit dans des bidonvilles qui ne représentent que 5 % du territoire de la ville. Il en est ainsi de la plupart des grandes villes africaines, dont 40 % à 70 % des habitants vivent dans des bidonvilles.

L'Afrique dispose pourtant d'abondantes ressources en eau qui ne sont pas efficacement utilisées. Dotée de 17 grands fleuves et de plus de 160 lacs majeurs, l'Afrique n'utilise que 4 % environ de sa quantité annuelle totale de ressources renouvelables en eau pour l'agriculture, l'industrie et les besoins ménagers⁷ ; en d'autres termes, une consommation en moyenne faible au regard des potentialités. Cependant, d'ici 2025, la demande en eau va croissante en fonction de la croissance de la popula-



FIGURE 21 : Bidonville de Nairobi (Photo : ©AFP/Getty Images/Marco Longari)

⁶ Observatoire hydrologique régional de l'Afrique de l'Ouest et Centrale (Banque mondiale <http://ohraoc.ird.bf>); www.righttowater.org.uk/code/homepage.asp; www.cohre.org/water.htm; www.academie-eau.org/mot.php3?id_mot=6; www.watertreaty.org; www.worldwatercouncil.org

⁷ Gumisai Mutume, 2004. Les vicissitudes du développement durable. Afrique Renouveau, Vol.18#2 (Juillet 2004), p. 19.

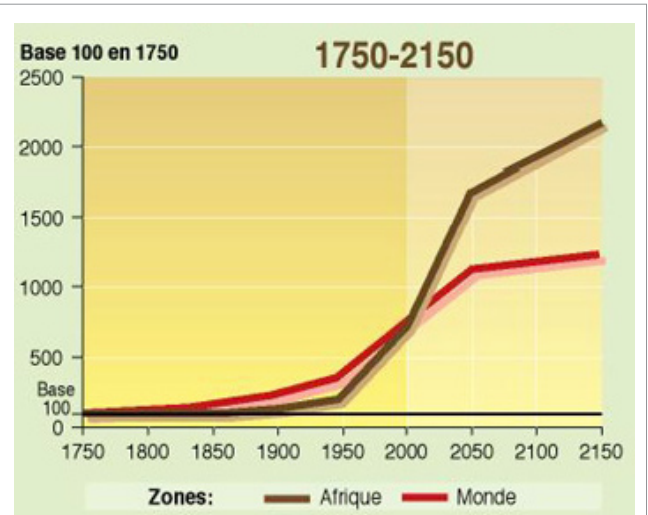
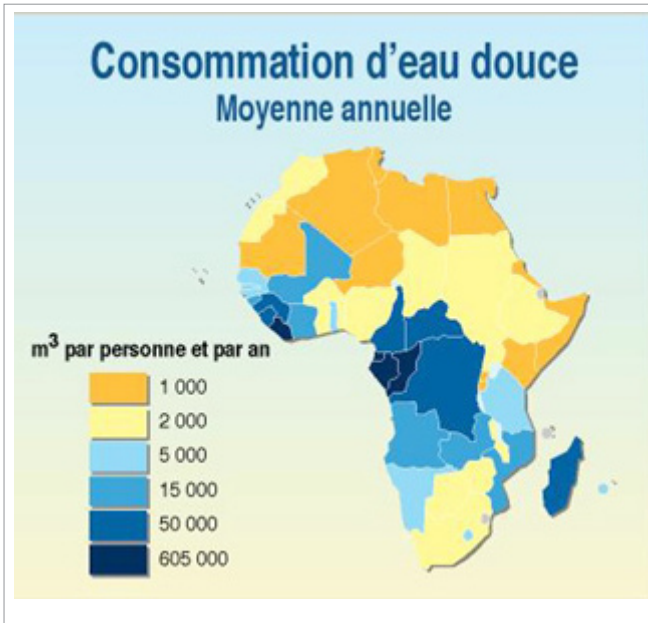


FIGURE 22 : Pénurie et stress hydrique en Afrique à l'horizon 2025 liée à la croissance démographique.

tion (PNUD, 2005), [tableau 10]. Cette croissance peut conduire les pays d'Afrique, ceux du Système aquifère d'Iullemeden, au stress hydrique³ (figure 22).

Actuellement, les pays africains dépendent énormément de financements extérieurs. Une étude récente des projets de distribution d'eau et d'assainissement supportés par la Banque mondiale au cours des exercices 1987 à 1990 indique une proportion beaucoup plus forte de financements extérieurs en Afrique subsaharienne que dans toute autre région du monde : 81 %, contre 65 % en Asie, 58 % en Amérique latine, 54 % au Moyen-Orient et Afrique du Nord. Dans le cas des projets ruraux, ces financements extérieurs



Classement selon l'IDH	Population totale (millions)			Taux de croissance démographique annuel (%)		Population urbaine (en % du total) ¹			Population de moins de 15 ans (en % du total)		Population de 65 ans et plus (en % du total)		Indice Synthétique de fécondité (par femme)	
	1975	2003	2015	1975-2003	2003-2015 ²	1975 ²	2003	2015 ²	2003	2015 ²	2003	2015 ²	1970-1975 ³	2000-2005 ³
158 Nigeria	58,9	125,9	160,9	2,7	2,0	23,4	46,6	55,5	44,7	41,3	2,4	3,2	6,9	5,8
174 Mali	6,2	12,7	18,1	2,6	2,9	16,2	32,3	40,9	48,3	46,7	2,2	2,4	7,6	6,9
177 Niger	5,3	13,1	19,3	3,2	3,3	10,6	22,2	29,7	49,0	47,9	1,6	2,0	8,1	7,9

¹ Ces données reposant sur des définitions nationales concernant les villes et les agglomérations, les comparaisons entre les pays doivent être effectuées avec circonspection

² Ces données se rapportent au milieu de la fourchette de projection.

³ Ces données se rapportent à des estimations pour la période spécifiée.

TABLEAU 10 : Tendances démographiques (Rapport PNUD, 2005).

⁸ Commission économique des Nations-unies pour l'Afrique (UNECA), Avenir de l'environnement mondial 2000, PNUD, Earthscan, Londres, 1999.

sont passés de 66 %, pour les exercices 1975-1979, à 84 %, pour 1990-1994, tandis que les investissements publics décroissaient de 33 % à 13 % pendant cette même période.

En outre, **dans toute la région subsaharienne, la fourniture d'eau est subventionnée par le biais de tarifs inférieurs aux prix de revient et même souvent inférieurs aux frais d'exploitation et d'entretien.** Le recouvrement des coûts est donc insuffisant et aggrave les difficultés des administrations, qui doivent assurer le maintien des systèmes existants et investir dans de nouvelles infrastructures.

Dans le cas des pays du SAI, l'historique des prélèvements pour l'eau potable est assuré par les sociétés et les agences nationales de distribution d'eau potable. Ces organismes interviennent principalement dans les principales villes et les moyennes agglomérations. Les estimations sur les prélèvements opérés dans le monde rural par l'hydraulique villageoise, sont très approximatives.

La demande moyenne annuelle en eau pour Kidal, Gao et Tombouctou au Mali, est de 1,3 million m³/an (statistiques de 1999 à 2001). La demande moyenne annuelle en eau, essentiellement pour les cinquante et un centres urbains totalisant 1,8 millions d'habitants, est de 117,6 millions m³/an au Niger⁹ (Maliki et Issa, 2004). Niamey la capitale, est alimentée par les eaux du fleuve. Au Nigeria, la consommation moyenne annuelle en eau potable est de 15,4 millions m³/an en 1990 pour la population des Etats de Kebbi, Zamfara et Sokoto¹⁰ (JICA, 1990 ; Ude and Hanidu, 2004 ; Hanidu, 2006). Les prévisions jusqu'en 2020 estiment la demande en eau à 32,3 millions m³/an¹¹. L'essentiel des prélèvements provient des aquifères de Gundumi, Rima, Kalambina et Gwandu (Kogbe, 1972 ; 1976 ; Hanidu, 2006).

Le Rapport du Programme des Nations-unies pour le développement (2005), en fonction de l'Indice du développement humain, a avancé les chiffres des populations ayant accès à l'eau potable dans les trois pays (tableau 11 extrait du tableau 6).

Classement selon l'IDH	OMD Population disposant d'installations sanitaires de Qualité (%)		OMD Population disposant d'un accès facilité à une source d'eau de qualité (%)	
	1990	2002	1990	2002
158 - Nigeria	39	38	49	60
174 - Mali	36	45	34	48
177 - Niger	7	12	40	46

TABLEAU 11 : Pourcentage de la population disposant d'installations sanitaires et d'un accès facile à l'eau potable (Rapport PNUD, 2005).

L'inventaire des points d'eau (forages et puits) dans le Système aquifère d'Iullemeden a donné plus de 17000 points d'eau. La répartition chronologique reflète la croissance de la demande en eau, en harmonie avec la croissance démographique (figure 23).

La période 1980-1990 correspond au lancement de la Décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement (DIEPA). L'accessibilité se définissait comme la distance à parcourir à pied

⁹ MALIKI Barhouni et ISSA Soumana, 2004. Processus d'élaboration d'une vision partagée pour le développement durable du bassin du Niger : Etude multisectorielle nationale. Rapport Autorité du bassin du Niger. 213 pages et Annexes.

¹⁰ Ude M. O. and Hanidu J. A., 2004. Assessment of the opportunities and constraints to the development of the Nigeria's portion of the river Niger basin. Niger Basin Authority, 141 pages and Appendix

¹¹ JICA (1990) The Study For Groundwater Development In Sokoto State.

ou le temps de parcours entre le foyer et le Point d'eau moderne « PEM » (forage, puits moderne, puits citerne, borne fontaine). Un Point d'eau moderne (forage, puits) correspond à 250 habitants au Niger, et à 400 habitants au Mali.

b) Besoins en eau pour l'agriculture

Dans la sous-région de l'Afrique de l'Ouest, les potentialités hydro-agri-

coles sont très peu exploitées (UICN et al., 2003)¹². **Les prélèvements d'eau pour l'agriculture, la consommation domestique, l'industrie et l'hydro-électricité, sont estimés à moins de 3 % des ressources en eau renouvelables disponibles.** Avec une superficie presque égale à celle des Etats-Unis et de la Chine, l'Afrique de l'Ouest ne compte que **110 grands barrages** (barrages de 15 mètres de haut ou d'un volume de réservoir de plus de 3 millions de m³) notamment pour les activités agricoles, **contre plus de 6 000 pour les USA et plus de 20 000 pour la Chine.** L'Afrique de l'Ouest représente 1/3 de la superficie africaine mais n'abrite que moins de 1/10 des 1 300 grands barrages que compte le continent, ce qui traduit **le faible degré de maîtrise de l'eau.**

Dans la zone du Système aquifère d'Iullemeden, le potentiel en terres irrigables du Mali est estimé à 2,2 millions hectares (Diarra et Cissé, 2004 ; Sidoro, 2006) dont environ 110 000 hectares pour la zone de Gao. La superficie irrigable cultivée est de l'ordre de 135 000 hectares dont 10 000 hectares dans la zone de Gao. Les consommations en eau sont de l'ordre de 4,5 milliards m³ dont 98 % de ces besoins sont couverts par les eaux du fleuve Niger (Diarra et Cissé, 2004 ; Sidoro, 2006). Pour une couverture totale des besoins alimentaires de la population **du Mali, les besoins en eau sont estimés à 10 milliards de m³ soit environ 30 % des potentialités des ressources en eau de surface du pays** en année déficitaire¹³.

Quant à la partie nigérienne, l'essentiel du **potentiel en terre irrigable du Niger**, estimé à **270 000 hectares**, est concentré dans la vallée du fleuve Niger avec 142 000 ha (soit 52 % du potentiel national), (Maliki et Issa, 2004). **Le potentiel en terres irrigables dans la zone du bassin d'Iullemeden, est estimé à 227 000 hectares soit 84 % du potentiel du Niger.**

L'exploitation du potentiel irrigable est réalisée en maîtrise totale de l'eau essentiellement à partir des eaux du fleuve Niger et les mares, et par des forages (43 forages), (Maliki et Issa, 2004 ; Rabé, 2006).

Au Nigeria, le potentiel en terres irrigables est de 42 272 hectares dont près de 5 300 hectares sont cultivées. Les besoins en eau pour l'agriculture sont assurés par les barrages d'eau

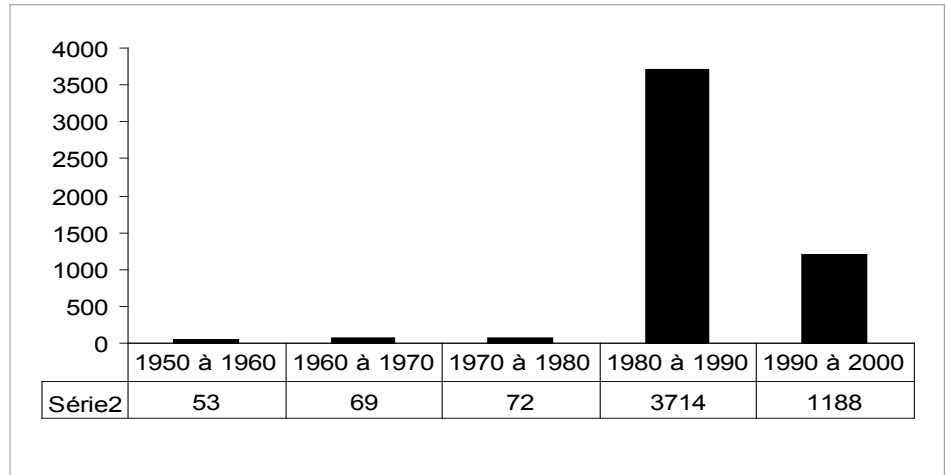


FIGURE 23 : Statistique sur les points d'eau (forages et puits) dans le SAI par décennie, sur la base des informations disponibles sur l'année de leur réalisation.

¹² UICN-BRAO, GWP-WAWP, CILSS, 2003. Eau, changement climatique et désertification en Afrique de l'Ouest : Stratégie régionale de préparation et d'adaptation.

¹³ DIARRA Adama Tiémoko et CISSE Youssouf, 2004. Etude multisectorielle nationale : Evaluation des opportunités et contraintes au développement dans la portion malienne du bassin du fleuve Niger. Rapport Autorité du bassin du Niger. 142 pages.

de surface de Bakolori¹⁴, Jibiya, Goronyo et Zauro (Hanidu, 2006 ; Ude and Hanidu, 2004). Au Nigeria, L'agriculture irriguée représente la principale activité consommatrice d'eau avec des prélèvements estimés à 5,5 milliards m³ par an (69 % des prélèvements totaux) suivie des usages domestiques (1,7 milliards de m³) et de l'industrie (800 millions m³) (FAO, Aquastat).

c) Besoins en eau pour l'élevage

La partie septentrionale du Système aquifère d'lullemeden représente la zone de l'élevage pastoral notamment au Mali et au Niger. Elle est caractérisée par une répartition non uniforme des points d'eau modernes (forages et puits pastoraux) et un nombre élevé de ceux qui sont non fonctionnels. Il en résulte une concentration de la population et du cheptel sur ces rares points d'eau, entraînant une pression élevée sur la ressource en eau.

D'après le Schéma directeur du développement rural (SDDR) actualisé, le Mali compte un effectif de 589 000 pour les bovins, 14 444 000 pour les ovins-caprins, et 310 000 pour les camelins (Diarra et Cissé, 2004). La partie saharienne du fleuve Niger correspond à la zone d'élevage nomade par excellence. La production fourragère inférieure à 0,1 tonne de matières sèches/ha/an et la capacité de charge très faible (44 hectares/Unité de bétail tropical) sont compensées par les très vastes étendues de pâturages, dont l'exploitation est conditionnée par la présence de points d'eau. En considérant un besoin journalier moyen pour une Unité de bétail tropical de 30 litres, alors le besoin annuel est de 56 millions m³/an dans la portion du bassin d'lullemeden qui représente la moitié de l'effectif du bétail national.

Selon les statistiques de l'année 2000 du ministère des Ressources animales, le Niger compte 2 276 545 de bovins, 2 719 482 d'ovins, 5 002 396 de caprins, 321 824 de camelins, 467 890 d'asins, et 149 935 d'équins (Maliki et Issa, 2004 ; Rabé, 2006). Ils sont répartis sur environ 230 000 km² de l'est à l'ouest du Niger dans la zone d'extension des grands aquifères à faible taux de renouvellement. Les besoins en eau de la zone pastorale représentent près de 16 millions de m³/an. Le besoin annuel pour le cheptel de 119,77 millions m³/an.

Pour sa part, le Nigeria compte 4 137 159 bovins, 4 357 962 ovins, 6 572 115 caprins, 2 942 000 porcins, 6 190 000 volailles, 559 500 asins, et 22 748 équins, répartis dans les Etats de Katsina, Kebbi, Sokoto, (Ude and Hanidu, 2004 ; Hanidu, 2006). La demande moyenne annuelle est de 271,36 millions m³/an.

Pour améliorer les conditions de vie des populations et de cet important cheptel notamment dans ces zones nord destinées au pastoralisme, zones très vulnérables aux sécheresses récurrentes, des forages et surtout puits pastoraux sont de plus en plus réalisés. Au Mali, par exemple, la zone compte en 2006¹⁵, 170 forages et 251 puits modernes pour une superficie totale de 31 000 km², abritant 33 445 habitants repartis dans 170 villages et sites. La réalisation de ces nouveaux ouvrages dans ces zones arides contribue à la réduction du potentiel en eau des aquifères du Continental Terminal.

d) Besoins en eau pour l'industrie

Les besoins en eau pour les activités industrielles sont à la fois couverts par les eaux du fleuve Niger et les eaux des aquifères du Continental intercalaire et du Continental Terminal.

Il n'existe pas encore d'industrie dans la portion du SAI au Mali. Cependant, il est important de rappeler que la plupart des industries maliennes sont approvisionnées par le réseau d'eau de l'Energie du Mali avec quelques fois un ou deux forages en appoint. La consommation annuelle

¹⁴ Akané Hartenbach And Jürgen Schuol. October 2005. Bakolori Dam and Bakolori Irrigation Project – Sokoto River, Nigeria.

¹⁵ Direction nationale de l'hydraulique, Base de données SIGMA2- op cit

d'eau des industries varie de **quelques milliers de m³** (la plupart des unités industrielles) à quelques **centaines de milliers de m³** (brasseries et usines textiles). La demande en eau au Niger pour les industries alimentaires et minières ainsi que le commerce est estimée à 9 920 400 m³/an (Maliki et Issa, 2004 ; Rabé, 2006). L'essentiel des ressources en eau au Niger provient des eaux souterraines ; la plupart des établissements industriels et miniers sont dotés de leurs propres réseaux de forages.

En ce qui concerne la zone de Sokoto au Nigeria, les prélèvements estimés en 2000 pour l'industrie y compris le bassin de Sokoto, se chiffrent à 800 millions de m³ soit 10 % par rapport un total annuel de 8 milliards de m³.

X.2.2. Dégradation de la qualité des eaux souterraines

►► UTILISATIONS ET PRATIQUES SUR LES EAUX SOUTERRAINES

Elles intéressent plus particulièrement l'accès aux installations sanitaires, à la pollution urbaine et leurs environs immédiats¹⁶ et à l'usage du sol (Alhou, 2006 ; Calamari, 1985 ; Kotschoubey et Koné, 2005 ; Yongxin Xu and Brent Usher, 2006).

L'accès aux installations correspond en partie au 7^e Objectif du Millénaire pour le développement à savoir réduire de moitiés la proportion de la population mondiale privée d'un accès à l'eau potable et à l'assainissement. En 2003, 48 % de la population mondiale vit dans des villes (figure 24) ; en 2030, on atteindra les 60 % (Rapport Mondial 2003)¹⁷.

Plus de 210 millions de personnes d'Afrique au sud du Sahara seront privées de l'accès aux installations sanitaires (Rapport PNUD, 2005). Toutes les villes et les moyennes agglomérations

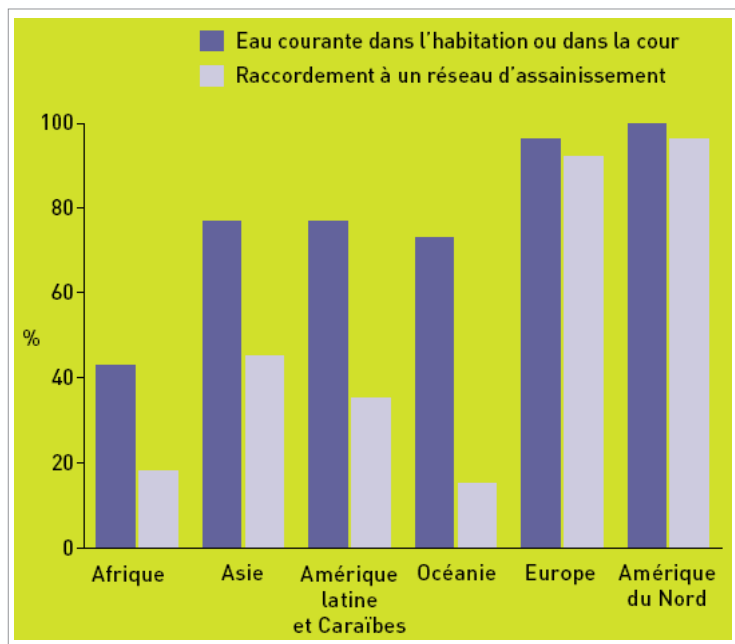


FIGURE 24 : Proportion, en milieu urbain, des ménages disposant de l'eau courante et d'un raccordement à un réseau d'assainissement (Source : OMS et UNICEF, 2000).

situées dans l'espace du Système aquifère d'Iullemeden, sont dotées d'un réseau de collecte des eaux pluviales qui reçoivent aussi les déchets domestiques solides et liquides.

La plupart des grandes villes du Mali (Bamako, Koulikoro, Ségou, Mopti, Gao, Tombouctou) sont situées au bord du fleuve Niger et toutes y rejettent leurs effluents domestiques sans traitement. 80 % des industries y sont implantées (Calamari, 1985). Selon le rapport du World Water Assessment Program (WWAP), les rejets domestiques liquides sont estimés entre 25 000 et 41 600 m³/jour, qui parviennent au fleuve sans traitement. Ces rejets peuvent, à long terme, avoir un impact négatif dans

la zone du SAI au Mali, située plus en aval.

Il est à rappeler que selon les résultats des Enquêtes démographiques et de santé au Mali (EDSM

¹⁶. Nicolas Kotschoubey et Abdoulaye Koné, 2005. Evaluation pour le suivi de la qualité de l'eau dans le bassin du Niger ; Autorité du bassin du Niger (ABN).

¹⁷. Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau (World Water Assessment Program, WWAP), 2003.



FIGURE 25 : Eau usée urbaine [Badialan 1, Bamako].

- III), le tout-à-l'égout concerne moins de 1,5 % de la population ; 32 % seulement utilisent des fosses septiques et 66,5 % des latrines. Les rejets domestiques, évalués à partir de la consommation en eau de la population, sont estimés entre 25 000 et 41 600 m³/j. La production d'ordures ménagères est étroitement liée aux activités socio-économiques des populations (figure 25). La ville de Bamako produit actuellement en moyenne près de 1 900 m³ d'ordures par jour soit plus 70 % de la production totale des ordures ménagères. Si la tendance actuelle de production des déchets se maintient, la ville de Bamako se retrouverait avec une production journalière de

2 730 m³ à l'horizon 2015.

A Niamey, le réseau est embryonnaire par sa longueur (105 km) et son degré de fonctionnement. Plus de 60 % du réseau est colmaté par des déchets solides ou visqueux provenant d'origines diverses, à savoir : 65 à 75 % de matières organiques, 8 à 10 % de papiers et chiffons, 3 % de verre et faïences, 2 à 3 % de plastique et cuir, 2 à 3 % de métaux (Alhou, 2006).

Les grands centres urbains et péri-urbains ne sont pas dotés d'un système d'entreposage de déchets domestiques (solides et liquides). La majorité des eaux usées urbaines et les eaux pluviales sont collectées par des caniveaux et rejetées sans prétraitement dans le fleuve (figure 26). A Niamey, La quantité des déchets solides produits chaque année est estimée à 273 750 tonnes sur la base de 0,75 kg par habitant par jour (Alhou, 2006). Seuls 21 % de ces déchets sont enlevés et utilisés en partie pour remblayer les petites dépressions dans la ville et les anciennes carrières situées à la périphérie immédiate.



FIGURE 26 : Rejets urbains à Niamey.

Dans la plupart des villes et agglomérations du Nigeria (Calamari, 1985), il n'existe pratiquement pas de réseaux de tout-à-l'égout (figure 27). Dans les villes les plus importantes, cependant, les grands établissements et institutions disposent de petites installations modernes de traitement



FIGURE 27 : Déchets solides et liquides à Onitsha (Nigeria)

des eaux usées. Les principales méthodes actuellement utilisées pour évacuer les déchets domestiques sont : les fosses septiques, les latrines et les seaux hygiéniques.

D'autres pratiques affectent également la qualité des eaux souterraines à l'aplomb des grandes agglomérations. Dans la partie malienne du système aquifère d'Iullemeden, **une importante quantité de produits chimiques destinés à la lutte antiacridienne a été entreposée à même le sol durant plus d'une décennie**. Les infrastructures et les équipements de stockage de ces produits se sont dégradés, favorisant la pollution des sols et des eaux souterraines.

▶▶ CAUSES SOCIALES ET ÉCONOMIQUES

La principale cause de la dégradation de la qualité des eaux souterraines réside dans le développement des secteurs socio-économiques telles l'agriculture irriguée et les activités industrielles.

Les aménagements hydro-agricoles et les cultures de contre-saison notamment le maraîchage, sont réalisés par l'emploi de plus en plus croissant d'engrais chimiques, et les pesticides. En 2005, la consommation d'engrais en Afrique de l'Ouest représentait environ 1 500 000 t de produits finis. La consommation du Nigeria a atteint 1,590 millions tonnes en 1993, contre moins de 600 000 tonnes en 2005 (FMARD Nigeria, 2006) ; cette baisse est principalement due à l'arrêt des unités industrielles de production d'engrais.

Après la sécheresse de 1970, et ce jusqu'en 1977, le lindane a été employé au Mali en quantités relativement élevées (130 tonnes), puis a été peu à peu remplacé par le carbamate propoxur (Calamari, 1985). En 1982, le **fénitrothion** un insecticide organophosphoré de rémanence modérée, a été utilisé pour le mil, le sorgho et le maïs. Un vaste programme de lutte contre l'onchocercose que réalise l'Organisation mondiale de la santé en Afrique de l'Ouest sur environ 1 300 000 autres kilomètres carrés dans le cadre de la lutte contre les populations de larves du diptère **Simulium damnosum**. Les pesticides les plus couramment utilisés sont le témephos (Abate) et, en moindres quantités, le chlorphoxim Davide Calamari, 1985.

X.2.3. Variabilité et changements climatiques

Les causes profondes de la variabilité et des changements climatiques sur les ressources en eau souterraines en particulier les nappes libres, sont davantage liées aux raisons socio-économiques de la sous-région.

L'Afrique de l'Ouest et en particulier le Mali, le Niger et le Nigeria, produisent très peu sinon pas de gaz à effet de Serre comparativement aux pays industrialisés (PNUD, 2005).

Les changements d'affectation des terres, dont le déboisement est le facteur principal, semblent avoir produit un forçage radiatif négatif de $-0,2 \pm 0,2$ Watt/m² (GIEC, 2001). La contribution des pays de la zone du Système aquifère d'Iullemeden réside dans la consommation des combustibles traditionnels comme la production de bois de chauffe (tableau 12).

Selon des études réalisées par la FAO, 3600 millions d'hectares, 70 % terres arides mondiales touchées, 10 millions d'hectares de terres arables se dégradent tous les ans, 130 millions d'ha gravement touchés, 50 % en Afrique.

La déforestation pour la production de bois de chauffe contribue de manière très significative à la désertification. Dans les pays en développement, plus de 2 milliards de personnes n'ont pas accès à des formes d'énergie fiables. L'eau est une ressource cruciale en matière de production d'énergie, cette dernière étant à son tour essentielle au développement économique. Tandis que l'Europe utilise 75 % de son potentiel en énergie hydraulique, l'Afrique, dont 60 % de la population n'a pas accès à l'électricité, n'exploite que 7 % de son potentiel¹⁸. Ce déficit est compensé par

¹⁸. Deuxième Rapport mondial des Nations-unies sur la mise en valeur des ressources en eau

Classement selon l'IDH	Consommation de combustibles traditionnels (en % du total de l'énergie consommée)	Consommation d'électricité par habitant (kilowatts/heures)		OMD Unités de PIB produites par kg d'équivalent pétrole (PPA 2000)		OMD Émissions de dioxyde de carbone		
		1980	2002	1980	2002	Par habitant (en tonne)	Part dans le total mondial (%)	
	2002	1980	2002	1980	2002	1980		
1 Norvège	0	22400	26640	4,6	6,1	10,6	12,2	0,2
10 États-Unis	3,6	10336	13456	2,8	4,4	20,0	20,1	24,4
20 Allemagne	0	0	6989	3,9	6,2	0	9,8	3,4
158 Nigeria		46,4	108	148	1,4	1,3	1,0	0,4
174 Mali	85,0	15	33	..	..	0,1	(.)	(.)
177 Niger	85,3	39	40	..	..	0,1	0,1	(.)

TABLEAU 12 : Energie et environnement (PNUD, 2005)

l'énergie de bois.

Dans l'espace du Système aquifère d'Iullemeden, le domaine forestier¹⁹ du Mali est estimé à 100 millions d'ha (Diarra et Cissé, 2004) excepté les zones pastorales et désertiques. Cependant, l'essentiel des ressources ligneuses ne couvre que 32.4 millions d'ha soit moins de 26 % de la superficie du territoire national. 118 forêts classées totalisant environ 1 million d'hectares dont 20 forêts classées, d'une superficie de 259 200 ha, sont soumises à un aménagement durable parmi lesquelles 8 000 ha dans la région d'Iullemeden²⁰.

Pour les productions ligneuses, le volume sur pied est supérieur à 520 millions de m³ soit 416 millions de tonnes de bois sur pied avec des productions de moins de 10 m³/ha pour les savanes arbustives ; de 20 à 40 m³/ha pour la brousse tigrée ; de 50 à 80 m³ pour les savanes boisées ; et de plus de 100 m³/ha dans la zone guinéenne et les galeries forestières.

Au Mali, plus de 100 000 ha de forêts disparaissent chaque année. Les prélèvements pour le bois de chauffe et charbon de bois sont estimés globalement à 5 millions de tonnes par an ; ce qui correspond à l'exploitation de 400 000 ha et devrait atteindre ou dépasser 7 millions de tonnes en l'an 2010 soit 560 000 ha. Le potentiel de régénération (productivité) est estimé à 7 millions de tonnes par an²¹. La production de Bois de chauffe et charbon de bois dans la portion du Système aquifère d'Iullemeden au cours de la période 1984-1999 est estimée à 270 879 stères de bois soit 37 095 quintaux de charbon.

Au Niger, selon une estimation réalisée durant la période **1982 et 1989**, les ressources forestières couvrent une superficie du Niger, 16 millions d'hectares (soit 2 % de la superficie du territoire national) constitué de **11 600 000 hectares de terres forestières marginales** (recouvrement inférieur à 5 %), **4 400 000 hectares de formations forestières aménageables** dont 600 000 hectares de forêts classées²². En **1995**, les superficies forestières (forêts naturelles et planta-

¹⁹ Résultats du Projet Inventaire des ressources ligneuses du Mali (PIRL 1985-1991).

²⁰ Direction nationale de la conservation de la nature (DNCN), 1999

²¹ Selon la Direction nationale des ressources forestières, fauniques et halieutiques (DNRFFH)

²² CNEED, 1998 et 2004

tions) se réduisent à seulement **2,5 millions d'hectares**²³. Dans le bassin d'Iullemeden, il a été inventorié 37 forêts classées couvrant une superficie de 381 284,4 ha (soit 79 % de la superficie totale des forêts classées du pays) et 38 forêts protégées totalisant environ 2,3 millions d'hectares. Les forêts nigériennes fournissent 87 % des besoins énergétiques des populations évalués entre 1,5 et 2 millions de tonnes par an malgré une productivité faible des forêts nigériennes (variant entre 0,1 à 1,5 stère/ha/an)²⁴ due notamment à une forte pression anthropique et animale et aux sécheresses récurrentes. Ainsi, ce sont **annuellement 338 180 hectares** en moyenne qui sont soustraits aux superficies forestières²⁵.

La République fédérale du Nigeria est dotée de réserves forestières importantes. Dans certains Etats du nord, les estimations se chiffrent à Bauchi 840 280 hectares dans Bauchi, 613 484 hectares à Kaduna et 602 631 hectares dans l'Etat de Sokoto. Un programme de restauration des forêts a permis de reconstituer 432 052 hectares dans l'Etat de Borno (zone de Lac Tchad), 18 900 hectares dans l'Etat de Katsina, 17 150 hectares dans l'Etat de Kebbi. La production de plants en 1992 dans les Etats menacés de désertification à cause de la déforestation, a atteint les chiffres suivants : Plateau 2 368 500, Kano 1 998 000, Borno 1 700 000, Sokoto 1 555 875.

Il est important de rappeler que le Nigeria est doté à la fois de ressources énergétiques renouvelables et non renouvelables. Les ressources non renouvelables comprennent notamment : pétrole brut, gaz naturel gaz, le charbon et la lignite, combustible nucléaire. Les ressources renouvelables sont constituées de l'énergie hydro-électrique, l'énergie solaire, l'énergie éolienne, **le bois de chauffe et la biomasse. Le bois de chauffe constitue au-delà de 85 % de l'énergie domestique bien que le Nigeria soit un pays exportateur de pétrole.** Les productions annuelles sont de l'ordre de 43,3 million tonnes/an pour le bois, de 144 million tonnes/an pour le bétail Animal Waste and crop residue, de 734,2 Mw pour l'énergie hydro-électrique de petite taille, de 5,25 kw/m²/jour en moyenne pour l'énergie solaire, et de 2.0 - 4.0 (19.8 W/m² en moyenne pour l'énergie éolienne²⁶.

En matière de **dégradation des terres, 0,7 % du potentiel forestier disparaît au Mali, contre 3,7 % au Niger et 2.7 % au Nigeria**²⁷.

X.3. Causes profondes

Les causes profondes sont souvent liées aux aspects fondamentaux de la macroéconomie, de la démographie, des modèles de consommation, aux valeurs environnementales, à l'accès à l'information et aux processus démocratiques²⁸ (GEF, 2004).

Les causes profondes peuvent se répartir dans les catégories suivantes (GEF, 2004) : 1) la gouvernance ; 2) la pression et le changement démographiques ; 3) la pauvreté, la richesse et l'inégalité ; 4) les modèles de développement et les politiques macroéconomiques nationales ; 5) les changements sociaux et les préjugés de développement ; et 6) l'éducation et la formulation des valeurs.

Ces catégories de causes s'identifient aux indicateurs ou indices développés et appliqués par certaines institutions internationales notamment le Programme des Nations unies pour le déve-

²³. Document national CSE/LCD, 2004

²⁴. CNEED, 1998

²⁵. CNEED, 1998

²⁶. Nigeria's Non-Conventional Energy Resources (Source : Federal Republic of Nigeria: National Assessment Report-World Summit on Sustainable Development-2002)

²⁷. World Bank Atlas (2001)

²⁸. GEF, 2004. Training course on the TDA/SAP approach in the GEF. International Waters Programme. Six volumes.

loppement, pour caractériser chaque pays en fonction de son degré de développement²⁹.

En effet, les causes profondes du paradoxe du continent africain et en particulier l'Afrique de l'ouest dont le Mali, le Niger et le Nigeria caractérisée par une « pénurie » d'eau dans une abondance de ressources en eau, ne peuvent être expliquées uniquement sur la base de la modification des ressources en eaux souterraines sur le plan quantitatif et qualitatif, ainsi que des impacts néfastes de la variabilité et des changements climatiques. D'autres facteurs importants liés à ces catégories, indicateurs ou indices, contribuent pour une bonne part, à une meilleure compréhension des risques transfrontaliers. Par exemple, **l'incapacité à appliquer les lois sur le contrôle de la pollution n'est pas seulement une cause de la pollution** (GEF, 2004).

C'est pour ces raisons que, du fait de la spécificité de la gouvernance, les causes profondes des trois risques majeurs transfrontaliers peuvent être examinées selon deux approches :

- /// les indicateurs du développement humain qui fournissent une évaluation globale permettant d'apprécier les progrès accomplis par chaque pays dans différents domaines du développement humain ; ces indicateurs couvrent l'essentiel des catégories des causes profondes impliquées.
- /// l'analyse de la gouvernance de chacun des risques transfrontaliers.

X.3.1. Analyse des indicateurs de développement

L'Afrique de l'Ouest est caractérisée par son extrême pauvreté. Sur les **30 pays** où l'on retrouve **le plus faible indice de développement humain, 14 sont de l'Afrique de l'Ouest**, c'est-à-dire tous les pays de la région à l'exception du Liberia non classé, du Ghana et du Cap Vert. Sur la liste des 49 pays considérés comme les moins avancés du Monde (PMA), 14 sont de l'Afrique de l'Ouest, c'est-à-dire tous les pays sauf le Ghana, le Nigeria et la Côte d'Ivoire. Le PIB moyen de l'Afrique de l'Ouest (340 USD) n'est que la moitié de celui de l'Afrique (700 USD). Ceci veut donc dire que l'Afrique de l'Ouest est la région la plus pauvre du continent qui est le plus pauvre du monde (UICN et al., 2003).

Les indicateurs considérés couvrent les pays développés (Norvège, Etats-Unis, l'Allemagne), les pays moyennement développés (Brésil, l'Inde), les pays faiblement développés (Mali, Niger, Nigeria). Ce choix est guidé par le souci de comparer les différents degrés de développement entre les pays, mais surtout pour tenter de mieux comprendre les raisons profondes du paradoxe du continent africain (tableaux 13 à 26).

L'indicateur de développement humain (IDH) est un indicateur composite. **Il mesure trois dimensions du bien-être humain : revenu, éducation et santé.** Son objectif n'est pas de fournir une représentation exhaustive du développement humain, mais de mesurer le niveau de développement au-delà du revenu. L'IDH est donc un baromètre de l'évolution du bien-être humain et un outil de comparaison entre les différentes régions.

Pendant la dernière décennie, l'IDH a augmenté dans tous les pays en développement, bien qu'à un rythme variable, à l'exception bien sûr de l'Afrique subsaharienne. Toutefois, malgré des avancées globales, de nombreux pays ont accusé des reculs sans précédent. En 2003, 18 pays, comptant au total 460 millions d'habitants, sont classés plus bas sur l'échelle de l'IDH qu'en 1990. (Seuls six pays ont connu un recul similaire dans les années 80.) Deux régions sont principalement touchées. Douze des pays en régression sont situés en Afrique subsaharienne. Un peu plus d'un tiers de la population d'Afrique subsaharienne, soit 240 millions de personnes, vit dans des pays dont l'IDH a chuté. Les six autres pays en régression font partie de l'ancienne URSS.

²⁹ PNUD, 2005. Rapport mondial sur le développement humain 2005. Ed. Economica, 49 rue Héricart, 75015 Paris (France). 385 pages.

Les reculs de développement se reflètent dans le classement relatif des pays. En Afrique subsaharienne, la stagnation économique, la lenteur des progrès accomplis en matière d'éducation et la propagation du VIH/sida se sont révélées être une combinaison fatale entraînant une chute brutale au classement de l'IDH. L'Afrique du Sud enregistre l'une des plus fortes baisses en perdant 35 places tandis que le Zimbabwe en perd 23 et le Botswana 21.

Le développement humain doit progresser sur plusieurs fronts : le déclin du bien-être humain, lié à l'espérance de vie par exemple, ne saurait être compensé par des avancées dans d'autres domaines, tels que le revenu ou l'éducation. En outre, les progrès réalisés dans un domaine sont plus difficiles à maintenir en l'absence d'une amélioration globale. Ainsi, un niveau de santé médiocre peut avoir un impact négatif sur la croissance économique et l'éducation, et une croissance lente réduit les ressources disponibles pour les investissements sociaux.

Le Rapport mondial sur le développement humain évoque l'ampleur du défi que le monde doit relever à l'aube de la décennie qui nous sépare de 2015. Il se concentre sur ce que les gouvernements des pays riches peuvent faire pour conserver leur part du gâteau du partenariat mondial. Cela ne signifie pas que les gouvernements des pays en voie de développement n'ont aucune responsabilité. Au contraire, ils assument même une responsabilité primaire. **Aucun niveau de coopération internationale ne pourra jamais compenser l'inaction de gouvernements** qui n'accordent pas la priorité au développement humain, au respect des droits de l'homme, à la lutte contre les inégalités ou à l'élimination de la corruption. Mais sans engagement renouvelé, sans coopération appuyée par l'action pratique, les Objectifs du Millénaire pour le développement (OMD) seront manqués, et l'histoire retiendra la Déclaration du Millénaire comme ayant été une promesse creuse de plus.

Au regard de l'échéance de 2015, le risque croît de voir les dix prochaines années, comme les dix dernières, entrer dans l'histoire non comme une décennie de développement humain accéléré, mais comme une période d'occasions manquées, d'efforts timides et d'échecs de la coopération internationale. Cette année marque un tournant. La communauté internationale peut poursuivre le développement humain sur la voie actuelle ou changer de cap et mettre en oeuvre les politiques nécessaires pour concrétiser les engagements pris dans la Déclaration du Millénaire.

Les conséquences de l'orientation actuelle ne doivent pas être sous-estimées. À l'aide des données de tendance au niveau national, nous avons établi une estimation des écarts en termes de coût humain entre les OMD et les résultats prévus en 2015 si les tendances actuelles se poursuivent. Les principales défaillances :

- /// Les OMD pour la réduction de la mortalité infantile ne seront pas atteints, l'écart équivalant à plus de 4,4 millions de décès évitables en 2015. Sur les dix prochaines années, l'écart accumulé entre l'objectif et la tendance actuelle signifie que plus de **41 millions d'enfants mourront avant leur cinquième anniversaire** du plus facile à traiter de tous les maux : la pauvreté. Un constat difficile à concilier avec la déclaration du Millénaire dans lequel les États s'engagent à protéger les enfants du monde.
- /// L'écart entre les OMD de réduire de moitié la pauvreté et les prévisions peut se traduire ainsi : **380 millions de personnes de plus** dans les pays en développement **vivront avec moins d'un dollar par jour d'ici à 2015**.
- /// Les OMD de l'éducation primaire pour tous ne sera pas atteint si la tendance actuelle se poursuit : **47 millions d'enfants** dans les pays en développement ne seront pas scolarisés en **2015**.

Toutefois, les statistiques comme celles qui précèdent doivent être interprétées avec prudence. Les prévisions fondées sur les tendances passées offrent un aperçu des résultats possibles, mais ne définissent en aucun cas l'inéluctable.

Dans le cas des OMD, il s'agit sans nul doute d'une bonne nouvelle. Il est encore possible de redresser le cap, mais le temps presse. Comme l'a déclaré le Secrétaire général de l'ONU, « les OMD peuvent être atteints d'ici à 2015, à condition de s'écarter des pratiques habituelles et d'accélérer et d'intensifier immédiatement de façon spectaculaire l'application des mesures ».

Savoir si les OMD sont abordables relève de la priorité politique, mais les investissements nécessaires sont modestes par rapport à la fortune des pays riches. **Les 7 milliards de dollars requis chaque année pendant la prochaine décennie pour assurer à 2,6 milliards d'individus l'accès à l'eau potable représentent moins que ce que les Européens dépensent en parfum et moins que ce que les Américains dépensent en crème glacée** et ce, pour un investissement qui sauverait quelque 4 000 vies par an.

▶▶ PROGRÈS ET ÉCHECS EN MATIÈRE DE DÉVELOPPEMENT HUMAIN

Les composantes les plus élémentaires du développement humain sont une vie longue et saine, une éducation et des ressources permettant un niveau de vie décent. Le potentiel humain inclut également la participation sociale et politique à la vie de la société.

En un peu plus de **dix ans, l'espérance de vie moyenne dans les pays en développement a augmenté de deux ans**. Dans ce domaine, les indicateurs de développement humain convergent : les pays pauvres rattrapent les pays riches. L'augmentation de l'espérance de vie est due en partie à la baisse du taux de mortalité infantile. Actuellement, on dénombre 2 millions de décès infantiles de moins qu'en 1990, et la proportion des enfants atteignant l'âge de cinq ans a augmenté de 15 %.

Des améliorations en matière d'accès à l'eau potable et d'assainissement y ont contribué en réduisant les risques de maladies infectieuses. Au cours de la dernière décennie, 1,2 milliards de personnes ont obtenu un accès à l'eau potable. Grâce à l'Alliance mondiale pour les vaccins et la vaccination (GAVI), **l'augmentation rapide du nombre des vaccinations** à l'échelle mondiale depuis 2001 a également engendré une baisse de la mortalité et **sauvé un demi-million de vies selon les estimations**.

Les progrès réalisés dans le domaine éducatif sont tout aussi remarquables. Néanmoins, 800 millions de personnes dans le monde ne possèdent pas les rudiments de la lecture et de l'écriture. De ce total, le plus grand nombre correspond aux femmes pour les deux tiers. Pourtant, les niveaux d'alphabétisation dans les pays en développement sont passés de 70 % à 76 % pendant les dix dernières années, et l'écart entre les sexes a diminué.

L'analphabétisme actuel reflète les lacunes passées en matière d'accès à l'éducation, mais celles-ci se combleront progressivement. En comparant avec 1990, 30 millions d'enfants de moins sont privés de scolarisation en primaire et la durée moyenne de scolarisation s'est allongée de six mois. Les écarts entre les sexes en matière de scolarisation, indicateur généralement reconnu comme peu représentatif de l'égalité de sexes, ont diminué, bien que plus de la moitié des enfants non scolarisés soit des filles.

La pauvreté monétaire extrême est en baisse. Des **doutes** légitimes ont été soulevés concernant l'utilisation du seuil de pauvreté d'un dollar par jour pour représenter les tendances dans les différents pays. Par conséquent, la plus grande prudence est de mise quant à l'interprétation de cet indicateur.

Quelles que soient les difficultés liées à la mesure de ce phénomène, la pauvreté est un processus évolutif qui ne peut être que partiellement représenté par des indicateurs fixes. La situation évolue toutefois dans le bon sens. **Le taux de pauvreté extrême est passé de 28 % en 1990 à 21 % aujourd'hui, cette baisse équivalant en nombre absolu à environ 130 millions de personnes**. La croissance économique est de toute évidence l'une des conditions requises pour une baisse

rapide de la pauvreté monétaire et un développement humain soutenu. Dans ce domaine également, les chiffres sont encourageants.

Dans les années 90, le revenu moyen par habitant des pays en développement a enregistré une croissance de 1,5 %, soit quasiment trois fois plus que dans les années 80. Depuis l'an **2000, le revenu moyen par habitant des pays en développement s'est accru de 3,4 %**, soit le double de la croissance du revenu moyen dans les pays à haut revenu. Après deux décennies de déclin du revenu moyen, l'Afrique subsaharienne a affiché une augmentation de 1,2 % par an depuis l'an 2000. Il est prématuré de déclarer cette avancée comme étant un tournant décisif, mais il existe des indications qui montrent que la croissance pourrait prendre racine dans un nombre croissant de pays de la région.

Les progrès vers la démocratie sont également ambivalents. Or, celle-ci est un aspect fondamental du développement humain. Elle a une valeur intrinsèque et peut donc être considérée comme un indicateur de développement humain à part entière et est aussi un moyen d'élargir les objectifs du développement humain.

La mesure du progrès démocratique est par nature complexe. Parmi les conditions requises figurent les élections multipartites, actuellement le mode de gouvernance le plus utilisé dans le monde.

Plus des deux tiers des Africains vivent désormais dans des pays dotés d'un système électoral multipartite démocratique et les gouvernements africains eux-mêmes ont pris la tête du mouvement d'opposition au coup d'État antidémocratique au Togo. Néanmoins, les élections multipartites ne suffisent pas à qualifier un État de démocratique. Les élections multipartites sont très peu répandues au Moyen-Orient.

De nombreux pays organisant des élections multipartites, notamment dans quelques pays dans l'ancienne Union soviétique, n'ont de démocratique que le nom et où leurs dirigeants sont considérés par la population comme étant corrompus et tyranniques, abusant de leur pouvoir et refusant d'aborder les problèmes sociaux.

Les élections multipartites peuvent être un rideau de fumée dissimulant un pouvoir exécutif autoritaire, des limitations de la liberté de la presse et des violations des droits de l'homme qui n'ont plus rien avec la démocratie. Dans certains pays, les manifestations de la population ont été un antidote puissant contre ces pratiques.

▶▶▶ LES LIMITES AU DÉVELOPPEMENT HUMAIN

Aucun indicateur du dénuement n'est plus puissant, ou plus déconcertant, que la mortalité infantile. **Plus de 10 millions d'enfants de moins de cinq ans meurent chaque année.** Le poids de l'Afrique subsaharienne dans les statistiques sur la mortalité infantile est en augmentation. **La région représente 20 % des naissances et 44 % des décès infantiles.** Quasiment tous les décès infantiles pourraient être évités. **Toutes les deux minutes, quatre personnes dont trois sont des enfants meurent du paludisme.** La plupart de ces décès pourraient être évités par des interventions simples et peu coûteuses. Les maladies contre lesquelles il existe un vaccin (rougeole, diphtérie et tétanos) sont responsables de la mort de 2 à 3 millions d'enfants.

Pour chaque enfant qui meurt, des millions d'autres tomberont malades ou manqueront l'école, piégés dans le cercle vicieux qui fait des enfants en mauvaise santé des adultes plongés dans la pauvreté. Comme les 500 000 femmes par an qui meurent de causes liées à une grossesse, plus de 98 % des enfants qui meurent chaque année vivent dans des pays pauvres. En d'autres termes, ils meurent parce qu'ils y sont nés.

La pauvreté monétaire est étroitement liée au problème de la faim. Dans un monde d'abondance,

des millions de personnes ont faim chaque jour. Plus de 850 millions de personnes, dont un tiers des enfants en âge préscolaire, continuent d'être piégées dans le cercle vicieux de la malnutrition et de ses effets. En effet, la malnutrition affaiblit le système immunitaire, accroissant le risque de maladie, qui à son tour aggrave la malnutrition. Environ la moitié des décès en âge préscolaire sont directement imputables aux interactions entre la malnutrition et les maladies infectieuses. Les enfants présentant une insuffisance pondérale modérée ont quatre fois plus de risques de mourir de maladie infectieuse que les enfants bien nourris.

De même, **la vulnérabilité aux maladies infectieuses est exacerbée par un accès inadéquat à l'eau potable et à l'assainissement**. Plus d'un milliard de personnes n'ont pas accès à une eau salubre et 2,6 milliards ne bénéficient pas d'un meilleur accès sanitaire. Les maladies véhiculées par l'eau ou les excréments humains sont la deuxième cause de décès parmi les enfants du monde, après les infections des voies respiratoires. Le nombre global de victimes par jour est estimé à 3 900 enfants. Il existe toujours de fortes disparités dans l'accès à l'éducation. Dans une économie mondiale de plus en plus axée sur le savoir, environ 115 millions d'enfants se voient refuser l'accès à un enseignement primaire de base. La plupart des enfants non scolarisés vivent en Afrique subsaharienne et en Asie du Sud. En moyenne, un enfant né au Mozambique aujourd'hui reçoit quatre années d'enseignement, alors qu'un enfant né en France bénéficie de 15 ans d'enseignement à un niveau de scolarisation nettement plus élevé.

En outre, si l'écart de scolarisation dans l'enseignement primaire se referme, l'écart entre les pays riches et les pays pauvres, mesuré en termes de durée moyenne de la scolarité se creuse. Sans compter les différences dans la qualité de l'enseignement : moins d'un quart des enfants zambiens quitte l'école primaire en sachant lire et écrire.

Parallèlement, l'accès à l'enseignement supérieur reste un privilège dont bénéficient principalement les pays à haut revenu. Les inégalités d'aujourd'hui en matière d'éducation sont les inégalités sociales et économiques mondiales de demain.

Les inégalités entre les sexes se traduisent par un accès à l'éducation toujours limité pour les filles. Malgré la réduction de l'écart entre les sexes, les filles reçoivent en moyenne une année d'enseignement en moins que les garçons en Afrique et dans les pays arabes et deux années en moins en Asie du Sud. Dans 14 pays africains, les filles représentent moins de 45 % de l'effectif des écoles primaires. Dans l'ensemble des pays en développement, 75 % des filles achèvent leur scolarité primaire mais ce pourcentage atteint jusqu'à 85 % pour les garçons. L'écart entre les sexes est encore plus prononcé dans l'enseignement secondaire et supérieur. Ces disparités profondes constituent non seulement une violation du droit universel à l'éducation, mais également une menace pour les perspectives de développement humain. En effet, l'éducation des filles est l'un des principaux catalyseurs du progrès social, tel qu'il est mesuré par les indicateurs les plus divers.

▶▶ PAUVRETÉ MONÉTAIRE : RALENTISSEMENT DES PROGRÈS DANS UN MONDE D'INÉGALITÉS

Dans leur ensemble, les deux dernières décennies ont connu l'une des réductions de la pauvreté les plus rapides de l'histoire de l'humanité. Cependant, toute évaluation de l'évolution de la pauvreté monétaire doit prendre en compte les variations importantes entre les régions.

La réduction de la pauvreté mondiale est en grande partie due à la réussite extraordinaire de la zone est asiatique, en particulier de la Chine.

À l'inverse, l'Afrique subsaharienne a enregistré un accroissement de la population vivant avec moins d'un dollar par jour : près de 100 millions de personnes de plus en 2001 qu'en 1990.

En Asie du Sud, l'incidence de la pauvreté a baissé, mais non le nombre de personnes pauvres.

L'Amérique latine et le Moyen-Orient n'ont fait aucun progrès alors que l'Europe centrale et de l'Est et la CEI ont connu une montée en flèche de la pauvreté.

Le nombre de personnes vivant avec moins de deux dollars par jour en Europe centrale et de l'Est et dans la CEI est passé de 23 millions, ou 5 % de la population, en 1990 à 93 millions, ou 20 % de la population, en 2001.

Le plus inquiétant pour l'avenir est le ralentissement général des progrès accomplis. Les plus grandes réussites en matière de réduction de la pauvreté ces deux dernières décennies ont eu lieu dans les années 80 et durant la première moitié des années 1990. Depuis le milieu des années 1990, la pauvreté mesurée par le seuil d'un dollar par jour a baissé cinq fois plus lentement qu'entre 1980 et 1996. Pourtant, la croissance moyenne des pays en développement a décollé dans les années 90, et a plus que doublé par rapport au taux de croissance par habitant de la décennie précédente.

Les revenus moyens en Afrique subsaharienne sont plus bas aujourd'hui qu'en 1990. Ces dernières années, nous avons assisté à des signes de relèvement dans plusieurs pays, notamment le Burkina Faso, l'Éthiopie, le Ghana, le Mozambique et la Tanzanie. Ce relèvement doit toutefois être remis en contexte. Au taux de croissance annuel par habitant de 1,2 % enregistré depuis 2000, il faudra attendre jusqu'en 2012 pour que l'Afrique subsaharienne puisse rétablir les revenus moyens à leurs niveaux de 1980.

▶▶ GESTION DES RESSOURCES NATURELLES

Outre le fait d'intensifier les inégalités, l'abondance des ressources naturelles peut accentuer les lacunes de capacités qui font que certains États sont plus enclins au conflit. **Les États plus enclins au conflit sont souvent désespérément pauvres mais extrêmement riches en ressources.**

La susceptibilité à un conflit violent semble être une caractéristique de ce qui a été appelé la « **malédiction des ressources** ». Une fois encore, les liens entre ressources et conflit violent ne sont ni automatiques ni inéluctables.

Le Botswana a transformé sa richesse en diamants en croissance élevée et en développement humain rapide, tout en évitant le conflit basé sur le partage des revenus. Cependant, cet exemple constitue davantage l'exception que la règle pour la plupart des pays en développement. **La faible gouvernance conjuguée à des ressources qui offrent une promesse de gains extraordinaires à ceux qui contrôlent la production et l'exportation est une cause majeure de conflit violent.**

Dans la sphère du conflit, la pathologie de la « malédiction des ressources » agit via différents canaux, empêchant le développement des institutions politiques et des économies de marché capables de convertir les richesses naturelles en développement humain. Une partie de cette pathologie réside dans le détournement des richesses nationales. Les flux financiers qui auraient pu être utilisés pour soutenir le développement humain ont été fréquemment détournés pour financer les guerres civiles et les gouvernements, les rebelles et les seigneurs de la guerre cherchaient à prendre le contrôle du pétrole, des métaux, des minerais et du bois. L'Angola est un exemple flagrant. Les richesses de la deuxième plus grande réserve de pétrole et de la quatrième plus grande réserve de diamants en Afrique ont été utilisées pour alimenter une guerre civile qui a tué ou mutilé 1 million de personnes entre 1975 et 2002 et intérieurement déplacé 4 millions de personnes supplémentaires. Aujourd'hui, l'Angola arrive à la 160ème place sur les 177 pays de l'IDH, avec une espérance de vie d'environ 40 ans.

Les revenus potentiels des ressources naturelles peuvent affaiblir l'État à plusieurs niveaux. Deux effets pervers viennent exacerber la mauvaise gouvernance. Tout d'abord, **la disponibilité d'importants flux de revenus peut affaiblir la volonté des gouvernements à développer des systèmes de revenus stables** via des structures fiscales nationales. Un État qui devient moins dépendant

dant des recettes fiscales devient moins responsable vis-à-vis de sa population.

Deuxièmement, en présence de ressources naturelles, la corruption de l'État et des individus et des groupes qui les contrôlent offre des bénéfices immenses. Les structures de gouvernance déficientes laissent toute latitude à une activité « hors budget » et ces flux de revenus importants donnent aux individus ayant du pouvoir un intérêt à assurer que ces opportunités demeurent intactes.

X.3.2. Analyse de la gouvernance

L'analyse de la Gouvernance représente la toile de fonds du développement du processus de l'Analyse diagnostique transfrontalière au Programme d'action stratégique³⁰ (GEF, 2004). L'analyse sur la gouvernance devrait décrire les relations dynamiques au sein des institutions sociales qui prennent en compte des aspects tels que les cadres législatifs et légaux, les processus de prise de décisions et les allocations budgétaires (GEF, 2004).

L'absence de la bonne gouvernance n'est pas en soi la cause de la pression sur l'environnement. C'est plutôt un manque d'empressement à s'attaquer aux causes préexistantes. Sans une compréhension minimale des relations institutionnelles, des responsabilités à tous les niveaux, et des cadres légaux et de politiques existants [à savoir : ce qui a été fait, les réussites et les échecs] des questions cruciales peuvent être ignorées ou perçues autrement et des recommandations inappropriées peuvent être formulées.

La Gouvernance a reçu plusieurs définitions dont voici quelques-unes.

Selon le Partenariat mondial de l'eau, la crise de l'eau est souvent une crise de la gouvernance³¹. Le concept de gouvernance englobe les lois, les règlements et les institutions, mais il a trait aux politiques et aux actions gouvernementales, aux activités locales et aux réseaux d'influence y compris les forces du marché au plan international, le secteur privé et la société civile (Global Water Partnership, 2003).

Selon le PNUD (2001), la gouvernance est l'exercice de l'autorité économique, politique et administrative pour gérer les affaires d'un pays à tous les niveaux. Elle comporte des mécanismes, des processus et des institutions par lesquels les citoyens et les groupements articulent leurs intérêts, exercent leurs droits légaux, font face à leurs obligations et règlent leurs différends.

La gouvernance est un mode de gestion et non pas un système de gouvernement³² (Camdessus et al., 2004). La gouvernance est un triangle où se côtoient les pouvoirs publics, les intérêts privés (industriels, agricoles, commerciaux), la société civile associative des consommateurs et des usagers.

Trois échanges principaux se construisent progressivement entre les acteurs de la gouvernance :

- /// Les pouvoirs publics envoient des messages législatifs et réglementaires à la société qui est censée s'y conformer. Dans le domaine de l'eau, ce sont les directives de la Commission européenne, les lois et les décrets nationaux, les arrêtés municipaux qui fixent les règles d'usage, les permis, les interdictions, les sanctions. La gouvernance équilibre cet ensemble réglementaire par les « bonnes pratiques » de l'utilisateur. C'est parce que la loi est bonne que

³⁰ GEF, 2004. Training course on the TDA/SAP approach in the GEF. International Waters Programme. Six volumes.

³¹ Global Water Partnership (GWP) Framework for Action, 2000 World Forum.

³² Michel Camdessus, Bertrand Badré, Ivan Chéret et Pierre-Frédéric Ténière-Buchot, 2004. Eau. Edition Robert Lafont.

les usagers s'y conforment, c'est parce que les usages en cours ont été observés par le législateur que le droit suit la coutume et qu'il est respecté. **L'autorité de l'Etat est admise parce que négociée.**

- /// Un deuxième équilibre est établi entre les intérêts privés, industriels et commerciaux, et les pouvoirs publics. Ces derniers admettent les lois du marché : **transparence de l'information, concurrence, prix et quantités d'équilibre entre l'offre et la demande.** Les règles de l'économie libérale sont tempérées par une régulation (et non une régularisation) qu'exercent les pouvoirs publics sur les entreprises privées.
- /// Le troisième équilibre, entre la société civile et les intérêts privés (entre les entreprises et leurs clients), porte sur **la qualité des services offerts** (cette qualité inclut leur prix) et **la nature de la demande exprimée par la société.** Les aspects quantitatifs mais surtout qualitatifs des biens et des services offerts constituent le nœud du problème. Pour l'eau, qui n'est pas un bien économique traditionnel, la qualité du service ne se limite pas à l'observation des standards techniques et à la continuité du débit disponible mais s'étend à des valeurs comme la protection de la nature, à des représentations psychologiques et sociales complexes (paysages, qualité de la vie), à des principes éthiques (transparence de la gestion, solidarité avec les plus pauvres, actions humanitaires). **Cette soumission de l'économie à la morale est l'enjeu de cet équilibre.**

Chaque sommet du triangle de la gouvernance s'efforce de contrôler le bon fonctionnement de l'équilibre qui lui est opposé (Camdessus et al., 2004) :

- /// La société civile s'assure qu'elle est suffisamment représentée dans les compromis passés entre les intérêts marchands et les pouvoirs publics. Ce contrôle s'exerce par des sanctions (élections) politiques qui peuvent s'abattre sur les représentants élus ou encore par des effets économiques (boycott, campagne de presse) qui peuvent nuire aux entreprises.
- /// Le sommet des pouvoirs publics surveille l'équilibre de l'offre et de la demande qui est censé s'établir entre les entreprises et les clients, l'exécutif administratif et ses usagers. Si la demande est trop faible (c'est le cas typique des pays peu développés pour ce qui concerne le service de l'eau, l'une des dernières priorités politiques financières), alors les pouvoirs publics peuvent susciter la demande par des incitations adaptées : la communication, l'information, la formation, les outils économiques et financiers, les mesures sociales.
- /// Le rôle régulateur des intérêts privés vis-à-vis de l'équilibre entre réglementations et bonnes pratiques (« codifiées » dans l'Agenda 21 au sommet mondial de l'environnement de Rio de Janeiro en 1992) ne doit pas être oublié. Le législateur a toujours tendance à trop exiger du citoyen. Ce dernier adopte volontiers des comportements d'évitement, nonobstant l'Agenda 21 et la bonne conscience qu'est censé procurer le politiquement et socialement correct.

Le deuxième Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau fait état d'une crise de gouvernance³³. Il met l'accent sur l'importance des modalités de gouvernance dans la gestion des ressources mondiales en eau et dans la lutte contre la pauvreté. Selon ce rapport, la situation actuelle s'explique principalement par « les mauvaises pratiques de gestion, la corruption, l'absence d'institutions appropriées, l'inertie bureaucratique et la faiblesse des investissements dans les domaines des ressources humaines et des infrastructures physiques ».

Bien que l'on ne dispose pas de chiffres précis, on estime que la corruption coûte chaque année des millions de dollars au secteur de l'eau et qu'elle nuit fortement à l'approvisionnement en eau, en particulier à destination des plus pauvres. Ainsi, le rapport cite les résultats d'une enquête menée en Inde selon laquelle 41 % des personnes interrogées avaient payé plus d'un pot de vin au cours des six

³³. Ce rapport, qui est publié tous les trois ans, a été présenté à Mexico, en amont du 4^e Forum mondial de l'eau (Mexico, 16 au 22 mars). Cette édition s'intitule « L'eau, une responsabilité partagée ».

mois précédents afin de falsifier leurs relevés de consommation en eau ; 30 % d'entre elles avaient payé pour accélérer la réalisation de travaux de réparation et 12 % d'entre elles avaient payé pour accélérer la réalisation de travaux de raccordement et l'installation de systèmes d'assainissement.

On constate en outre que les crédits alloués à l'eau ne progressent pas. D'après le rapport, l'aide publique au développement (APD) totale consacrée au secteur de l'eau au cours de ces dernières années s'élève en moyenne à 3 milliards de dollars par an, à laquelle on peut ajouter 1,5 milliard de dollars accordés au secteur sous forme de prêts non concessionnels, principalement par la Banque mondiale. Cependant, seul un faible pourcentage (12 %) de ces fonds parvient effectivement à ceux qui en ont le plus besoin. Enfin, seuls 10 % environ des crédits sont alloués à l'élaboration de politiques, à la planification et à la conception de programmes en matière de gestion de l'eau.

De plus, les investissements du secteur privé dans le domaine de l'approvisionnement en eau sont en recul. Au cours des années 1990, on estime que le secteur privé a investi 25 milliards de dollars dans les services d'approvisionnement en eau et d'assainissement dans les pays en déve-

“ Une bonne gouvernance est essentielle à la gestion de nos ressources en eau douce qui sont de plus en plus limitées. Elle est en outre indispensable à la lutte contre la pauvreté ” a déclaré Koïchiro Matsuura, Directeur général de l'UNESCO. “ Il n'existe pas de recette type dans ce domaine complexe et variable. Cependant, nous savons qu'une bonne gouvernance doit reposer sur des institutions adéquates, aux échelles nationale, régionale et locale, sur des cadres juridiques stables et efficaces, et sur des ressources humaines et financières suffisantes ”.

loppement, principalement en Amérique latine et en Asie. Cependant, beaucoup de grandes multinationales présentes dans le secteur de l'eau ont commencé à réduire leurs activités, voire à y renoncer, à cause des risques politiques et financiers importants auxquels elles étaient exposées.

Exercer une bonne gouvernance nécessite également de respecter « les libertés essentielles, comme la liberté d'expression et de droit de s'organiser » rappelle le rapport. Il souligne que « si les citoyens ne peuvent avoir accès à des informations de base relatives à la qualité de l'eau et aux réserves disponibles, ils n'ont quasiment aucune chance de pouvoir s'opposer à des aménagements hydrauliques qui nuisent à l'environnement ou de mettre les instances gouvernementales concernées devant leurs responsabilités ».

Il n'existe pas de plan directeur arrêté pour l'analyse de la gouvernance (GEF, 2004). **Plusieurs organisations planchent sur l'élaboration des indicateurs de la gouvernance.** Cependant leur analyse traduira toujours la structure culturelle, politique et sociale des pays où ils sont exécutés. Mais, il est généralement convenu que l'analyse de la gouvernance sert de contrôle aux options de l'Analyse diagnostique transfrontalière et aux futures interventions du Programme d'actions stratégique (GEF, 2004).

L'analyse de la gouvernance regroupe trois éléments essentiels :

- /// l'analyse des parties impliquées,
- /// l'analyse institutionnelle,
- /// l'analyse politique/juridique.

Les parties impliquées dans le cas du présent projet SAI, sont d'abord les institutions gouvernementales du Mali, du Niger et du Nigeria en charge de la gestion des ressources en eau des aquifères transfrontaliers. Les bénéficiaires sont les populations notamment celles du monde rural, qui seront les premières affectées car les plus vulnérables aux effets néfastes des risques transfrontaliers.

Dans le processus de l'ADT/PAS, la concertation avec toutes les parties prenantes est un principe qui doit prédominer (GEF, 2004). Les représentants de ces institutions étatiques participent pleinement au processus d'élaboration de l'ADT. Ils seront pleinement consultés tout au long du processus du Programme d'actions stratégique.

Il revient, par la suite, à ces institutions gouvernementales la charge de sensibiliser les populations concernées sur les risques qui menacent les eaux souterraines et de les impliquer dans la recherche de solutions durables pour y faire face.

Dans le processus de l'ADT/PAS, l'analyse institutionnelle et l'analyse politique/juridique sont examinées à deux stades : une analyse statique et une analyse dynamique.

L'analyse institutionnelle se réfère aux secteurs pertinents. Elle a pour objectif d'établir une carte institutionnelle qui décrit autant de liaisons clés et de relations que possible au sein de divers acteurs. L'analyse institutionnelle est décrite par :

- **une analyse statique** : une description des structures politiques, institutionnelles et sociales et des systèmes aux niveaux national et régional. Une analyse institutionnelle commence par un aperçu de la structure politique (l'aspect formel de gouvernement). Elle devrait passer en revue 1) les rapports entre les forces politiques en présence, 2) l'administration planifiée ou les réformes étatiques, et 3) les relations politiques entre les pays participants.
- **une analyse dynamique** : un diagnostic des échecs des dynamiques institutionnelles et de la gouvernance spécifique qui sont identifiées dans l'analyse de la série des causes comme étant les causes sous-jacentes.

L'analyse politique/juridique a pour but de jeter les bases de la recommandation de réformes politiques et juridiques. C'est un aperçu complet des instruments pertinents en mettant un accent particulier sur leur mise en œuvre effective, leur conformité et leur mise en vigueur. Les contraintes et les obstacles actuels devraient être également identifiés.

- **une analyse statique** : elle inclut les plans/stratégies nationaux actuels de développement, les plans/stratégies nationaux environnementaux tels que, par exemple, les stratégies de la biodiversité, les investissements importants. Il est essentiel de décrire comment un instrument politique/juridique a défini le problème qu'il envisage d'aborder.
- **une analyse dynamique** : un diagnostic des échecs des dynamiques politiques et de la gouvernance spécifique qui sont identifiées dans l'analyse de la série des causes comme étant les causes sous-jacentes.

Dans le cas du présent projet, l'analyse des parties prenantes, les analyses institutionnelle, politique et juridique, ont été réalisées avec la contribution de la FAO. Celle-ci apporte son soutien aux trois pays à travers le projet TCP/RAF/3001 intitulé « Mise en place d'un mécanisme tripartite de concertation pour la gestion du Système aquifère d'Iullemeden ».

Dans le cadre de ce projet TCP/RAF/3001, deux consultations nationales ont été réalisées simultanément dans chacun des trois pays :

- /// la première consultation porte sur l'analyse et l'évaluation de la réglementation nationale de l'eau et des accords bi et ou trilatéraux en la matière au regard de la gestion et de la mise en valeur des ressources en eau du Système aquifère d'Iullemeden,
- /// la seconde consultation porte sur l'analyse et l'évaluation de l'existant en matière de gestion et de mise en valeur des ressources en eau du Système aquifère d'Iullemeden en vue de la mise en place d'un mécanisme tripartite.

La seconde partie vient en appui à la première pour l'éclairer du fait que la plupart des lois et règlements, des documents de politiques et stratégies, élaborés dans les pays, ne cernent pas proprement les aspects touchant aux ressources en eau des aquifères transfrontaliers.

Les rapports de toutes ces consultations sont désignés ci-après :

- /// Me Tinougou Sanogo (Mali), 2005. Analyse et l'évaluation de la réglementation nationale de l'eau et des accords bi et ou trilatéraux en la matière au regard de la gestion et de la mise en valeur des ressources en eau du Système aquifère d'lullemeden. 59 pages.
- /// Kaïgama Kiari Noudjia (Niger), 2005. Etat de lieux descriptif et analytique du régime de l'eau au Niger et des accords de gestion et de mise en valeur des ressources en eau se rapportant au Système aquifère du lullemeden (S.A.I.). 44 pages.
- /// J. Goldface-Irokalibe (Nigeria), 2005. Tripartite consultation mechanism for the lullemeden aquifer system (IAS). 35 pages.

L'analyse de la gouvernance de chacun des risques mettra l'accent, sur la base des documents produits par les pays, sur les raisons de la récurrence des constats et/ou des effets néfastes de ces risques et des échecs des dynamiques politiques et de la gouvernance.

▶▶▶ ANALYSE DE LA GOUVERNANCE DE LA DIMINUTION DE LA RESSOURCE EN EAU

Les causes profondes d'une diminution de la ressource sont surtout liées à l'insuffisance des textes de lois en vigueur sur les eaux souterraines partagées.

La méconnaissance de la dynamique des écoulements souterrains par les pays concernés est liée à l'inexistence de texte juridique de portée internationale codifiant le droit relatif aux aquifères transfrontaliers, quand bien même le Mali, le Niger et le Nigeria ont adopté les principes de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE).

Dans la pratique, la concertation est absente entre le Mali, le Niger et le Nigeria (et d'une manière générale pour tous les pays de l'espace GIRE) en matière de développement des programmes de réalisation de points d'eau modernes dans chacun des pays pour capter et exploiter leurs ressources communes. La faible prise de conscience par les pays de partager le même bassin aquifère (conscience de bassin) est due, de prime abord, au fait que les eaux souterraines ne sont pas visibles à la différence des eaux de surface comme le fleuve Niger et ses affluents.

En dépit de l'évolution des relations internationales, les Etats en sont et demeurent les acteurs majeurs caractérisés par des principes tels que la souveraineté nationale, l'égalité souveraine, la souveraineté permanente sur les ressources naturelles du sol et du sous sol qui jouent sur l'effectivité des mesures convenues.

La réticence des Etats à faire des concessions sur ces principes explique souvent la mauvaise exécution, voire la non exécution des accords et conventions auxquels ils souscrivent. C'est presque le cas des accords bilatéraux en matière de gestion commune des eaux partagées entre le Niger et le Mali, le Niger et le Nigeria, où les règles communes de gestion convenues connaissent des difficultés d'application. En outre, les organes spécifiquement créés pour les mettre en œuvre sont entièrement dépendants des Etats et ne disposent que d'un pouvoir consultatif leur permettant de faire de simples recommandations, non contraignantes aux Etats.

A cet égard, les résultats probants obtenus dans le cadre du présent projet avec la participation active des représentants des pays, encourage fortement les pays à prendre de plus en plus conscience du caractère stratégique d'une exploitation concertée de leurs ressources conjointes pour un développement durable de la région. Parmi ces résultats, il y a **la base de données commune aux trois pays, le système d'information géographique commun, le modèle mathématique commun.**

L'insuffisance des textes de lois en vigueur sur les eaux souterraines partagées est due au fait que les conventions et les accords bilatéraux ou multilatéraux en vigueur entre le Mali, le Niger et le Nigeria ne prennent pas en compte la gestion des aquifères transfrontaliers. Le processus

pour la mise en place d'un mécanisme tripartite entre ces trois pays, développé dans le cadre du présent projet, aboutira à l'élaboration de textes juridiques appropriés ainsi qu'à la révision de certains textes en vigueur.

L'insuffisance de la clarté des textes nécessite également, leur révision dans le cadre d'une réforme législative, afin de les adapter aux besoins de la cause. Avec l'avènement de la décentralisation au Niger par exemple, ayant entraîné la communalisation intégrale du territoire national (qui compte aujourd'hui deux cent soixante-cinq (265) communes), la loi portant régime de l'eau au Niger doit être revisitée pour prendre en compte le rôle de ces nouvelles entités dans la gestion de l'eau. Au Mali, le régime juridique des eaux a été régi jusqu'au 31 janvier 2002 par la loi n° 90-17/AN-RM du 27 février 1990 ; cette loi n'a pas connu d'application, du fait de l'absence des textes réglementaires.

▶▶ ANALYSE DE LA GOUVERNANCE DE LA DÉGRADATION DE LA QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

En matière de la disponibilité de l'eau de qualité acceptable, les pays sont dotés de lois assorties de leurs décrets d'application. Cependant, malgré ces décrets d'application, les lois ne sont pas respectées. L'exemple édifiant et visible concerne les eaux de surface. Les eaux usées sont rejetées dans le fleuve sans un traitement adéquat au droit des villes riveraines et à partir des industrielles, domestiques, agricoles, bien que ce cours d'eau contribue de manière significative à l'approvisionnement en eau potable des capitales³⁴ (Alhou, 2007).

Le non-respect des textes des lois et des décrets peut avoir plusieurs raisons profondes :

- /// la multiplication des institutions gouvernementales opérant toutes dans le même secteur d'assainissement, d'hygiène et de la qualité des produits consommés notamment l'eau, sans une concertation efficiente ;
- /// l'absence de dispositif de contrôle de la qualité des eaux usées rejetées dans la nature, en particulier l'inventaire exhaustif des sources de pollution et les enquêtes notamment auprès des unités industrielles et minières très réticentes ;
- /// l'absence de rigueur dans la prise de sanction à l'endroit des pollueurs pouvant être due soit à l'abus qui se manifeste par la corruption, le népotisme ou le favoritisme, soit à la faiblesse des organes de contrôle ne disposant pas de pouvoir adéquat.

En matière des eaux transfrontalières particulièrement les eaux souterraines, l'absence d'instruments juridiques et réglementaires correspondants aux exigences d'une gestion transfrontalière sur la dégradation de la qualité des eaux souterraines communes aux trois pays, nécessite la définition et la vulgarisation d'un cadre juridique et réglementaire de gestion. Dans le cadre de la mise en place du mécanisme tripartite de concertation entre le Mali, le Niger et le Nigeria, les attributions de la future structure de gestion des eaux du Système aquifère d'Iullemeden devrait avoir force de loi en matière de la gestion environnementale de cette ressource stratégique.

Des mesures peuvent être préconisées pour réduire la dégradation de la qualité des eaux :

- /// interdiction, de causer des actes de pollution par le déversement, dans les eaux, des matières de toute nature susceptibles de porter atteinte à la santé publique, à la faune et à la flore aquatique ;
- /// soumission, des déversements, au contrôle de l'autorité compétente pour en garantir l'absence de nuisance ;
- /// fixation, par les autorités compétentes, de normes de la qualité des eaux ;
- /// réglementation ou interdiction d'activité en fonction des normes de qualité des eaux ;

³⁴. Alhou B., 2007. Impacts des rejets de la ville de Niamey sur la qualité des eaux du fleuve Niger. Thèse de doctorat, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur (Belgique) et Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger).

- ⚡ obligation pour toute personne exerçant une activité source de pollution, de préconiser toute mesure propre à enrayer ou prévenir les dangers pour la ressource en eau et l'hygiène du milieu ;
- ⚡ obligation, pour tout pollueur de supporter le coût de ses activités polluantes.

▶▶ ANALYSE DE LA GOUVERNANCE DE LA VARIABILITÉ ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES

En dépit de la récurrence des sécheresses et inondations en Afrique de l'Ouest et particulièrement

Classement selon l'IDH	OMD			Ratification des traités sur l'environnement			
	Émissions de dioxyde de carbone		Part dans le total mondial (%)	Protocole De Carthagène sur les risques biologiques	Convention cadre sur les changements climatiques	Protocole de Kyoto à la Convention cadre sur les changements climatiques	Convention sur la diversité biologique
	Par habitant (en tonne)						
	1980	2002	2000				
1 Norvège	10,6	12,2	0,2	●	●	●	●
10 États-Unis	20,0	20,1	24,4		●	●	●
20 Allemagne	..	9,8	3,4	●	●	●	●
63 Brésil	1,5	1,8	1,3	●	●	●	●
127 Inde	0,5	1,2	4,7	●	●	●	●
158 Nigeria	1,0	0,4	0,2	●	●	●	●
174 Mali	0,1	(.)	(.)	●	●	●	●
177 Niger	0,1	0,1	(.)	●	●	●	●

TABLEAU 13 : Energie et environnement (Rapport mondial PNUD, 2005). Protocole de Carthagène sur les risques biotechnologiques a été signé en 2000, la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques a été signée à New York en 1992, le Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques en 1997, et la Convention sur la diversité biologique à Rio de Janeiro en 1992.

au Mali, au Niger et au Nigeria, et bien que ces pays aient ratifié les traités sur l'environnement notamment ceux relatifs aux risques climatiques (tableau 13), le degré de la prise de conscience des pays apparaît faible au regard de la menace que constituent la variabilité et les changements climatiques, (UICN, 2003).

Les causes profondes de ce risque transfrontalier sont de plusieurs ordres :

- ⚡ l'insuffisance dans l'application des législations nationales en vigueur sur l'environnement et la gestion des ressources naturelles et en particulier l'exécution pratique des politiques nationales de l'eau ;
- ⚡ l'insuffisance dans l'application des traités internationaux sur l'environnement ;
- ⚡ l'insuffisance (ou l'absence) d'un cadre de concertation régionale sur le changement climatique du fait de l'insuffisance, au sein de chacun des pays, de collaboration et d'échanges entre spécialistes d'une part et entre les structures d'autre part ;
- ⚡ le faible engagement financier des États dans la recherche de solutions durables,
- ⚡ la faible utilisation des résultats de nombreuses initiatives de recherches dans la région sur le climat et les ressources en eau pour éclairer la prise de décision et accroître le degré de préparation des pays dans la recherche d'une solution durable.

Dans le cadre du Dialogue Eau et Climat, les pays d'Afrique de l'Ouest ont présenté leur communication nationale à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

(UNICN, 2003). Ces communications ont proposé entre autres, des mesures plus spécifiques d'adaptation à la variabilité et au changement climatiques dans le secteur des ressources en eau. Les principales mesures sont les suivantes :

- /// les transferts d'eau inter-bassins,
- /// l'utilisation combinée des eaux de surface et des eaux souterraines,
- /// la recharge artificielle des aquifères,
- /// l'édification d'ouvrages permettant la collecte des eaux de ruissellement et de pluies afin d'éviter les déperditions et réduire les phénomènes d'érosion et d'inondation tout en favorisant la recharge des aquifères ;
- /// l'utilisation de conduites fermées dans les circuits d'approvisionnement en eau,
- /// les pluies provoquées,
- /// la vulgarisation de technologies et comportements plus économes en eau,
- /// le recyclage des eaux usées (domestiques et industrielles),
- /// la désalinisation de l'eau de mer,
- /// les opérations de reboisement pour la séquestration du carbone.

Certaines des mesures suggérées sont souvent techniquement, financièrement et/ou politiquement irréalisables à l'échelle des pays pris individuellement. Beaucoup de ces mesures d'adaptation ne sont pertinentes qu'à l'échelle régionale.

XI. REDUCTION DES RISQUES TRANSFRONTALIERS

La stratégie de réduction des risques transfrontaliers suppose que, d'une part, ces derniers sont quantifiables, et d'autre part, des indicateurs existent pour aider à alerter les parties concernées de manière à prendre les mesures appropriées et réaliser les actions nécessaires pour les maîtriser.

Un indicateur traduit mieux en effet de manière synthétique une situation ou une action ainsi que leurs évolutions. Un indicateur est une information finalisée servant à caractériser une situation évolutive, une action, les conséquences et les résultats d'une action, pour évaluer et les comparer à leur état à d'autres dates, passées ou projetées, ou aux états à la même date d'autres sujets similaires.

L'indicateur facilite ainsi l'interprétation d'une situation ou révèle une tendance ou un phénomène qui ne sont pas apparents comme c'est le cas des eaux souterraines. Dans le cas du présent projet, les premières estimations fournies par le modèle mathématique sont les seules quantifiables ; elles sont relatives à la première préoccupation majeure transfrontalière à savoir la diminution progressive du potentiel en eaux souterraines renouvelables et le recours progressif des ressources non renouvelables.

A l'heure actuelle, dans le domaine des ressources en eau, les indicateurs d'économie de l'eau ont été élaborés (1996) par l'Observatoire du Sahara et du Sahel et l'Observatoire méditerranéen pour l'environnement et le développement (OMED) du Centre d'activités régionales du Plan Bleu (PAM-PNUE). Cet important travail contribue à la réflexion issue de l'Agenda 21 qui, dans son chapitre 40, appelle les pays et les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, à développer des activités en vue d'identifier des indicateurs utiles pour suivre les progrès réalisés en direction du développement durable.

Les niveaux d'investissement nécessaires à la mobilisation des ressources en eau quantité notamment dans les zones arides et semi-arides du monde ainsi que la préservation de ses qualités, sont très élevés. L'évaluation et les outils de suivi de la situation de ces ressources et des utilisations, apparaissent comme des bases essentielles des projets de développement. Les principaux indicateurs formulés sont les suivants :

- /// les indicateurs d'état de connaissance des ressources en eau : 1) indice de signification des données, 2) indicateur de compétition en eau, 3) indice de ressources par habitant ;
- /// les indicateurs des contraintes internes d'exploitabilité (naturelles) liées aux ressources en eau : 1) indice de régularité naturelle, 2) indice de régularisation ;
- /// les indicateurs des contraintes externes d'exploitabilité des ressources en eau : 1) indice d'indépendance, 2) indice de liberté d'action ;
- /// les indicateurs de demande en eau : 1) indice d'utilisation d'eau : demande en eau par habitant ;
- /// les indicateurs de demandes sectorielles : 1) indicateurs de répartition sectorielle des demandes, 2) l'indicateur de production d'eau potable ;
- /// les indicateurs de facteurs de demandes agricoles : 1) indicateur d'irrigabilité, 2) indice d'irrigation ;
- /// les indicateurs de satisfaction des demandes urbaines : 1) indicateur de desserte en eau potable, 2) taux de raccordement, 3) taux d'assainissement, 4) taux d'épuration ;

- /// les indicateurs de pressions quantitatives : 1) indicateur d'exploitation des ressources en eau renouvelables, 2) indicateur de production non durable, 3) indicateur de consommation finale ;
- /// les indicateurs de pression qualitative : 1) indice d'usure potentielle des disponibilités en eau douce.

Dans le cas de l'espèce, il est prématuré d'appliquer les formules appropriées sur les ressources du Système aquifère d'Iullemeden dans la mesure où les résultats obtenus représentent les premières estimations issues des données disponibles dans les documents existants. En d'autres termes, la nécessité d'une investigation sur le terrain permettra de corroborer ces résultats et d'engager les réflexions sur la (les) stratégie(s) appropriées pour réduire les risques transfrontaliers.

Du fait de leur caractère transfrontalier, ces risques seront maîtrisés dans le cadre des attributions de la structure tripartite de concertation que le Mali, le Niger et le Nigeria ont conjointement admis la nécessité de sa mise en place.

XII. CONCLUSION

L'Analyse diagnostique transfrontalière appuyée des études complémentaires telles que la modélisation mathématique du Système aquifère d'Iullemeden, l'élaboration du processus pour la mise en place du mécanisme tripartite de concertation, a permis de faire ressortir **trois risques majeurs transfrontaliers** : 1) **la diminution des ressources en eaux souterraines**, 2) **la dégradation de leur qualité**, 3) **les impacts des changements et variabilité climatiques**.

Force est d'admettre qu'il s'agit des premiers résultats globaux issus des données et informations disponibles. Ils ont le mérite de mettre en évidence d'une part, les risques majeurs qui menacent ces ressources, et d'autre part les relations hydrauliques qui existent entre les eaux de surface et les eaux souterraines.

Il va de soi que des actions stratégiques doivent être réalisées pour éclairer les cadres techniques des pays qui à leur tour, vont édifier les décideurs politiques respectifs. En effet, des investigations concrètes doivent être menées dans chacun des pays sur des thématiques précises pour la résolution, du moins la maîtrise des risques majeurs transfrontaliers, à savoir entre autres :

- /// l'amélioration de la connaissance des aquifères par la collecte des données sur le terrain : (piézométrie, les prélèvements, les transmissivités, la chimie des eaux) pour corroborer les premiers résultats obtenus et prendre en compte ;
- /// le développement des indicateurs pertinents de suivi et de contrôle des risques transfrontaliers (par exemple, les indicateurs du processus et de réduction du stress, les indicateurs de pression) sur des périodes appropriées ;
- /// l'amélioration de l'évaluation (quantification) des impacts environnementaux et socio-économiques des risques ;
- /// la revue des institutions, lois, politiques, instruments économiques à la résolution des de ces risques transfrontaliers en gardant à l'esprit qu'à ce jour, il n'existe pas de texte ni d'institution appropriée pour la gestion des ressources en eau des aquifères transfrontaliers.

La formulation et la mise en œuvre d'un Programme d'actions stratégique représentent le cadre approprié pour concrétiser ces principales activités.

BIBLIOGRAPHIE

ABOUBACAR, S. Etude socio-économique sur l'utilisation des infrastructures hydrauliques exploitant les eaux souterraines en milieu rural au Niger : rapport final.- Niamey : MHE, 1990.- 85p.3137

ADELANA S.M.A., 2006. Nitrate pollution of groundwater in Nigeria. In : Yongxin X. and Brent U. Groundwater pollution in Africa. Taylor & Francis Ed. 37-45.

ADELANA S.M.A., OLASEHINDE P.I. AND VRBKA P., 2003. Isotop and geochemical characterization of surface and subsurface waters in the semi-arid Sokoto basin, Nigeria. African Journal of Science and Technology (AJST), Science and Engineering Series Vol. 4, No. 2, pp. 80-89.

ALHOU B., 2007. Impacts des rejets de la ville de Niamey sur la qualité des eaux du fleuve Niger. Thèse de Doctorat, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur (Belgique) et Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger).

ALMÁSSY, E. and Zs. BUZÁS, 1999. Inventory of transboundary groundwaters. (background report, volume 1). ISBN 9036952742.

ARNOLD, G.E., R. CHRIATEL, V. NOVAK, N.S. OGNIANIK and Z. Simonffy, 1999. Application of models (background report, volume 3). ISBN 903695276X.

BAMBA F., DIABATE M., MAHÉ G., DIARRA M., 1996a. Rainfall and runoff decrease of five river Basins of the tropical upstream part of the Niger river over the period 1951-1989. In : Global hydrological change, EGS XXlth Roald L.A.(Ed.) : Gen. Ass., La Haye Pays Bas, 6-10 mai 1996 16p.

BONNET M., 1992. Méthodologie des modèles mathématiques de simulation en hydrogéologie. Thèse de Doctorat ès Sciences, Univ. Pierre et Marie Curie, école Polytechnique de Lorraine, et Bureau des Recherches Géologiques et Minières (BRGM) 78SGN655Hyd. 270p.

BROMLEY J., EDMUNDS W.M., FELLMAN A., BROUWER J., GAZE S.R., SUDLOW J. and TAU-PIN J.-D., 1997. Rainfall inputs and direct recharge to the deep unsaturated zone of Southern Niger. J. Hydrol. 188: 139-154.

CARBONNEL J.P., HUBERT P., 1992. Pluviométrie en Afrique de l'Ouest soudano sahélienne : remise en cause de la stationnarité des séries. In : L'aridité : une contrainte du développement : caractérisation, réponses biologiques, stratégies des sociétés, Source Le Floch, E.(Ed.), Grouzis, Michel(Ed.), Cornet, Antoine (Ed.), Bille, Jean-Claude (Ed.), ORSTOM, Paris, pp. 37-51.

CARBONNEL J.P., HUBERT P., CHAUCHE A., 1987. Sur l'évolution séquentielle de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest depuis le début du siècle. C.R.Acad.Sci, Paris, série II, t.305, pp.62 5-628.

CIMA : Etude d'un programme d'hydraulique rurale au Niger. 2003 ;

DAVIDE CALAMARI, 1985. Situation de la pollution dans les eaux intérieures de l'Afrique de l'Ouest et du Centre. FAO.

DESCONNETS J.C., 1994. Typologie et caractérisation hydrologique des systèmes endoréiques en milieu sahélien (Niger-Degré carré de Niamey). Thèse, Univ. Montpellier II (USTL), 326p.

EDMUNDS W.M., DODO A., DJAIRA D., GASSE F., GAYE C. B., GONI I., TRAVI Y., ZOUARI K., ZUPPI G.M., 2004. Groundwater as an archive of climatic and environmental change: Europe to Africa. R.W. Battarbee et al., [eds] 2004. Past Climate Variability through Europe and Africa. Springer, Dordrecht. The Netherlands, 279-306.

FAVREAU G. : Caractérisation et Modélisation d'une nappe phréatique en hausse dans au Sahel. Thèse de Doctorat, Univ. Paris XI, 2000 ;

FONTES J.C., ANDREWS J.N., EDMUNDS W.M., GUERRE A., TRAVI A., 1991. Paleorecharge by the Niger River (Mali) Deduced from Groundwater Geochemistry. Water Resources Research, vol.27, n.2, pp.199-214.

FREEZE R.A., WITHERSPOON P.A., 1966. Theoretical analysis of regional groundwater flow, 1. Analytical and numerical solutions to the mathematical model. Water Res. Res., 2[4], pp. 641-656.

FREEZE R.A., WITHERSPOON P.A., 1967. Theoretical analysis of regional groundwater flow, 2. Effect of wter table configuration and surface permeability variation. Water Res. Res., 3[2], pp.623-634.

FREEZE R.A., WITHERSPOON P.A., 1968. Theoretical analysis of regional groundwater flow, 3. Quantitative interpretations. Water Res. Res., 4[3], pp.580-590.

GAUTIER F., LUBES-NIEL H., SABATIER R., MASSON J.M., PATUREL J.E., SERVAT E., 1998. Variabilité du régime pluviométrique de l'Afrique de l'Ouest non sahélienne entre 1950 et 1989. Journal des Sciences hydrologiques, vol. 43, N°6, pp 921-935.

GRIFT, B. VAN DER, AND J.G.F. VAN DAEL, 1999. Problem-oriented approach and the use of indicators. [background report, volume 2]. ISBN 9036952751.

GUÉRO, A. : Etude des relations hydrauliques entre les différentes nappes du complexe sédimentaire de la bordure sud-ouest du bassin des lullemmenden (Niger) : Approches géochimiques et hydrodynamique. Thèse de Doctorat, Univ. Paris XI Orsay, 2003.

GUMISAI MUTUME, 2004. Les vicissitudes du développement durable. Afrique Renouveau, Vol.18#2 (Juillet 2004), page 19.

HELD L. M., DELWORTH T. L., LU J., FINDEL K.L., AND KNUTSON (2005). Simulation of Sahel drought in the 20th and 21st Centuries. PANAS December 13, Vol. 102 n° 50 p 17891-17896.

IHP/UNESCO. Soil and groundwater pollution from agricultural activities. Learning material, Technical documents in hydrology/ N° 19 Paris 1998;

KIRÁLY L., 1978. La notion d'unité hydrogéologique. Essai de définition. Thèse de doctorat, Bull. Centre d'Hydrogéologie, Univ. Neuchâtel, n°2, pp 83-216.

KIRÁLY L., 1985. FEM 301. A three dimension model for groundwater flow simulation. Centre d'Hydrogéologie, Univ. Neuchâtel, et NAGRA Technical report, 84-49, Baden, 96p.

KOGBE CA 1972. Geology of the Upper Cretaceous and lower Tertiary sediments of the Nigerian sector of the lullemmenden Basin (West Africa). Geol. Rdsch. 62:197-211.

KOGBE CA 1976. Outline of the geology of the lullemmenden Basin in North-Western Nigeria. In: Kogbe CA (Ed.) Geology of Nigeria. Elizabethan Publ. Co. Sulurere (Lagos) Nigeria, 331-343.

L'HÔTE Y., MAHÉ G., SOME B., TRIBOULET J.P., 2002. Analysis of a Sahelian annual rainfall index

from 1896 to 2000; the drought continues. *Hydrological Sciences-Journal- des Sciences Hydrologiques*, Vol. 47, N° 4, pp 563-572.

LE GALLE LA SALLE C., MARLIN C., MASSAULT M., LEDUC C., TAUPIN J.D., 2000. Renewal rate estimation of groundwater based on radioactive tracers (^3H , ^{14}C) in an unconfined aquifer in a semi-arid area, lullemedem basin, Niger. *Journ. of Hydrology* (in press).

LEDUC C., DESCONNETS J.C., 1994. Variability of groundwater recharge in the Sahel piezometric survey of the Continental Terminal aquifer (Niger). In : *Future Groundwater Resources at Risk*, IAHS publ. 222, 505-511.

LEDUC C. ET TAUPIN J.D., LE GAL LA SALLE C., 1996. Estimation de la recharge de la nappe phréatique du Continental Terminal (Niamey, Niger) à partir des teneurs en tritium. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 323, 599-605.

LEDUC C., BROMLEY, SCHROETER P., 1997. Water table fluctuation and recharge in semi-arid climate : some results of the HAPEX-Sahel hydrodynamic survey (Niger). *Journ. Hydrol.*, 188-189, 1-4, 123-138.

LEDUC C., TAUPIN J.D., 1997. Hydrochimie et recharge de la nappe phréatique du Continental Terminal (Niamey, Niger). *Proceedings of the Rabbat symposium*, IAHS publ., 224, 235-243.

MAHÉ G., L'HOTE Y., OLIVRY J.-C., WOTLING G., 2001, Trends and discontinuities in regional rainfall of west and central Africa, 1951-1989. *Hydrological Sciences Journal*, 46.

MAHÉ G., OLIVRY J.C. (1995). Variations des précipitations et des écoulement en Afrique de l'Ouest et Centrale de 1951 à 1989, *Sécheresse*, n°1, vol 6, 109-117.

MAHÉ G., OLIVRY J.-C., 1995 – Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'Ouest et centrale de 1951 à 1989. *Sécheresse*, 6 (1) 109-117.

MALI : Analyse diagnostique transfrontalière SAI, 2006

MALI : Direction Nationale de l'Hydraulique, Base de données SIGMA2

MALI : Ministère des Mines, de l'Energie et de l'Eau, 2004. Plan National d'accès à l'Eau Potable 2004-2015, Annexes 1&2 juillet 2004

MALI : Ministère des Mines, de l'Energie et de l'Eau, 2004. Rapport Provisoire « Politique Nationale de l'Eau » Ministère des Mines, de l'Energie et de l'Eau. Novembre 2004, 77 p

MALI : Projet de gestion intégrée des ressources du Niger supérieur, 2006

MALI : Projet inventaire des ressources terrestre, 1986

MARSILY DE G., 1978. 1986. Quantitative hydrogeology. *Groundwater hydrology for engineers*. Academic Press, Inc., 435p.

NATIONS UNIES : Les ressources en eau de l'Afrique septentrionale et occidentale. Collection Ressources Naturelles/série Eau n° 18, ST/TCD/5 ;

NIGER : Stratégies de développement Rural (SDR), Dec, 2006.

OLIVRY J. C., 1993, Fonctionnement hydrologique de la cuvette lacustre du Niger et essai de modélisation du de l'inondation du Delta intérieur. In : *Grands bassins*.

OPHORI D., TÓTH J., 1989. Characterization of groundwater flow by mapping and numerical simulation. Ross Creek Basin (Alberta, Canada). In: *Groundwater*, vol. 27, N°2, pp193-201.

OPHORI D., TÓTH J., 1990. relationships in regional groundwater discharge to streams: an analysis by numerical simulation. *J. of Hydrol.*, 119:215-244.

ORANGE D. AND PALANGIÉ A., 2006. Assessment of water pollution and risks to surface and groundwater resources in Bamako, Mali. In : Yongxin X. and Brent U. *Groundwater pollution in Africa*. Taylor & Francis Ed. 139-146.

OUSMANE B., DADDY A., SOUMAILA A., MARGUERON T., BOUBACAR A., GARGA Z., 2006. Groundwater contamination in the Niamey urban area, Niger. In : Yongxin X. and Brent U. *Groundwater pollution in Africa*. Taylor & Francis Ed. 169-179.

PATUREL J. E., SERVAT E., DELATTRE M. O., LUBES-NIEL H., 1998. Analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique. *Hydrol. Sci. J.* 43(6), 937-946.

PATUREL J.E., SERVAT E., KOUAME B., LUBES-NIEL H., FRITSCH J.M., MASSON J.M., 1997. Manifestation d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'Ouest et centrale IASH N°.240, pp.21-30.

PNUD, 2005. Rapport mondial sur le développement humain 2005. Ed. Economica, 49 rue Héricart, 75015 Paris (France). 385 pages.

RABE S. Analyse diagnostique transfrontalière (ADT) du Système aquifère d'Iullemeden (SAI), Mars 2006.

SAAD, K. F., 1970. Étude hydrogéologique de l'est du Mali, Rapport 1856/BMS.RD/SCF, 55 pp., UNESCO, Paris.

SENAGRHY. Programme Petits Périmètres Irrigués villageois IIème Phase : étude d'aménagement nouveau PPIV Kollo Bossey, Tondi Gamey, Niouga et Boulel, volet Niger. Etude socio-économique de base.- Niamey : SENAGRHY, CONSEIL DE L'ENTENTE ,1996.- 7p., ann.

SERVAT E., PATUREL J.E., LUBES-NIEL H., KOUAME B., MASSON J.-M., TRAVAGLIO M., MARIEU B., 1999. De différents aspects de la variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne. *Rev. Sci. Eau* Vol.12, N°2, pp. 363-387.

SERVAT E., PATUREL J.E. KOUAME B., TRAVOGGIO M., OUEDRAGO M., BOYER J.F., LUBES-NIEL H., FRITSCH J.M., MASSON J. M., MARIEU B., 1998. Identification, caractérisation et conséquences d'une variabilité Hydrologique en Afrique de l'Ouest et centrale. In : *Water resource variability in Africa during the XXth Century*. Proc. Abidjan, Nov. 1998. Côte d'Ivoire. IAHS Publ. N°. 252, pp.323-337.

SIRCOULON J., 1976. Les données hydropluviométriques de la sécheresse récente en Afrique Intertropicale. Comparaison avec les sécheresses «1913» et «1940». *Cah. ORSTOM*, série hydrologie, vol. XIII, n. 2, pp. 75-174.

SIRCOULON J., 1987. Variation des débits des cours d'eau et des niveaux des lacs en Afrique de l'Ouest depuis le début du 20^{ème} siècle. In : *The influence of climate change and climatic variability on the Hydrological Regime and Water Resources* (Proc. Vancouver Symp., August 1987), 13-25. IAHS Publ. No. 168.

TAUPIN J.D., 1990. Evaluation isotopique de l'évaporation en zone non saturée sous climat sahélien, et évolution géochimique des solutions des sols (vallée du moyen Niger). Thèse, Univ. Paris XI, 172p.

TAUPIN J.D., COUDRAIN-RIBSTEIN A., GALLAIRE R., ZUPPI G.M., FILLY A., 2000. Rainfall cha-

racteristics ($\delta^{18}O$, δ^2H , δT and δHr) in western Africa, regional scale and influence of irrigated areas. *Journal Geophys. Research*. (In press).

TAUPIN J.D., GALLAIRE R., 1998. Variabilité isotopique à l'échelle infra-événements de quelques épisodes pluvieux dans la région de Niamey, Niger. *C. R. Acad. Sci, Paris*, 326, 493-498.

TÓTH J., 1962. A theory of groundwater motion in small drainage basins in central Alberta (Canada). *J. of Geophys. Res.*, vol. 67, n°11, pp4375-4381.

TÓTH J., 1963. A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. *J. of Geophys. Res.*, vol. 16, n°11, pp4795-4811.

TÓTH J., 1966. Mapping and interpretation of field phenomena for groundwater reconnaissance in a Prairie environment, Alberta, Canada. *Bull. Int. Assoc. Sci. Hydrology*, vol. 9, pp20-68.

TÓTH J., 1978. Gravity-Induced cross-formational flow of formation fluids, red earth region, Alberta, Canada: analysis, patterns and evolution. In: *Water Res. Res.*, vol., 14, n°5, pp805-843.

TRAORÉ A.Z., BOKAR H., TRAORÉ D. AND DIAKITÉ L., 2006. Statistical assessment of groundwater quality in Bamako City, Mali. In : Yongxin X. and Brent U. *Groundwater pollution in Africa*. Taylor & Francis Ed. 147-155.

UICN-BRAO, GWP-WAWP, CILSS, 2003. Eau, changement climatique et désertification en Afrique de l'ouest : Stratégie régionale de préparation et d'adaptation.

UIL, H., F.C. VAN GEER, J.C. GEHRELS AND F.H. KLOOSTERMAN, 1999. State of the art on monitoring and assessment of groundwaters. (background report, volume 4). ISBN 9036952778.

UN/ECE, 2000. Guidelines on Monitoring and Assessment of Transboundary Groundwaters. ISBN 9036953154.

YONGXIN X. AND BRENT U., 2006. *Groundwater pollution in Africa*. Taylor & Francis Ed. 353p.

Scénario 2015

PERSPECTIVES CONCERNANT LES OBJECTIFS DU MILLÉNAIRE POUR LE DÉVELOPPEMENT - DES PROJECTIONS ET NON DES PRÉDICTIONS

Nos projections pour 2015 ne sont pas des prédictions. Une analyse de tendances pour 1990 – 2003 permet de formuler des conjectures sur l'état du monde en 2015, si les tendances actuelles en ce qui concerne les principaux OMD se poursuivent. Ces projections ne sont pas fondées sur des moyennes régionales, mais sur des données nationales, qui offrent un aperçu plus précis de l'orientation actuelle. Cependant, les tendances ne débouchent pas sur l'inévitable. Elles peuvent être améliorées ou aggravées par des choix de politique publique, ainsi que par des facteurs externes sur lesquels les gouvernements ont peu d'influence. **Examiner le passé pour anticiper l'avenir peut permettre néanmoins d'attirer l'attention du public sur un scénario possible.**

Quelques mises en garde sont nécessaires concernant l'analyse de tendances. Pour de nombreux pays et pour plusieurs objectifs, aucune donnée fiable n'est disponible. Ainsi, les données chronologiques sur l'éducation font défaut pour 46 pays. Il y a également des problèmes ayant des tendances à examiner les points un par un selon l'objectif.

Les progrès réalisés dans un domaine dépendent largement des progrès accomplis dans d'autres domaines, avec des effets multiplicateurs sur les différents objectifs, par exemple de la santé à l'éducation. Et enfin, certains facteurs susceptibles d'entraver les progrès, notamment ceux pouvant être considérés comme des menaces systémiques, sont difficiles à anticiper.

Parmi les constatations sommaires qui émergent de l'analyse de tendances :

- /// cinquante pays comptant au total près de 900 millions d'habitants enregistrent un recul par rapport à au moins un OMD. Vingt-quatre d'entre eux sont situés en Afrique subsaharienne.
- /// 65 autres pays comptant une population de 1,2 milliard d'habitants, ne pourront pas atteindre au moins un OMD avant 2040, ce qui représente une génération entière.
- /// Selon les tendances actuelles, les États ne devraient parvenir à réduire la mortalité infantile des deux tiers qu'en 2045, c'est-à-dire avec 31 ans de retard. Pour atteindre les OMD, une réduction annuelle moyenne de 2,7 % de l'incidence de la mortalité infantile est nécessaire. Ce taux correspond au double de celui enregistré entre 1990 et 2002.

▶▶▶ Santé infantile et maternelle : des millions d'enfants condamnés à mourir

- /// Plus de 45 % des décès infantiles (4,9 millions au total) ont lieu dans 52 pays où la réduction de la mortalité infantile est en régression ou progresse peu. Les enfants nés dans ces pays aujourd'hui et qui vivent jusqu'à l'âge adulte verront peu d'amélioration en ce qui concerne les chances de survie de leurs enfants.
- /// Selon les tendances actuelles, **l'Afrique subsaharienne n'atteindra les OMD qu'en 2115**, avec un siècle de retard. Les deux pôles de mortalité infantile dans cette région sont la République Démocratique du Congo, où les conditions se détériorent, et le Nigeria. Le taux de mortalité infantile du Nigeria a chuté de 235 sur 1000 naissances viables à 198 sur 1000 depuis 1990. À ce rythme, ce pays mettra 40 ans à atteindre les OMD.

Les deux tiers des décès infantiles ont lieu dans 13 pays, parmi lesquels deux seulement (le Bangladesh et l'Indonésie) sont en voie d'atteindre les OMD. Quatre autres pays (la Chine, l'Inde,

le Niger et le Pakistan) atteindront cet objectif entre 2015 et 2040. Les autres (notamment l'Afghanistan, l'Angola, la République Démocratique du Congo, l'Éthiopie, le Nigeria, la Tanzanie et l'Ouganda) ont plus d'une génération de retard ou régressent.

▶▶▶ Eau et assainissement : plus d'un milliard d'individus en sont privés

Les progrès de l'accès à l'eau et à l'assainissement auront un impact significatif sur les taux de mortalité infantile. L'objectif qui consiste à réduire de moitié le nombre de personnes privées d'accès à une eau de meilleure qualité ne sera pas rempli, pénalisant 210 millions d'individus. Par ailleurs, plus de deux milliards de personnes n'auront pas toujours accès à de meilleures conditions sanitaires en 2015. **L'Afrique subsaharienne est la région la plus fortement touchée par ce retard.**

▶▶▶ La réduction de moitié des taux de pauvreté extrême et de malnutrition dépend de la croissance et de la distribution

Environ 800 millions de personnes vivront avec moins d'un dollar par jour et 1,7 milliard de personnes avec moins deux dollars par jour en 2015. L'incidence de la pauvreté mesurée par le seuil d'un dollar par jour baissera de 21 % actuellement à 14 % en 2015. La répartition de la pauvreté selon les régions évoluera également. **La part de l'Afrique subsaharienne dans la pauvreté mesurée par le seuil d'un dollar par jour augmentera rapidement, de 24 % aujourd'hui à 41 % en 2015.**

Le poids grandissant de l'Afrique subsaharienne dans la pauvreté mondiale d'ici à 2015 est le reflet d'une croissance faible depuis 1990, à laquelle s'ajoute une distribution du revenu particulièrement inégale. Pour parvenir au but en 2015, la région devrait atteindre un taux de croissance annuel par habitant de 5 % environ au cours de la prochaine décennie, ce qui est peu vraisemblable.

▶▶▶ Éducation : échec de la scolarisation universelle

L'éducation est une fin en soi en matière de développement humain et l'une des clés du progrès dans d'autres domaines. La promesse de scolariser tous les enfants et de combler les disparités entre les sexes en matière éducative symbolise l'immense espoir de briser le cercle vicieux de la transmission de la pauvreté de génération en génération. Si les tendances actuelles se poursuivent :

- /// l'objectif de mise en place de l'éducation primaire universelle d'ici à 2015 ne sera pas atteint avant au moins une décennie. **47 millions d'enfants ne seront pas scolarisés en 2015, 19 millions d'entre eux en Afrique subsaharienne.**
- /// Quarante-six pays sont en recul dans ce domaine ou n'atteindront pas l'objectif avant 2040. Sur les 110 millions d'enfants non scolarisés, 23 millions vivent dans des pays en développement.

▶▶▶ Égalité des sexes et participation des femmes : un objectif déjà manqué

En 2015, le déficit concernant l'objectif de l'égalité des sexes équivaldra à 6 millions de filles non scolarisées, la plupart d'entre elles en Afrique subsaharienne. Dans les 41 pays où 20 millions de filles ne sont pas scolarisées actuellement, l'écart entre les sexes augmente ou diminue si lentement que l'égalité des sexes ne pourra pas être atteinte avant 2040.

EN DÉFINITIVE,

L'aide internationale est une des armes les plus efficaces dans la lutte contre la pauvreté. Aujourd'hui, elle est sous-utilisée, mal ciblée et doit être rénovée. **La réforme du système international d'aide est une exigence fondamentale du retour sur la voie des Objectifs du Millénaire pour le développement.**

L'aide est parfois perçue dans les pays riches comme un acte de charité à sens unique. Cette vision est déplacée. Dans un monde de menaces et de chances interdépendantes, l'aide constitue un investissement et une obligation morale, un investissement dans la prospérité partagée, dans la sécurité collective et dans un avenir commun. L'absence d'investissement à une échelle suffisante aujourd'hui générera des coûts demain.

L'aide au développement est au coeur du nouveau partenariat pour le développement institué par la Déclaration du Millénaire. Comme dans tout partenariat, chaque partie a des responsabilités et des devoirs. Les pays en voie de développement doivent créer un environnement dans lequel l'aide peut déboucher sur des résultats optimaux. De leur côté, les pays riches doivent tenir leurs engagements.

Il y a trois conditions à une aide efficace :

- /// premièrement, **elle doit être fournie en quantité suffisante pour soutenir le décollage du développement humain**. Elle apporte aux gouvernements les moyens d'investir dans la santé, l'éducation et l'infrastructure économique afin de briser les cycles de privation et d'appuyer la relance ; ces moyens doivent être proportionnels au financement nécessaire ;
- /// deuxièmement, **l'aide doit être apportée sur une base prévisible, peu coûteuse et rentable** ;
- /// troisièmement, pour être efficace, **l'aide doit être « l'appropriation »**. Les pays en voie de développement assument la responsabilité primaire de création des conditions dans lesquelles l'aide peut entraîner des résultats optimaux. Si des progrès ont été enregistrés dans l'augmentation quantitative et l'amélioration qualitative de l'aide, aucune de ces conditions n'a toutefois pas encore été remplie.

Quand la Déclaration du Millénaire fut signée, le panier de l'aide au développement était au trois quarts vide et percé.

Classement selon l'IDH	Valeur de l'indicateur du développement humain (IDH) 2003	Espérance de vie à la naissance (années) 2003	Taux d'alphabétisation des adultes (% des 15 ans et plus) 2003	Taux brut de scolarisation combiné (du primaire au supérieur) (%) 2002/03	PIB par habitant (en PPA) 2003	Indice d'espérance de vie	Indice de niveau d'instruction	Indice de PIB	Différence de classement selon le PIB par habitant (en PPA) et l'IDH
1 Norvège	0,963	79,4	..	101	37670	0,91	0,99	0,99	2
10 États-Unis	0,944	77,4	..	93	37562	0,87	0,97	0,99	-6
20 Allemagne	0,930	78,7	..	89	27756	0,90	0,96	0,94	-6
63 Brésil	0,792	70,5	88,4	91	7790	0,76	0,89	0,73	1
127 Inde	0,602	63,3	61,0	60	2892	0,64	0,61	0,56	-9
158 Nigeria	0,453	43,4	66,8	64	1050	0,31	0,66	0,39	2
174 Mali	0,333	47,9	19,0	32	994	0,38	0,23	0,38	-10
177 Niger	0,281	44,4	14,4	21	835	0,32	0,17	0,35	-8

TABLEAU 14 : Indicateur du Développement humain (IDH) (PNUD, 2005)

Classement selon l'IDH	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2003
1 Norvège	0,868	0,888	0,898	0,912	0,936	0,956	0,963
10 États-Unis	0,867	0,887	0,901	0,916	0,929	0,938	0,944
20 Allemagne	..	0,861	0,869	0,888	0,913	0,927	0,930
63 Brésil	0,645	0,682	0,698	0,719	0,747	0,783	0,792
127 Inde	0,412	0,438	0,476	0,513	0,546	0,577	0,602
158 Nigeria	0,318	0,376	0,386	0,406	0,418	..	0,453
174 Mali	0,253	0,273	0,297	0,305	0,311	0,328	0,317
177 Niger	0,236	0,252	0,242	0,249	0,256	0,271	0,281

TABLEAU 15 : Indicateur du développement humain et Tendances (PNUD, 2005)

Classement selon l'IDH	Indice de la pauvreté humaine (IPH-1)		Probabilité à la naissance de ne pas survivre jusqu'à 40 ans (en % de la cohorte) 2000-2005	Taux d'analphabétisme des adultes (en % des 15 ans et plus) 2003	Population privée d'accès à un point d'eau aménagé (%) 2002	OMD Insuffisance Pondérale des enfants (en % des moins de 5 ans) 1995-2003	OMD Population en deçà du seuil de pauvreté monétaire (%)			Différence de classement selon l'IPH-1 et la pauvreté monétaire
	Rang	Valeur (%)					1 \$ par jour 1990-2003	2 \$ par jour 1990-2003	national 1990-2002	
63 Brésil	20	10,3	10,3	11,6	11	6	8,2	22,4	17,4	-5
127 Inde	58	31,3	16,6	39,0	14	47	34,7	79,9	28,6	-12
158 Nigeria	75	38,8	46,0	33,2	40	29	70,2	90,8	34,1	-19
174 Mali	101	60,3	37,3	81,0	52	33	72,3	90,6	63,8	-2
177 Niger	103	64,4	41,4	85,6	54	40	61,4	85,3	63,0	4

TABLEAU 16 : Pauvreté humaine et salariale : pays en voie de développement (PNUD, 2005)

Classement selon l'IDH	Population totale (millions)			Taux de croissance démographique annuel (%)		Population urbaine (en % du total)			Population de moins de 15 ans (en % du total)		Population de 65 ans et plus (en % du total)			Indice synthétique de fécondité (par femme)	
	1975	2003	2015	1975-2003	2003-2015	1975	2003	2015	2003	2015	2003	2015	2015	1970-1975	2000-2005
1 Norvège	4,0	4,6	4,8	0,5	0,5	68,2	78,6	86,4	19,9	17,5	13,3	17,5	2,2	2,2	1,8
10 États-Unis	220,2	292,6	325,7	1,0	0,9	73,7	80,1	83,6	21,1	19,7	10,7	14,1	2,0	2,0	2,0
20 Allemagne	78,7	82,6	82,5	0,2	(-)	81,2	88,1	90,0	14,8	12,9	15,0	20,7	1,6	1,6	1,3
63 Brésil	108,1	181,4	209,4	1,8	1,2	61,2	83,0	88,4	28,4	25,4	4,9	7,8	4,7	4,7	2,3
127 Inde	620,7	1,070,8	1,260,4	1,9	1,4	21,3	28,3	32,2	32,9	28,0	4,1	6,2	5,4	5,4	3,1
158 Nigeria	58,9	125,9	160,9	2,7	2,0	23,4	46,6	55,5	44,7	41,3	2,4	3,2	6,9	6,9	5,8
174 Mali	6,2	12,7	18,1	2,6	2,9	16,2	32,3	40,9	48,3	46,7	2,2	2,4	7,6	7,6	6,9
177 Niger	5,3	13,1	19,3	3,2	3,3	10,6	22,2	29,7	49,0	47,9	1,6	2,0	8,1	8,1	7,9

TABLEAU 17 : Tendances démographiques (PNUD, 2005)

Classement selon l'IDH	Dépenses de santé			OMD		Enfants souffrant de la diarrhée bénéficiant de thérapies de réhydratation orale et d'une alimentation continue (% des moins de 5 ans) 1994-2003	Utilisation des moyens de contraception (%) 1995-2003	OMD	Nombre de médecins (pour 100 000 habitants) 1990-2004
	Par habitant (en PPA)		Rougeole (%) 2003	Enfants d'un an effectivement vaccinés contre					
	Publiques (en % du PIB) 2002	Privées (en % du PIB) 2002		Tuberculose (%) 2003	Enfants souffrant de la diarrhée bénéficiant de thérapies de réhydratation orale et d'une alimentation continue (% des moins de 5 ans) 1994-2003				
1 Norvège	8,0	1,6	..	3409	84	..	74	100	356
10 États-Unis	6,6	8,0	..	5274	93	..	76	99	549
20 Allemagne	8,6	2,3	..	2817	92	..	75	100	362
63 Brésil	3,6	4,3	99	611	99	28	77	88	206
127 Inde	1,3	4,8	81	96	67	22	48	43	51
158 Nigeria	1,2	3,5	48	43	35	28	13	35	27
174 Mali	2,3	2,2	63	33	68	45	8	41	4
177 Niger	2,0	2,0	64	27	64	43	14	16	3

TABLEAU 18 : Assurer la santé : ressources, accès et services (PNUD, 2005)

Classement selon l'IDH	OMD		OMD		OMD		Enfants souffrant d'insuffisance pondérale (en % des - de 5 ans) 1995-2003	Enfants souffrant d'un retard de croissance (en % des - de 5 ans) 1995-2003	Insuffisance pondérale néonatale (%) 1998-2003
	Population disposant d'installations sanitaires de qualité (%)		Population disposant d'un accès facilité à une source d'eau de qualité (%)		OMD				
	1990	2002	1990	2002	Personnes souffrant de malnutrition (en % du total) 1990/1992	2000/2002			
1 Norvège	..	..	100	100	..	..	..	..	5
10 États-Unis	100	100	100	100	..	..	1	2	8
20 Allemagne	..	..	100	100	..	..	..	..	7
63 Brésil	70	75	83	89	12	9	6	11	10
127 Inde	12	30	68	86	25	21	47	46	30
158 Nigeria	39	38	49	60	13	9	29	38	14
174 Mali	36	45	34	48	29	29	33	38	23
177 Niger	7	12	40	46	41	34	40	40	17

TABLEAU 19 : Eau, conditions sanitaires et nutrition (PNUD, 2005)

Classement selon l'IDH	Prévalence du VIH (% des 15-24 ans)	OMD Utilisation de préservatif lors du dernier rapport à haut risque (% des 15-24 ans)		OMD Cas de malaria (pour 100 000)	OMD Enfants de moins de 5 ans		OMD Cas de tuberculose			Consommation de cigarette (% des adultes)	
		Femmes (%) 1998-2003	Hommes 1998-2003		2000	Disposant de lit avec moustiquaire traitée aux insecticides (%) 1999-2003	avec une fièvre traitée aux médicaments anti-malaria (%) 1999-2003	Pour 100 000 2003	Détecté par DOTS (%) 2003	Soigné par DOTS (%) 2003	Femmes 2000-2002	Hommes 2000-2002
1 Norvège	0,1 [0,0-0,2]	..	..	..	..	..	5	46	80	32	31
10 États-Unis	0,6 [0,3-1,1]	..	..	..	..	..	3	89	70	21	26
20 Allemagne	0,1 [0,1-0,2]	..	..	..	..	..	7	55	69	31	39
63 Brésil	0,7 [0,3-1,1]	..	..	344	..	..	91	18	75	27	35
127 Inde	[0,4-1,3]	51	59	7	..	..	287	47	87	..	..
158 Nigeria	5,4 [3,6-8,0]	24	46	30	1	34	518	18	79	..	..
174 Mali	1,9 [0,6-5,9]	14	30	4008	8	38	582	18	50	..	..
177 Niger	1,2 [0,7-2,3]	7	30	1 693	6	48	272	54	..	..	..

TABLEAU 20 : Crises et risques majeurs pour la santé à l'échelle mondiale (PNUD, 2005)

Classement selon l'IDH	Dépenses publiques dévolues à l'Education									
	En % du PIB		En % du total des dépenses publiques		Maternelle et primaire		Secondaire		Supérieur	
	1990	2000-2002	1990	2000-2002	1990	2000-2002	1990	2000-2002	1990	2000-2002
1 Norvège	7,0	7,6	14,6	16,2	39,5	36,5	24,7	33,0	15,2	27,5
10 États-Unis	5,1	5,7	12,3	17,1	..	39,5	..	35,3	..	25,2
20 Allemagne	..	4,6	..	9,5	..	22	..	49,0	..	24,5
63 Brésil	..	4,2	..	12,0	..	38,3	..	40,1	..	21,6
127 Inde	3,7	4,1	12,2	12,7	38,9	38,4	27,0	40,1	14,9	20,3
158 Nigeria	0,9	..	..	..	..	..	..	..	..	..
174 Mali	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
177 Niger	3,2	2,3	18,6	..	..	51,5	..	24,4	..	..

TABLEAU 21 : Engagement en faveur de l'éducation : Dépenses publiques (PNUD, 2005)

Classement selon l'IDH	Taux d'alphabétisation des adultes (en % des 15 ans et plus)		OMD Taux d'alphabétisation des jeunes adultes (en % des 15-24 ans)		OMD Taux net de scolarisation dans le primaire (%)		Taux net de scolarisation dans le secondaire (%)		OMD Enfants atteignant la 5e année d'école (en % des élèves de 1 ^{re} année)		Élèves inscrits en science, mathématique ou technique dans le supérieur (en % des élèves du supérieur)
	1990	2003	1990	2003	1990-1991	2002-2003	1990-1991	2002-2003	1990-1991	2001-2002	
	1990	2003	1990-1991	2002-2003	1990-1991	2002-2003	1990-1991	2002-2003	1990-1991	2001-2002	
1 Norvège	..	..	..	..	100	100	88	96	100	100	18
10 États-Unis	..	..	..	..	97	92	85	88	..	..	..
20 Allemagne	..	..	..	..	84	83	..	88	..	..	29
63 Brésil	82,0	88,4	91,8	96,6	86	97	15	75	..	..	..
127 Inde	49,3	61,0	64,3	76,4	..	87	..	..	..	84	20
158 Nigeria	48,7	66,8	73,6	88,6	60	67	..	29	..	..	..
174 Mali	18,8	19,0	27,6	24,2	20	45	5	..	73	75	..
177 Niger	11,4	14,4	17,0	19,8	24	38	6	6	62	69	..

TABLEAU 22 : Alphabétisation et scolarisation (PNUD, 2005)

Classement selon l'IDH	PIB		PIB par habitant		PIB par habitant			Variation annuelle de l'indice des prix à la consommation (%)	
	En milliards de dollars US		Dollars US	PPA	Croissance annuelle (%)		Année de la valeur la plus élevée		
	2003	2003	2003	2003	1975-2003	1990-2003	1990-2003	2002-2003	
1 Norvège	220,9	171,9	48412	37670	2,8	2,9	2001	2,3	2,5
10 États-Unis	10948,5	10923,4	37648	37562	2,0	2,1	2003	2,6	2,3
20 Allemagne	2403,2	2291,0	29115	27756	2,0	1,3	2001	1,8	1,0
63 Brésil	492,3	1375,7	2788	7790	0,8	1,2	2002	114,0	14,7
127 Inde	600,6	3 078,2	564	2 892	3,3	4,0	2003	7,9	3,8
158 Nigeria	58,4	143,3	428	1050	-0,5	(.)	1977	26,0	14,0
174 Mali	4,3	11,6	371	994	(.)	2,4	2002	4,3	-1,3
177 Niger	2,7	9,8	232	835	-1,8	-0,6	1979	5,0	-1,6

TABLEAU 23 : Paramètres économiques (PNUD, 2005)

Classement selon l'IDH	Importation de biens et de services (% du PIB)		Exportation de biens et de services (% du PIB)		Exportation de produits primaires (en % des exportations de marchandises)		Exportation de produits manufacturés (en % des exportations de marchandises)		Exportation de produits de haute technologie (en % des exportations de marchandises)		Termes de l'échange (1980=100)
	1990	2003	1990	2003	1990	2003	1990	2003	1990	2003	
	1 Norvège	34	28	4	41	67	74	33	21	12		19	71
10 États-Unis	11	14	10	10	22	16	74	80	33	31	119
20 Allemagne	25	32	25	36	10	9	89	84	11	16	117
63 Brésil	7	13	8	17	47	47	52	52	7	12	145
127 Inde	9	16	7	14	28	22	71	77	2	5	131
158 Nigeria	29	41	43	50	..	..	..	..	..	..	28
174 Mali	34	31	17	26	..	59	2	40	..	8	95
177 Niger	22	25	15	16	..	91	..	8	..	3	..

TABLEAU 24 : Structures d'échanges (PNUD, 2005)

Classement selon l'IDH	Aide publique au développement (APD) perçue (versements nets)				Entrées nettes d'investissements directs étrangers (en % du PIB)		Autres flux privés (en % du PIB)		OMD			
	Total (en millions de dollars)		Par habitant (en dollars)		En % du PIB		En % du PIB		Service de la dette (total)		En % des exportations de biens et de services	
	2003	2003	2003	2003	1990	2003	1990	2003	1990	2003	1990	2003
1 Norvège												
10 États-Unis												
20 Allemagne												
63 Brésil	296,0	1,7	(.)	0,1	0,2	2,1	-0,1	0,7	1,8	11,5	18,5	38,6
127 Inde	942,2	0,9	0,4	0,2	0,1	0,7	0,5	1,1	2,6	3,4	29,3	18,1
158 Nigeria	317,6	2,3	0,9	0,5	2,1	2,1	-0,4	-0,4	11,7	2,8	22,3	..
174 Mali	527,6	45,3	19,9	12,2	0,2	3,0	(.)	0,0	2,8	1,8	14,7	5,8
177 Niger	453,3	38,5	16,0	16,6	1,6	1,1	0,4	-0,3	4,0	1,2	6,6	6,4

TABLEAU 25 : Flux d'aide, de capitaux privés et de dette (PNUD, 2005)

Classement selon l'IDH	Dépenses publiques d'enseignement (en % du PIB)		Dépenses publiques de santé (en % du PIB)		Dépenses militaires (en % du PIB)		Service de la dette total (en % du PIB)	
	1990	2000-2002	1990	2002	1990	2003	1990	2003
	1 Norvège	7,0	7,6	8,0	8,0	2,9	2,0	
10 États-Unis	5,1	5,7	6,6	6,6	5,3	3,8		
20 Allemagne	..	4,6	8,6	8,6	2,8	1,4		
63 Brésil	..	4,2	3,6	3,6	2,5	1,6	1,8	11,5
127 Inde	3,7	4,1	1,3	1,3	2,7	2,1	2,6	3,4
158 Nigeria	0,9	..	1,2	1,2	0,9	1,2	11,7	2,8
174 Mali	..	..	2,3	2,3	2,1	1,9	2,8	1,8
177 Niger	3,2	2,3	2,0	2,0	..	..	4,0	1,2

TABLEAU 26 : Priorités dans les dépenses publiques (PNUD, 2005)

Classement selon l'IDH	Consommation De combustibles traditionnels (en % du total de l'énergie consommée)	Consommation d'électricité par habitant (kilowatts/heure)		OMD Unités de PIB produites par kg d'équivalent pétrole (PPA 2000)		OMD Émissions de dioxyde de carbone		Ratification des traités sur l'environnement						
		1980	2002	1980	2002	Par habitant (en tonne)	Part dans le total mondial (%)	Protocole De Carthage sur les risques biologiques	Convention cadre sur les changements climatiques	Protocole de Kyoto à la Convention cadre sur les changements climatiques	Convention sur la diversité biologique			
		2002	1980	2002	1980	2002	1980	2002	2000					
1 Norvège	..	22400	26640	4,6	6,1	10,6	12,2	0,2						
10 États-Unis	3,6	10336	13 456	2,8	4,4	20,0	20,1	24,4						
20 Allemagne	..	..	6 989	3,9	6,2	..	9,8	3,4						
63 Brésil	26,7	1145	2183	7,4	6,8	1,5	1,8	1,3						
127 Inde	20,0	173	569	3,3	5,0	0,5	1,2	4,7						
158 Nigeria	46,4	108	148	1,4	1,3	1,0	0,4	0,2						
174 Mali	85,0	15	33	..	..	0,1	(.)	(.)						
177 Niger	85,3	39	40	..	..	0,1	0,1	(.)						

TABLEAU 27 : Energie et Environnement (PNUD, 2005)

Systeme Aquifere d'Iullemeden

Tome I – Analyse diagnostique transfrontaliere

La demarche Analyse diagnostique transfrontaliere, preconisee par le Fonds pour l'environnement mondial pour les Eaux internationales, a ete appliquee aux ressources en eau du Systeme aquifere d'Iullemeden ; c'est une premiere sur le continent africain.

Il s'agit d'une evaluation objective des faits scientifiques et techniques basee essentiellement sur l'utilisation de la meilleure information disponible et verifiee. Elle est effectuee de facon trans-sectorielle en se focalisant sur les problemes transfrontaliers sans ignorer les preoccupations et les priorites nationales. L'ADT sert a determiner l'importance relative des sources, des causes et ses impacts sur les problemes transfrontaliers en matiere d'eau. Ses objectifs sont :

- ▶▶ d'identifier, quantifier et fixer des priorites pour les problemes environnementaux qui ont un caractere transfrontalier ;
- ▶▶ d'identifier leurs causes immediates, fondamentales et profondes.

Les principales etapes de l'ADT sont : 1) l'analyse des impacts et consequences de chaque probleme transfrontalier ; 2) la priorisation finale des problemes transfrontaliers ; 3) l'analyse des chaines causales et l'analyse de la gouvernance ; 4) la production et l'adoption du document complet de l'ADT par le comite de pilotage.

L'ADT a identifie trois risques majeurs transfrontaliers : (a) la diminution de la ressource, (b) la degradation de la qualite des eaux, et (c) les impacts de la variabilite/changements climatiques. Cela a evidemment necessite le developpement d'une base de donnees regroupant plus de 17 200 points d'eau, un systeme d'information geographique et un modele mathematique. Ce dernier a, entre autres, mis en evidence la surexploitation de la ressource a partir de 1995 et une interconnexion entre le fleuve Niger et les eaux souterraines. Dans un souci de bonne gouvernance de cette ressource commune strategique, les pays concernes ont adopte un protocole d'accord pour mettre en place un cadre juridique de concertation pour une gestion concertee et une exploitation equitable et rationnelle

- Tome II : Base de donnees commune
- Tome III : Modele hydrogeologique
- Tome IV : Gestion participative des risques transfrontaliers
- Tome V : Suivi-evaluation des aquiferes transfrontaliers

Partenaires



Mali

Niger

Nigeria



AIEA



ESA



FAO



FEM



Unesco



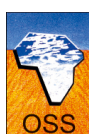
PNUE

Edité

avec le soutien financier de



giz



Observatoire du Sahara et du Sahel

Bd du Leader Y. Arafat, BP 31, 1080 Tunis Carthage, Tunisie

Tel. : [+216].71.206.633 - Fax : [+216].71.206.633

URL : www.oss-online.org - Email : boc@oss.org.tn