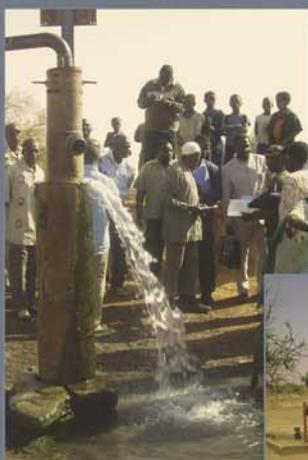


SYSTÈME AQUIFÈRE D'IULLEMEDEN

GESTION CONCERTÉE DES RESSOURCES EN EAU PARTAGÉES D'UN AQUIFÈRE
TRANSFRONTALIER SAHÉLIEN



Collection Synthèse

n° 2

SYSTÈME AQUIFÈRE D'IULLEMEDEN (MALI, NIGER, NIGERIA)

**Gestion concertée des ressources en eau partagées d'un
aquifère transfrontalier sahélien**

Tunis, 2008

Collection Synthèse

- N° 1 Système aquifère du sahara septentrional (Algérie, Tunisie, Libye) : gestion commune d'un bassin transfrontalier
- N° 2 Système aquifère d'Iullemeden (Mali, Niger, Nigeria) : gestion concertée des ressources en eau partagées d'un aquifère transfrontalier sahélien
- N°3 La surveillance à long terme en réseau circum-saharien : l'expérience Roselt/OSS

Copyright © Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS), 2008

Système aquifère d'Iullemeden (Mali, Niger, Nigeria) : gestion concertée des ressources en eau partagées d'un aquifère transfrontalier sahélien\ OSS. _ Collection Synthèse n° 2. _ OSS : Tunis, 2008. _ 33 pp.

ISBN : 978-9973-856-28-9

Photos de la couverture : M. Mohamadou Ould Baba Sy © OSS

●●● REMERCIEMENTS

Ce document a été réalisé sous la supervision de M. Youba Sokona, Secrétaire exécutif de l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS) et de M. Ousmane S. Diallo, Coordinateur du programme Eau de l'OSS. Il émane du travail conséquent mené par l'OSS, en partenariat avec le Mali, le Niger, le Nigeria, la FAO, le PNUE, l'AIEA et l'ESA sur le système aquifère d'Iullemeden (SAI), depuis 2004, sous la coordination scientifique et technique de M. Abdelkader Dodo.

Ont participé à ce travail M. Abdelkader Dodo M. Mohamadou Ould Baba Sy, M. Charles Baubion, M. Ousmane S. Diallo et M. Ahmed Mamou. Ce travail est l'aboutissement de leurs efforts conjugués.

Nous souhaitons, d'autre part, remercier vivement M. Amadou Zanga Traoré, Professeur à l'Ecole nationale d'ingénieurs de Bamako (Mali) et M. Abdou Guéro, Directeur des Ressources en eau au Ministère de l'Hydraulique du Niger qui nous ont éclairés de leurs précieux commentaires et corrections.

Nous sommes aussi particulièrement redevables à Mme Tharouet Elamri, qui a efficacement contribué à la relecture et à la clarté de ce texte, ainsi qu'à Mme Olfa Othman dont les efforts de maquette et de mise en page ont permis que vous ayez entre les mains un document agréable à lire et à consulter.

Que tous trouvent en ce travail, le fruit de leur franche collaboration.

●●● **SOMMAIRE**

INTRODUCTION	7
PROBLÉMATIQUE DU SYSTÈME AQUIFÈRE D'IULLEMEDEN (SAI)	9
LES RESULTATS SCIENTIFIQUES OBTENUS	13
1- Support cartographique commun	13
2- Base de données et Système d'information géographique	14
3- Apport de la télédétection dans l'amélioration de la connaissance des aquifères partagés	16
4- Dynamique des écoulements souterrains dans le SAI	17
5- Modèle mathématique du SAI	18
MÉCANISME DE CONCERTATION ENTRE LES TROIS PAYS	21
1- Analyse diagnostique transfrontalière (ADT)	21
2- Mécanisme de concertation entre les trois pays	23
CONCLUSION	27
BIBLIOGRAPHIE	29
LISTE DES ACRONYMES	31
PARTENAIRES DU SAI	33

●●● INTRODUCTION

Le système aquifère d'Iullemeden, partagé par le Mali, le Niger et le Nigeria, désigne un ensemble de dépôts sédimentaires renfermant deux grands aquifères : le Continental Intercalaire (CI) à la base, et le Continental Terminal (CT) au sommet. Il s'étend sur une superficie d'environ 500 000 km² et constitue la principale source d'eau pérenne pour la grande majorité des populations de cette région. Les ressources en eau du système aquifère d'Iullemeden (SAI) sont considérables mais peu renouvelables. Une partie de l'eau de la nappe supérieure du Continental Terminal est renouvelée par les apports issus des eaux pluviales et du réseau hydrographique (mares, cours d'eau temporaires). En revanche, la nappe profonde du Continental Intercalaire, avec ses affleurements réduits, est très peu renouvelable et se trouve donc exposée à une exploitation minière.

Ces ressources en eau sont aujourd'hui menacées par les conséquences de la surexploitation, telles que la baisse du niveau piézométrique, de la dégradation de leur qualité, ainsi que par les impacts de la variabilité et des changements climatiques. En effet, les estimations réalisées par l'OSS dans le cadre du projet « Gestion des risques hydrogéologiques dans le système aquifère d'Iullemeden » montrent qu'au cours des trente dernières années, les prélèvements sur les ressources en eau de ce système sont passés de 50 millions de m³ en 1970 à 180 millions de m³ en 2004, en particulier sous la pression d'une démographique galopante (environ 6 millions d'habitants en 1970 pour 15 millions en 2000 et probablement le double en 2025). Le nombre d'ouvrages de captage est passé de quelques centaines de points d'eau durant la décennie 1940-1950 à près de 17 200 points d'eau en 2007.

Les premières simulations réalisées avec le modèle mathématique du SAI ont mis en évidence de façon plus précise les zones à risques de surexploitation. Elles ont permis également de quantifier la contribution des eaux souterraines dans

les écoulements annuels du fleuve Niger. Le présent document synthétise les principaux résultats obtenus dans le cadre du projet « Gestion des risques hydrogéologiques dans le système aquifère d'Iullemeden ». Ces résultats offrent une opportunité au Mali, au Niger et au Nigeria de se doter pour la première fois d'outils pertinents d'aide à la décision dans une perspective de développement durable et d'exploitation raisonnée et concertée de leurs ressources en eau partagées.

●●● PROBLÉMATIQUE DU SYSTÈME AQUIFÈRE D'IULLEMEDEN (SAI)

Le système aquifère d'Iullemeden (SAI) est situé dans la zone aride et semi-aride de l'Afrique de l'Ouest (fig. 1). Il s'étend entre les latitudes 10°30' et 19°40' Nord et les longitudes 0°50' et 9°20' Est et couvre une superficie de plus de 500 000 km² dont 31 000 km² au Mali, 434 000 km² au Niger et 60 000 km² au Nigeria. Il est traversé par le fleuve Niger et certains de ses affluents dont le Goulbi de Maradi (ou Rima River).

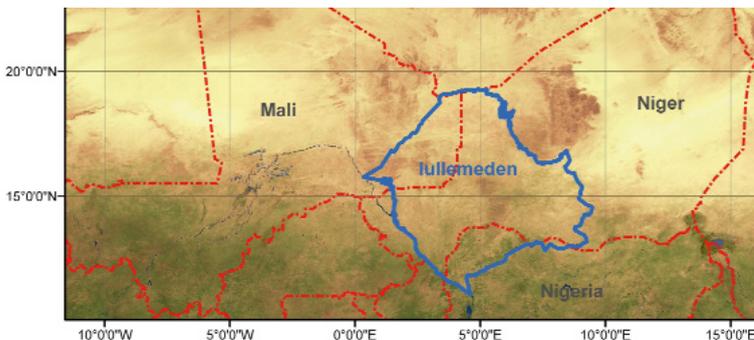
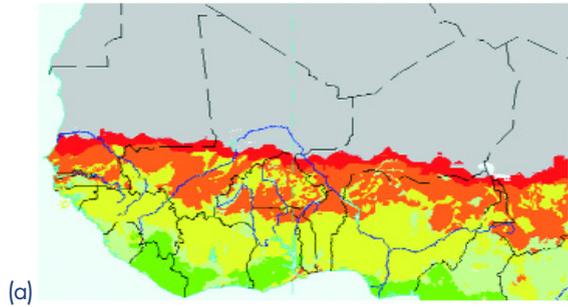


Figure 1: Situation géographique du système aquifère d'Iullemeden (SAI)

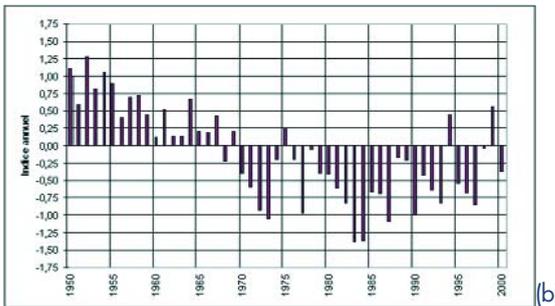
Source : ESA TIGER - AQUIFER Project, 2007

Le système aquifère d'Iullemeden se trouve dans une des régions du globe les plus vulnérables aux phénomènes des changements climatiques, de la désertification et de la sécheresse, qui compromettent notamment la recharge des aquifères (fig. 2a). En effet, une sécheresse persistante touche l'Afrique de l'Ouest depuis les années 1970 (fig. 2b), elle se manifeste notamment par une baisse de la pluviométrie de l'ordre 20 à 30 %, entraînant une diminution des écoulements de surface d'environ 20 à 50 %, et par l'ensablement et l'installation de cordons dunaires notamment dans le réseau hydrographique.

Figure 2a : Carte de vulnérabilité à la désertification.
 Echelle de vulnérabilité :
 Vert = Faible ;
 Jaune = Modéré ;
 Orange = Elevé ;
 Rouge = Très élevé.



(a) Source : Department of agriculture, Washington D.C. 1998



(b) Source : Hote et al., 2002

Figure 2b : Evolution de la pluviométrie dans le Sahel (1950-2000).

Sous la pression croissante de la demande en eau, les prélèvements en eau à partir des nappes du Continental Intercalaire (CI) et du Continental Terminal (CT) se sont intensifiés de façon conséquente depuis plus de 40 années. Ces ressources constituent en effet la principale source d'alimentation en eau pérenne pour les populations de cette région qui n'ont cessé de s'accroître sur cette période. Les usages agricoles à travers l'élevage notamment, et industriels en particulier dans le secteur minier, ont aussi participé à l'accroissement des prélèvements dans le CI et le CT. Par ailleurs, la qualité des eaux souterraines se dégrade à cause des pollutions d'origines diverses. Par exemple, l'appel d'eaux de plus en plus profondes, qui sont minéralisées, engendrent des maladies hydriques notamment les fluoroses osseuses et dentaires (plus de 600 enfants atteints, irrémédiablement déformés).

Les pays réalisent des ouvrages de captage et exploitent les ressources en eau communes du bassin sans concertation. En fait, ils méconnaissent la dynamique des écoulements souterrains à l'échelle du bassin transfrontalier. Malgré la présence d'organismes et d'autorités de bassin dans cette sous-

région, telle que l'Autorité du bassin du Niger dont la mission est de gérer les eaux de surface transfrontalières du fleuve Niger, il n'existe pas d'accord ni de structure visant spécifiquement le SAI et à même de guider et de conseiller les pays pour définir et suivre la mise en œuvre d'une stratégie de gestion concertée de cette ressource partagée.

A la lumière de tous ces enjeux, la nécessité de mener une étude globale et conjointe entre les trois pays sur les ressources en eau partagées du SAI s'est avérée primordiale. C'est pourquoi l'Observatoire du Sahara et du Sahel, dans la ligne de sa stratégie 2010, et au vu de son expérience sur la gestion concertée des aquifères transfrontaliers d'Afrique - notamment le système aquifère du Sahara septentrional (SASS) partagé entre l'Algérie, la Libye et la Tunisie - a constitué un partenariat avec les trois pays pour engager un processus de coopération autour des ressources en eau du SAI.

Le projet intitulé « Gestion des risques hydrogéologiques dans le système aquifère d'Iullemeden » a ainsi démarré en janvier 2004, financé par le Fonds pour l'Environnement Mondial, l'Unesco, la FAO, l'Agence internationale de l'énergie atomique, l'Agence spatiale européenne. Les activités sont réalisées par les équipes nationales des pays concernés, regroupées en comités nationaux de coordination et de suivi des activités du projet, et l'OSS facilite la mise en œuvre du projet. Les principaux résultats, qui ont considérablement amélioré la connaissance dont le Mali, le Niger et le Nigeria disposaient sur ces ressources en eau partagées, sont présentés ci-après.

●●● **LES RESULTATS SCIENTIFIQUES OBTENUS**

Le projet SAI a permis une amélioration notable de la connaissance du fonctionnement du SAI et la constitution d'outils communs. C'est grâce à cette connaissance et à l'aide de ces outils que les pays pourront ensuite s'organiser pour gérer ensemble ces ressources partagées. Seront ainsi précisés dans cette partie la structure du système aquifère d'Iullemeden, la Base de données et le Système d'information géographique qui ont été créés pour rassembler toutes les informations collectées et permettre de diagnostiquer la dynamique de la ressource, grâce notamment au modèle hydrodynamique qu'ils alimentent.

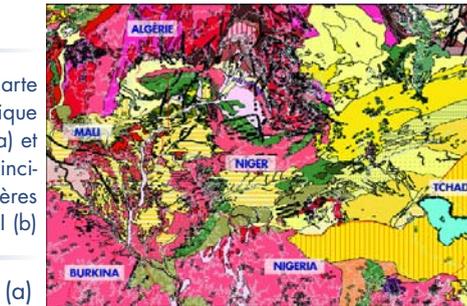
1- Support cartographique commun

Une description fine de la structure géologique de la zone a permis de mieux comprendre le système aquifère d'Iullemeden. A partir d'une carte topographique de référence et d'une carte géologique numérisée (fig. 3a), les limites naturelles du système, basées sur les affleurements géologiques, ont pu être précisées (fig. 3b).

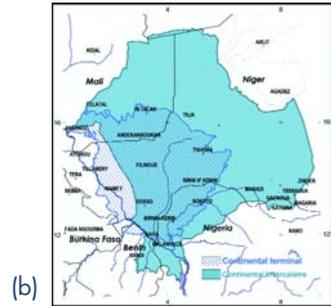
Une analyse de la géologie fondée sur des coupes lithostratigraphiques et des logarithmes de forages a permis d'affiner la compréhension de la géologie. Vu le besoin d'assurer la continuité hydraulique entre les différentes parties du bassin lors du passage d'un pays à l'autre au sein du SAI, le schéma d'ensemble simplifié qui a été choisi représente le système en deux aquifères principaux, le Continental Intercalaire et le Continental Terminal. Le Continental Terminal groupant les séries aquifères du Tertiaire, et intégrant également les nappes phréatiques logées dans les alluvions quaternaires, représente le premier niveau aquifère généralisé et s'étend sur environ 203 000 km². Le second niveau aquifère sur lequel repose le Continental Terminal avec une surface de l'ordre de 486 000 km² correspond au Continental Intercalaire et regroupe localement le niveau supérieur du Crétacé inférieur. Ces deux principaux aquifères sont séparés par un aquitard principalement

constitué des formations paléocènes et éocènes et qui englobe localement (au Mali par exemple) une partie du Crétacé supérieur.

Figure 3 : Carte géologique numérique (a) et limites des principaux aquifères du SAI (b)



Source : OSS, oct. 2007



Source : OSS, déc. 2007

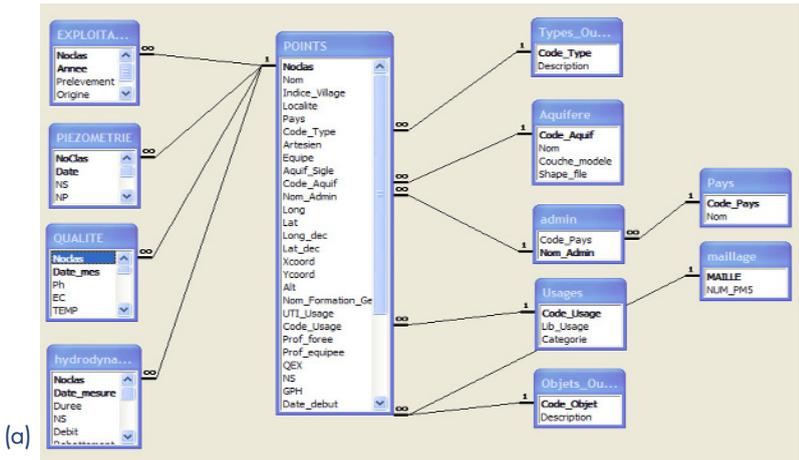
Ainsi, le système aquifère d'Iullemeden sera ramené, en première phase de sa conceptualisation, à un « bi-couche » d'une extension régionale à structure en cuvette avec épaissement des couches au centre du bassin et réduction d'épaisseur vers les bordures. On notera aussi que le flanc occidental du SAI est largement affecté par une faille régionale dont le tracé est parallèle au cours d'eau du fleuve Niger.

2- Base de données et Système d'information géographique

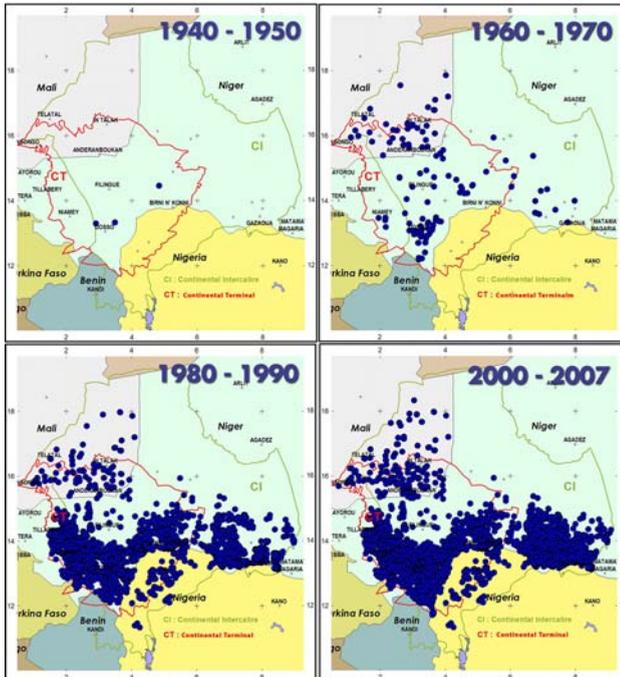
La Base de données commune au SAI regroupe les données collectées dans les trois pays. Ces données se rapportent à la climatologie, à l'hydrologie, à la géologie et à l'hydrogéologie du SAI. Les données hydrogéologiques concernent près de 17 200 points d'eau inventoriés, soit 740 au Mali (4 %), 16 170 au Niger (94 %) et 300 au Nigeria (2 %). Ces données ont été rassemblées, structurées, organisées et stockées dans une base de données relationnelle (fig. 4a) commune aux trois pays afin de faciliter leur exploitation.

Un Système d'information géographique a été couplé à la Base de données afin de produire des cartes thématiques qui facilitent le traitement de l'information et permettent de mieux visualiser l'information, proposant ainsi de véritables outils d'aide à la décision (fig. 4b). Il s'agit, entre autres, des cartes d'évolution décennale du nombre de points d'eau, des cartes piézométriques, des cartes de transmissivité, des corrélations géologiques et hydrogéologiques. On peut ainsi visualiser l'augmentation très nette des points de prélèvements en eau sur le système aquifère d'Iullemeden au cours des 40 dernières années en particulier le passage de la décennie 1960-1970 à la décennie 1980-1990, qui a été proclamée par l'Assemblée générale des Nations unies en 1980 « Décennie internationale pour

l'eau potable et l'assainissement (DIEPA) ». Les Etats se sont engagés alors à améliorer pendant cette période les normes et la qualité des services d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement, notamment par la réalisation de nombreux points d'eau.



Source : OSS, oct. 2007



Source : OSS, oct. 2007

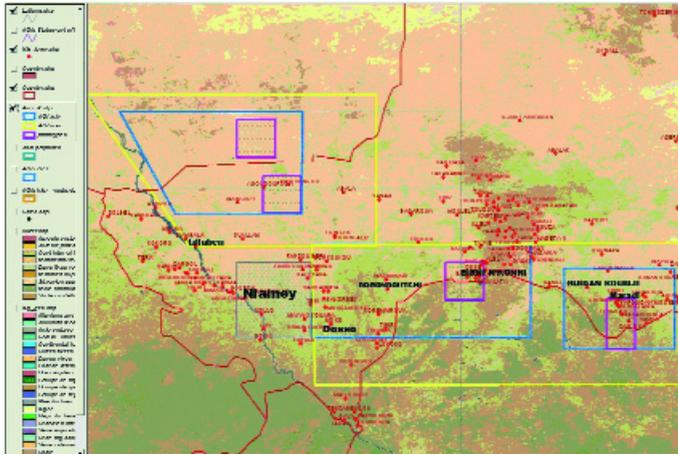
Figure 4 : Structure de la Base de données relationnelle du SAI (a), et carte de répartition des points d'eau par décennie dans le SAI (b)

3- Apport de la télédétection dans l'amélioration de la connaissance des aquifères partagés

En plus des données rassemblées par les trois pays, les données issues des images des satellites d'observation de la Terre ont permis, dans le cadre du projet Aquifer, d'obtenir des informations additionnelles, grâce au soutien de l'Agence spatiale européenne, et à la participation active des pays, et du centre régional Agrhymet basé à Niamey. Des zones d'études pilotes ont ainsi été sélectionnées dans le SAI (fig. 5), sur lesquelles on a pu obtenir les résultats suivants :

- la carte d'occupation des sols sur les sites pilotes de Banibangou au Niger, Birni n'Konni et Maradi sur la frontière nigéro-nigériane à l'aide d'images Landsat et Alsat ;
- la carte de la dynamique des eaux de surface sur les sites pilotes de Banibangou, de Birni N'Konni et de Maradi, à partir d'images radar ERS/SAR et ENVISAT/ASAR ;
- les Modèles numériques de terrain, d'abord sur le site de Banibangou, puis à l'échelle du bassin du SAI à partir d'images radar ERS/SAR ;
- la carte du bilan en eau du SAI (recharge des aquifères) produite à partir de la carte d'évapotranspiration et celle des précipitations du SAI pour l'année 2005.

L'ensemble de ces résultats a fourni des informations précieuses pour mieux comprendre le système sur des zones pilotes, mais surtout, ce travail pilote a permis d'apprécier précisément le potentiel de la télédétection pour évaluer le comportement d'un système aquifère tel que le SAI. De plus, ce projet a réalisé des formations sur les principes et les outils de la télédétection aux différentes administrations en charge de la gestion de l'eau du SAI dans les trois pays, ceci afin d'améliorer leurs capacités de suivi des ressources en eau, notamment à travers l'analyse de l'occupation du sol. A terme, une utilisation plus globale de la télédétection sur l'ensemble du SAI permettra ainsi d'améliorer les estimations de la demande en eau du secteur agricole.



Source : ESA TIGER - AQUIFER Project, 2007

Figure 5 : Représentation des zones d'intervention dans l'espace SAI

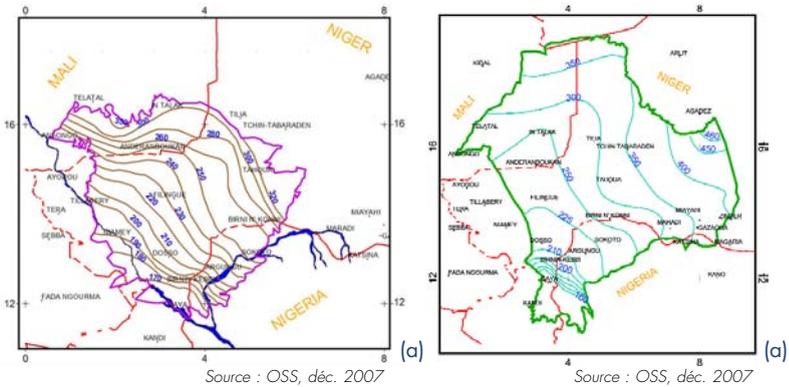
4- Dynamique des écoulements souterrains dans le SAI

Les activités réalisées dans le cadre du projet SAI ont réellement permis d'améliorer la connaissance hydrodynamique du bassin dans son ensemble. Sur la base des travaux antérieurs et des données nouvellement acquises, les cartes piézométriques de l'état initial (1970, année de référence) du Continental Intercalaire (CI) et du Continental Terminal (CT) ont pu être élaborées. L'état initial caractérise l'état d'équilibre du système aquifère non perturbé par les prélèvements.

Ces cartes piézométriques, qui constituent aussi des produits du Système d'information géographique, permettent de visualiser les directions des écoulements souterrains de l'aquifère considéré. Ainsi, l'examen de la carte piézométrique du Continental Terminal (fig. 6a) met en évidence les principaux axes de drainage de la nappe du CT orientés nord-ouest sud-est et nord-est sud-ouest. Les zones d'alimentation se localisent sur les périphéries nord-est (au Niger), et nord-ouest (au Mali, bassin de Taoudéni), ainsi qu'au sud avec les apports du Goulbi de Maradi (ou la rivière Rima). Les eaux souterraines s'écoulent principalement du nord-ouest, du nord et du nord-est, vers le sud. Les zones exutoires sont principalement le fleuve Niger et le Goulbi de Maradi, l'un de ces affluents.

Quant à la carte piézométrique du Continental Intercalaire (fig. 6b), elle montre que les principales zones d'alimentation sont les massifs du Hoggar au nord, et le Goulbi de Maradi au sud. Les eaux souterraines s'écoulent principalement du nord, du nord-ouest et du nord-est, vers le sud. L'exutoire principal de la nappe du CI est constitué par le fleuve Niger.

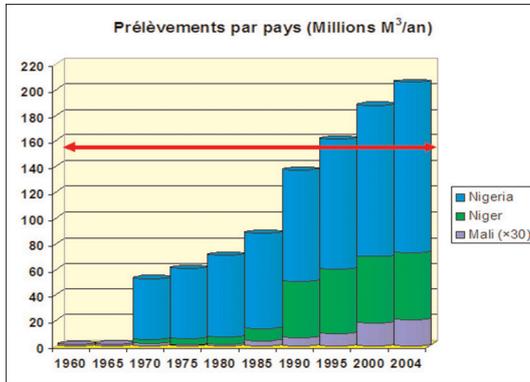
Figure 6 :
Carte piézo-
métrique du CT
et du CI en
1970



5- Modèle mathématique du SAI

Grâce à l'ensemble des données récoltées et rassemblées ainsi qu'à une meilleure compréhension du système, le SAI a pu être représenté dans un modèle mathématique, et ses ressources en eau et leur dynamique ont pu être modélisées. Le modèle hydrodynamique du SAI élaboré permet de réaliser des simulations et de formuler des prévisions. Le comportement du système a été simulé d'abord pour la période allant de la situation initiale de 1970 à l'année 2004 compte tenu de la disponibilité des données, et a permis le calage du modèle. Le modèle a livré les premiers résultats sur la dynamique des écoulements souterrains, sur les estimations de l'état d'exploitation des ressources en eau souterraines, et sur l'évolution des rabattements dans les deux aquifères. Ces résultats sont les suivants :

- précision du bilan en eau du système aquifère d'Iullemeden à la situation initiale de 1970 ;
- mise en évidence et quantification du soutien des écoulements du fleuve Niger par les eaux souterraines et inversement. Le fleuve Niger reçoit environ **46 millions m³/an** à partir du Continental Intercalaire et **79 millions m³/an** du Continental Terminal, soit un total annuel de **125 millions m³**. Le Goulbi de Maradi, un affluent du fleuve, apporte environ **20 millions m³/an** au Continental Intercalaire et reçoit près de **12 millions m³/an** à partir du Continental Terminal avant sa confluence avec le fleuve Niger ;
- mise en évidence de la surexploitation dont le seuil a été franchi en 1995, année à partir de laquelle les prélèvements estimés à **152 millions m³/an** excèdent la recharge (ligne rouge) estimée à **150 millions m³/an** en 1970 (fig. 7).



Source : OSS, déc. 2007

Figure 7 : Le seuil de surexploitation a été franchi en 1995

Les résultats issus de ces simulations ont montré que les rabattements sont négligeables dans le Continental Terminal (CT) avec un maximum de 5 mètres en 34 ans (1970-2004) localisé dans le secteur du Goulbi de Maradi (fig. 8a). En revanche, pour le Continental Intercalaire (CI), les rabattements les plus importants se localisent dans la partie orientale du bassin centré sur la localité de Birni N'Konni avec un maximum de 62 mètres de rabattement pour la même période (fig. 8b). Ces résultats nous ont éclairé sur la complexité du système et sont de nature à modifier les premières idées jusque-là retenues d'une ressource en eau souterraine sous-exploitée.

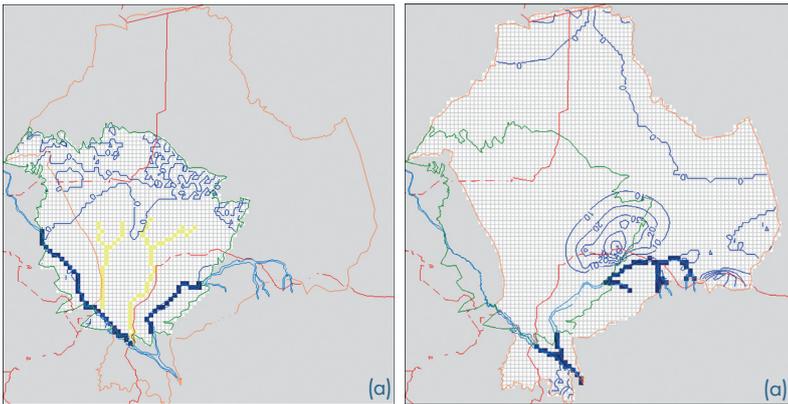


Figure 8 : Rabattements dans le CT (a) et dans le CI (b) en 2004

Source : OSS, déc. 2007

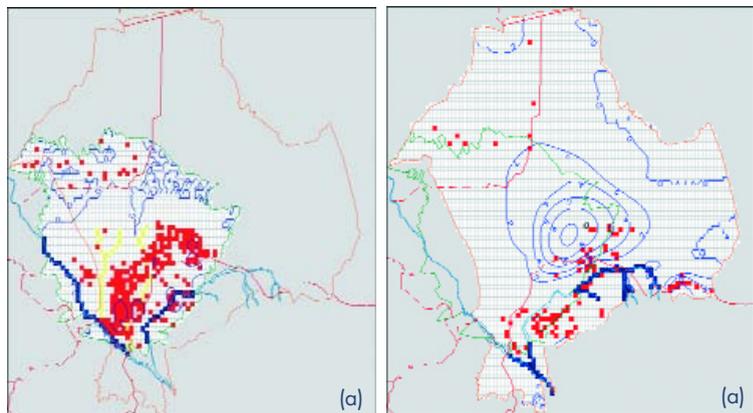
Simulations exploratoires

Sur la base de ces résultats, le comportement du système a été simulé pour la période 2004-2025, fondé sur l'hypothèse zéro qui constitue la référence incontournable

pour pouvoir estimer l'effet de tout prélèvement additionnel. Cette hypothèse consiste à maintenir constants les prélèvements effectués en 2004 (soit 180 millions m³/an) et simuler leur impact sur la ressource à l'horizon 2025.

Les résultats de cette simulation prévisionnelle font état de 2 mètres de rabattement additionnels pour le Continental Terminal (fig. 9a) à l'horizon 2025. Ce rabattement relativement faible s'explique en fait par la recharge annuelle reçue par cette nappe à partir de l'infiltration directe des eaux de pluies et des apports du fleuve Niger. En revanche, pour le Continental Intercalaire qui est quasi confiné, les rabattements additionnels obtenus en 2025 sont de 10 mètres (fig. 9b). Les ressources en eau du Continental Intercalaire étant peu renouvelées, cette nappe est menacée d'une exploitation minière.

Figures 9 :
Rabattements additionnels dans le CT (a) et dans le CI (b) à l'horizon 2025



Source : OSS, déc. 2007

Par ailleurs, les simulations prévisionnelles réalisées pour l'horizon 2025 ont mis en évidence **les zones les plus vulnérables** aux prélèvements additionnels (fig. 9) 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.

●●● **MÉCANISME DE CONCERTATION ENTRE LES TROIS PAYS**

Au-delà du travail technique conjoint, les enjeux autour du SAI nécessite une coopération très étroite entre le Mali, le Niger, et le Nigeria, afin d'aboutir à une gestion commune de cette ressource partagée. A cet effet, la méthodologie de l'Analyse diagnostique transfrontalière développée par le FEM a été utilisée, et sera décrite ici. Parallèlement, des réflexions sur la création d'un mécanisme de concertation entre les trois pays ont aussi été menées.

1- Analyse diagnostique transfrontalière (ADT)

1.1- Méthodologie de l'ADT

Les risques transfrontaliers susceptibles d'affecter les eaux souterraines du Continental Intercalaire et du Continental Terminal ont été analysés à travers la démarche ADT/PAS (Analyse diagnostique transfrontalière/Programme d'action stratégique) du FEM pour les Eaux internationales adapté aux eaux souterraines transfrontalières du système aquifère d'Iullemeden. L'Analyse diagnostique transfrontalière est une analyse d'étude des faits scientifiques et techniques qui sert à déterminer l'importance relative des sources, des causes et des impacts sur les problèmes transfrontaliers en matière d'eau. En d'autres termes, l'Analyse diagnostique transfrontalière se base sur les informations techniques et scientifiques disponibles et vérifiées, pour examiner l'état de l'environnement et les causes profondes de sa dégradation. L'analyse est effectuée de façon trans-sectorielle en se focalisant sur les problèmes transfrontaliers sans ignorer les préoccupations et les priorités nationales. Quant au Programme d'action stratégique (PAS), c'est un document de politiques négociées qui doit identifier les réformes politiques, légales et institutionnelles et les investissements requis pour résoudre les

problèmes prioritaires transfrontaliers. Le PAS établit des priorités claires pour agir et résoudre les problèmes transfrontaliers prioritaires qui sont identifiés dans l'ADT. L'approche ADT/PAS préconisée par le FEM est aussi participative. Elle prend en compte toutes les parties prenantes concernées par les problèmes transfrontaliers à analyser.

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 étrangères 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.

1.2- Les risques identifiés

Les risques transfrontaliers qui menacent les ressources en eau, analysés par les CNCS et les consultants nationaux, et sur la base des investigations menées par l'équipe OSS, ont ainsi été identifiées ; ils concernent l'impact des changements climatiques et notamment des événements extrêmes tels que les sécheresses et les inondations, la déforestation, la surexploitation des ressources en eau, le déclin de l'artésianisme, la pollution des eaux, la salinisation des sols, l'inadéquation des réseaux de suivi des aquifères et l'exploitation non concertée des ressources en eau. Une analyse plus précise de ces risques a ensuite été conduite afin d'établir des priorités. Il s'agissait notamment de s'assurer 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. 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 probablement 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. Cette priorisation détaillée des risques transfrontaliers a été effectuée avec les pays et l'équipe du projet de l'OSS. 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.

Les risques transfrontaliers prioritaires identifiés par l'Analyse diagnostique transfrontalière sur l'aquifère d'Iullemeden

1. la diminution de la ressource en eau : elle est due aux effets conjugués des prélèvements progressifs, de la réduction de la recharge des aquifères à cause de la diminution de la pluviosité ;
2. 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) ;
3. les impacts de 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.

2- Mécanisme de concertation entre les trois pays

Face à ces risques majeurs transfrontaliers qui menacent leurs ressources communes, les pays qui se partagent le SAI ont reconnu la nécessité de conjuguer leurs efforts pour les maîtriser, sinon les réduire. En effet, à la suite d'un diagnostic de l'état des connaissances sur les textes juridiques et institutionnels, les accords bilatéraux et multilatéraux, les institutions et organisations sous-régionales (ABN, CBLT, ALG), **les pays ont constaté qu'il n'existe pas d'accord ni de structure visant spécifiquement le SAI, ni au niveau bilatéral, ni au niveau trilatéral, à même de les guider et de les conseiller pour définir**

et suivre la mise en œuvre d'une stratégie de gestion concertée des aquifères transfrontaliers. Ces accords ainsi que ces institutions interétatiques traitent de la gestion des ressources en eau du SAI de façon marginale et indirecte.

Au fur et à mesure de la réalisation des activités du projet et de l'obtention des résultats et produits communs, l'appétence d'une gestion concertée s'est progressivement forgée entre les équipes nationales. La concertation scientifique et technique, instaurée entre les pays, a encouragé l'échange de données et d'informations pour améliorer la connaissance du Système. Au cours des ateliers nationaux et régionaux, les pays ont reconnu le besoin d'engager le processus d'identification et de mise en place d'un mécanisme de concertation pour la gestion efficace des ressources en eaux souterraines du système aquifère d'Iullemeden. Ce mécanisme doit être bien défini dans sa mission et sa structure afin de mieux coordonner la gestion concertée des ressources du SAI avant que celles-ci ne se trouvent dans une situation de stress hydrique. C'est ainsi qu'au cours de l'atelier régional tenu au siège de la FAO à Rome les 19 et 20 octobre 2006, les pays ont unanimement reconnu et adopté la création et la mise en place de la structure du mécanisme de concertation.

Dans sa *phase transitoire*, le mécanisme de concertation s'appuiera sur les organismes nationaux existants, et devrait être abrité par une institution sous-régionale existante. La structure du mécanisme de concertation (fig. 10) est composée de :

- **un comité de pilotage tripartite** au niveau politique ;
- **un comité scientifique/technique** dans chaque pays dont la présidence sera assurée par le chef de la direction chargée de l'hydraulique ;
- un **secrétaire** nommé par les pays, jouant le rôle de « **facilitateur** ».

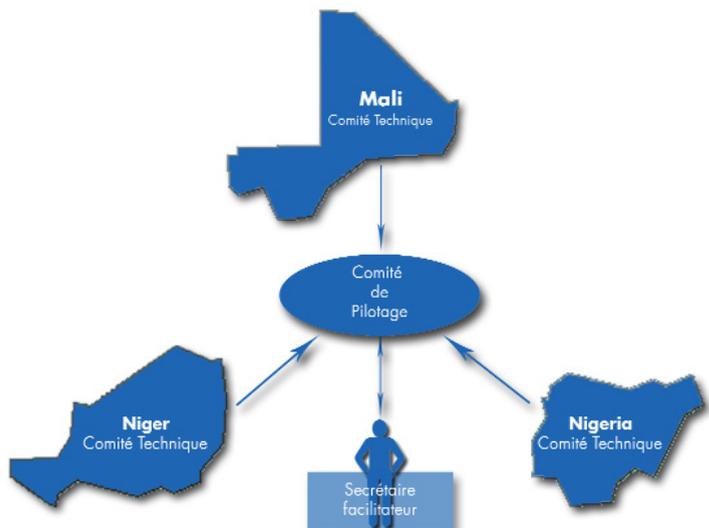


Figure 10 : Schéma du mécanisme transitoire du SAI

Source : Nanni, 2005

Les principales attributions du mécanisme sont les suivantes :

- amélioration et mise à jour de la base de connaissances commune. A cette fin, (i) il définira un programme initial de suivi et d'évaluation relatif aux eaux du SAI (aspects quantitatifs et qualitatifs), à l'utilisation et à la dégradation des terres dans les zones de recharge de l'aquifère, (ii) il veillera à l'harmonisation des procédures et méthodologies relatives au suivi et à la collecte des données, et (iii) il définira des lignes guide pour la maintenance de la base de données commune.
- définition de méthodologies pour l'identification des risques auxquels les ressources en eau et les ressources naturelles reliées sont exposées ;
- identification des zones vulnérables du SAI, et élaboration des cartes s'y référant ;
- préparation d'un climat favorable à la création, à la fin de la période transitoire, du mécanisme de concertation permanent.

●●● CONCLUSION

Les ressources en eau du système aquifère d'Iullemeden sont exposées à un accroissement des prélèvements. Elles sont menacées par la baisse du niveau piézométrique, la dégradation de leur qualité et les impacts néfastes de la variabilité et des changements climatiques.

Les principaux résultats et produits obtenus dans le cadre de la présente étude offrent une opportunité au Mali, au Niger et au Nigeria, de se doter pour la première fois d'outils pertinents d'aide à la décision. Il s'agit notamment de la carte topographique et géologique numérisée à l'échelle du bassin, la Base de données commune, le Système d'information géographique commun, le modèle mathématique commun.

Ces outils ont permis de :

- améliorer la connaissance de la dynamique des écoulements souterrains,
- préciser le bilan en eau du système,
- confirmer et quantifier le soutien des écoulements du fleuve Niger par l'apport des nappes du Continental Terminal et du Continental Intercalaire, et
- identifier les zones vulnérables aux prélèvements additionnels.

Au cours de la réalisation des activités de cette première phase du projet, un climat de partenariat technique et scientifique s'est progressivement installé entre les équipes nationales qui ont reconnu la nécessité d'engager le processus d'identification et de mise en place d'un mécanisme de concertation pour la gestion efficace de leur ressource commune. En effet, à ce jour, il n'existe pas de structure à même de les guider et de les conseiller pour définir et suivre la mise en œuvre d'une stratégie de gestion concertée des aquifères transfrontaliers.

●●● BIBLIOGRAPHIE

Atahirou Karbo : Mise en place d'un mécanisme tripartite de concertation pour la gestion du Système Aquifère d'Iullemeden. FAO, TCP/RAF/3001, Niamey-Niger, mai 2005, 37 p.

J. A. Hanidu : Transboundary Diagnostic Analysis Sokoto basin in Nigeria. PNUE/GEF, Abuja - Nigeria, décembre 2005; 56 p.

M. Goldface : Etablissement of a Mechanism for consultation in the management of the Iullemeden aquifer system. FAO, TCP/RAF/3001, 51 p.

M. Nanni : Propositions préliminaires portant sur le mécanisme de consultation à l'échelle du SAI. FAO, TCP/RAF/3001, août 2005, 16 p.

M. Sidoro (dec 2005) : Analyse diagnostique transfrontière dans la partie malienne du système aquifère d'Iullemeden. PNUE/GEF, Bamako-Mali, décembre 2005, 140 p.

Me T. Sanogo : Analyse et évaluation de la réglementation nationale de l'eau et des accords bi et/ou multilatéraux en matière de gestion et de mise en valeur des ressources en eau du SAI. FAO, TCP/RAF/3001, Bamako- Mali, mai 2005, 54 p.

N. Kaigama Kiari : Contribution à la formulation des propositions relatives à la structure de concertation tripartite de gestion concertée des ressources en eau du système aquifère d'Iullemeden (SAI). FAO, TCP/RAF/3001, Niamey, Niger, août, 57 p.

N. Kaigama Kiari (2005) : Etat des 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 d'Iullemeden (SAI). FAO, TCP/RAF/3001, Niamey, Niger, février 2006, 41 p.

OSS & ESA. Présentation cartographique des produits AQUIFER, Phase 2. (juin 2006) 35 p.

OSS & ESA/GAF. AQUIFER Users Handbook. (août 2007) 83 p.

OSS & ESA/GAF. Manuel des utilisateurs AQUIFER. (août 2007) 83 p.

OSS : Modèle hydrogéologique du système aquifère d'lullemeden (SAI) - PNUE/GEF, OSS-Tunis - déc. 2007, 97 p. Baba Sy M., Mamou A. Pizzi G.

OSS : Suivi des aquifères transfrontaliers. 30 p.

OSS : Analyse diagnostique transfrontière du système aquifère d'lullemeden (SAI) - rapport régional - PNUE/GEF, OSS, Tunis, mars 2007, 97 p.

OSS : Collecte des données hydrogéologiques du système aquifère d'lullemeden dans la partie nigérienne. PNUE/GEF, Niamey, Niger, janv 07, 12 p. M. Moussa et S. Rabé.

OSS (nov 2007) - Rapport sur la collecte de données hydrogéologiques existantes sur la portion malienne du bassin d'lullemeden. PNUE/GEF ; DNH, Bamako, Mali, nov. 2007, 15 p. Maiga ; D. Bouare ; Y. Boubacar ; D. Bocoum.

OSS : Base de données commune du système aquifère d'lullemeden (SAI) - PNUE/GEF, OSS, Tunis, oct. 2007, 97 p. Baba Sy M., Mamou A. Abdous B.

S. Rabé : Analyse diagnostique transfrontalière dans la partie nigérienne du système aquifère d'lullemeden. PNUE/GEF, Niamey, Niger, décembre 2005, 23 p. et annexes

S. Rabé (pour le CNCS) : rapport du CSCS sur l'analyse diagnostique transfrontalière du système aquifère d'lullemeden. PNUE/GEF, août 2005, 13 p.

Saleh M. Toro : Report on the management of water resources of the lullemeden Aquifer System within Nigeria. FAO, TCP/RAF/3001, 2005 23 p.

●●● LISTE DES ACRONYMES

ABN	Autorité du bassin du Niger
ADT/PAS	Analyse diagnostique transfrontalière / Programme d'action stratégique
AIEA	Agence internationale à l'énergie atomique
AGRHYMET	Agronomie hydrologie météorologie
ALG	Autorité de développement intégré de la région du Liptako-Gourma
ASAR	<i>Advanced Synthetic Aperture Radar</i>
CBLT	Commission du bassin du lac Tchad
CI	Continental Intercalaire
CNCS	Comités nationaux de coordination et de suivi
CT	Continental Terminal
DIEPA	Décennie internationale pour l'eau potable et l'assainissement
ENVISAT	<i>Environment Satellite</i>
ERS	<i>European Remote Sensing Satellite</i>
ESA	<i>European Space Agency</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organisation</i>
FEM	Fonds pour l'environnement mondial
OSS	Observatoire du Sahara et du Sahel
SAI	Système aquifère d'Iullemeden
SAR	<i>Synthetic Aperture Radar</i>
SASS	Système aquifère du Sahara septentrional
UNESCO	<i>United Nations Education Science and Culture Organisation</i>

●●● PARTENAIRES DU SAI

Partenaires nationaux

-  Direction de l'hydraulique, ministère des Mines, de l'Énergie et de l'Eau (Mali)
-  Direction des ressources en eau, ministère de l'Hydraulique, de l'Environnement et de la Lutte contre la désertification (Niger)
-  Direction of Hydrology and Hydrogeology, Federal Ministry of Water Resources (Nigeria)

Partenaires financiers et scientifiques



AIEA



ESA



FAO



GEF



UNESCO



UNEP

SYSTÈME AQUIFÈRE D'IULLEMEDEN

Le système aquifère d'Iullemeden, partagé par le Mali, le Niger et le Nigeria, désigne, dans le cadre de la présente étude, un ensemble de dépôts sédimentaires renfermant deux grands aquifères : le Continental Intercalaire (CI) à la base, et le Continental Terminal (CT) au sommet.

Les ressources en eau du SAI sont considérables mais peu renouvelables. Au cours des trente dernières années, les prélèvements sont passés de 50 millions de m³ en 1970 à 180 millions de m³ en 2004 sous la pression démographique croissante (20 millions d'habitants en 2000, le double en 2025). Le nombre d'ouvrages de captage est passé de quelques centaines durant la décennie 1940-1950 à près de 17 200 forages en 2007.

Ces ressources en eau sont aujourd'hui menacées de risques de surexploitation, de dégradation de leur qualité, et des impacts de la variabilité et des changements climatiques. Les premières simulations réalisées avec le modèle mathématique du SAI ont mis en évidence les zones à risques de surexploitation. Elles ont permis également de quantifier la contribution des eaux souterraines dans les écoulements annuels du fleuve Niger.

Les pays ont reconnu qu'il n'existe pas de structure visant spécifiquement le SAI à même de les guider et de les conseiller pour définir et suivre la mise en œuvre d'une stratégie de gestion concertée des aquifères transfrontaliers. Convaincus que les efforts d'un seul pays ne sauraient réduire ni maîtriser les conséquences de ces risques transfrontaliers, les pays ont convenu de la création et la mise en place de la structure du mécanisme de concertation afin de mieux coordonner la gestion concertée des ressources du SAI.

Agissant comme centre d'impulsion et de facilitation dans la réalisation des activités des projets transfrontaliers par ses pays membres, l'OSS, à travers son approche et sa démarche dynamique et multidisciplinaire en matière de gestion concertée des aquifères transfrontaliers, a initié et met en œuvre le projet SAI.

PARTENAIRES DU SAI



Mali



AIEA



ESA



FAO



Niger



GEF



UNESCO



UNEP



Nigeria

ISBN : 978-9973-856-28-9

Observatoire du Sahara et du Sahel

Boulevard du Leader Yasser Arafat - BP 31 - 1080 Tunis, Tunisie - Tél. : (+216) 71 206 633 - Fax : (+216) 71 206 636

E-mail : boc@oss.org.tn - URL : www.oss-online.org