

Carroll

EE

✓

PROJECT COMPLETION REPORT/RAPPORT D'ACHEVEMENT DE PROJET

Distribution

RECEIVED / REÇU
O. P. E.

Title/Titre **NAPPES SALÉES / SÉNÉGAL**

JUN 11 1991

*File Number/
Numéro de projet* **86-1014**

IDRC / CRDI

*Prepared by/
Préparé par* **Serge Dubé**

	<i>Date</i>	<i>By/par</i>
<i>Original sent to OPE/ Original envoyé au BPE</i>	11 juin 1991	Danielle
<i>Regional Office/ Bureau régional</i>		
<i>Divisional open-shelve/ Présentoir</i>	11 juin 1991	Danielle
<i>Vice-President - Program/ Vice-Président, Programme</i>	11 juin 1991	Danielle
<i>Director/Deputy Director Directeur/Sous-directrice</i>	11 juin 1991	Danielle
<i>Associate Director/ Directeur associé</i>	11 juin 1991	Danielle
<i>Circo division/ Interdivisionnaire</i>	11 juin 1991	Danielle
<i>Other/Autre:</i>		

RAPPORT DE FIN DE PROJET

TITRE: Nappes salées / Sénégal

N° DOSSIER: 3-P-86-1014

RECIPIENDAIRES: 03-Tiers-Monde : Université Cheikh Anta Diop/Dakar
02-Canada : Université Laval/Québec

INSTITUTIONS DE RECHERCHE :
Tiers-Monde : Département de géologie/UCAD
Canada : Département de géologie/Laval

DATES OFFICIELLES : 30 janvier 1987 30 janvier 90 30 janvier 1991
Début Fin Achèvement

ENGAGEMENTS : 30 janvier 1987 348,425

SUPPLEMENTS : Néant

GRAND TOTAL 348,425

ADMMINISTRATEURS DE PROGRAMME :
S. Dubé/D. Anton: 87
S. Dubé: 88-91

<u>SUIVI</u>	<u>CONSULTATIONS</u>
S.Dubé a été constamment en contact avec les chercheurs tout au long du projet.	Aucune
<u>RAPPORTS</u>	<u>ANALYSES FINANCIERES</u>
13.12.88: Rapport conjoint pour la première année (mars 87 - mars 88)	<u>Dakar</u> 1ère analyse : 14.06.88 2e analyse : 02.06.89 Analyse finale: 08.08.90
08.09.90: Rapport conjoint pour la deuxième année (avril 88-avril 89)	<u>Québec</u> 1ère analyse : 05.02.88 2e analyse : 19.11.90 3e analyse : 22.03.91
01.04.90: Versement préliminaire du rapport final	
<u>Formation informelle</u> : stages en modélisation à Québec pour MM. Faye (août 87, septembre 88), Gaye (août 87, septembre 88, août 1989) et Niang (août 1989) et en géochimie isotopique à Niamey pour M. Faye (novembre 1988). <u>Bourse</u> : M. Sc. en géophysique à Québec pour Mlle S. Gladima.	

Rapport préparé par Serge Dubé
Date: 25.04.91

PROMIS

JUN 5 1991

427000

I. GENESE

La proposition originale avait été envoyée au directeur du Bureau régional de Dakar du CRDI en décembre 1983, suite à la réunion des responsables de la géologie en Afrique, organisée par la Division des sciences de la terre et du génie, alors appelée Division des programmes de coopération, en avril 1983, à Dakar (3-A-82-2027), mais la proposition n'avait pas eu de suite. Elle a été récupérée par M. S. Dubé lors d'une visite à Dakar en janvier 1985. Elle a été développée lors d'une rencontre de MM. Danilo Anton et de Serge Dubé avec les chercheurs, à Dakar, en décembre 1985. Le projet a été finalisé lors d'une rencontre à Dakar en mars 1986, à laquelle ont participé MM. C.B. Gaye, A. Faye, P. Therrien, P. Gélinas et S. Dubé.

Le projet avait pour but général la détermination des conditions d'exploitation optimales des aquifères côtiers quaternaires de la presqu'île du Cap-Vert, en vue de l'approvisionnement en eau des populations de la grande région dakaroise.

II. OBJECTIFS

Les objectifs du projet étaient les suivants :

a) préciser les mécanismes de l'invasion salée dans les nappes aquifères côtières quaternaires de la presqu'île du Cap-Vert;

b) déterminer l'évolution de la minéralisation des eaux et sa relation avec le substratum géologique ainsi qu'avec les régimes de recharge actuelle et ancienne à l'aide d'analyses isotopiques de l'eau;

c) déterminer la position et la nature de l'interface eau douce/eau salée et les caractéristiques spatio-temporelles de la zone de mélange qui sépare les deux types d'eau;

d) évaluer à l'aide de mesures de terrain et de modèles mathématiques, les réserves d'eau douce de ces nappes aquifères que l'on pourrait exploiter pour l'alimentation en eau de la région dakaroise sans provoquer d'intrusion saline;

e) déterminer le degré de contamination des eaux souterraines par les rejets domestiques, industriels et agricoles;

f) créer des banques de données pour le traitement informatisé et la gestion optimale des aquifères;

g) renforcer le potentiel de recherche du département de géologie de la Faculté des sciences de Dakar, dans le domaine de l'hydrogéologie appliquée à la gestion de ressources en eau.

III. DEROULEMENT DES TRAVAUX

a) Revue de la littérature

Les recherches bibliographiques sur les conditions de gisement des eaux souterraines dans la presqu'île du Cap-Vert et sur la modélisation du biseau salé se sont poursuivies au cours des 3 années de projet.

b) Mesures "in situ"

Les mesures "in situ", qui comprennent des déterminations périodiques des niveaux d'eau, de la salinité à partir des mesures de conductivité et d'autres paramètres physico-chimiques, ont porté sur un ensemble de 95 points répartis sur toute l'étendue de la zone d'étude.

c) Installations de nouveaux piézomètres

Suite à des indisponibilités de l'entreprise de forage et à cause du coût plus élevé que prévu des forages, il n'a finalement été possible de réaliser que 4 forages équipés en piézomètres sur les 6 initialement envisagés. Les nouveaux points d'observation, qui ont été intégrés au système de surveillance, sont situés sur une ligne passant par les forages de production de Thiaroye et perpendiculaires aux rivages Nord et Sud.

d) Analyses des sédiments

Les sédiments provenant des nouveaux forages ont fait l'objet d'analyses granulométriques et minéralogiques à Dakar et à Laval.

e) Echantillonnage et analyses chimiques

Six campagnes d'échantillonnage sur l'ensemble des points d'eau ont été effectuées respectivement aux mois de juin et d'octobre des années 87, 88 et 89.

f) Analyses chimiques

En plus des paramètres mesurés sur le terrain (T° , pH et conductivité), la détermination des ions majeurs (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} , K^{+} , Cl^{-} , SO_4^{--} , HCO_3^{-} , CO_3^{--} et NO_3^{-}) a été effectuée dans les laboratoires de l'ENSUT. Les résultats des analyses ont fait l'objet de critiques (test d'électro-neutralité et balance ionique) et leur interprétation a permis d'établir différentes cartes de salinité et de distribution des ions ainsi qu'un rapport sur les processus de minéralisation et de dégradation de la qualité de l'eau dans les nappes quaternaires de la presqu'île du Cap-Vert.

g) Analyses isotopiques

L'échantillonnage spécifique pour les analyses

isotopiques avait été retardé pour y inclure les nouveaux piézomètres et en attendant l'acquisition d'une pompe adéquate pour une bonne représentativité des échantillons. Malheureusement, la pompe n'ayant pas été acquise, les chercheurs ont dû surseoir à cette activité.

h) Base de données et utilisation de micro-ordinateurs

Les chercheurs sénégalais (MM. Gaye et Faye) ont été initiés à la micro-informatique et à la modélisation lors de différents séjours à l'Université Laval. La masse considérable de données collectées au cours du projet a nécessité un système efficace de gestion de données dont la description et le mode de fonctionnement sont donnés dans le premier rapport d'étape. Une série de logiciels permettent d'extraire des données dans les fichiers de la base de données et de les utiliser pour la confection de cartes d'isovaleurs (cartes des charges hydrauliques, des battements de la nappe, de la salinité ou de la conductivité, des résultats d'analyses chimiques, etc...), en utilisant des logiciels disponibles sur le marché. Le transfert de la technologie informatique s'est opéré avec un grand succès.

i) Elaboration et calage des modèles

Cette activité a démarré dès la première année avec une revue des solutions analytiques disponibles dans la littérature et présentant un intérêt pour l'étude des aquifères côtiers. Deux modèles ont été choisis pour être utilisés dans la résolution du problème à l'étude dans ce projet. Le premier modèle, connu sous le nom de SUTRA, a été développé par le USGS (United States Geological Survey). Son application sur une section verticale de la nappe infrabasaltique a permis d'analyser l'avancée et le retrait du biseau salé en fonction de plusieurs scénarios et en tenant compte des pluies efficaces qui réalimentent la nappe. Le développement du deuxième modèle, qui est bidimensionnel en plan, et les premières simulations ont montré que la position de l'interface eau douce-eau salée constitue la variable importante. Ce modèle a permis de localiser les secteurs où il faut concentrer l'exploitation afin de minimiser la pénétration de l'eau de mer dans les aquifères concernés.

j) Production de cartes

Les différentes cartes de base ont été numérisées et stockées dans les fichiers spécifiques pour leur utilisation dans des applications. Un rapport illustre les possibilités offertes par les logiciels d'extraction des données et des calculs effectués pour produire automatiquement des cartes de niveau piézométrique, des cartes d'isoconcentrations des composantes chimiques de l'eau et de toute autre application utilisant les bases de données.

k) Voyages et stages

Pendant la durée du projet les chercheurs des deux

universités se sont rencontrés à plusieurs reprises, soit dans le cadre de missions de l'équipe de Laval à Dakar (mars 87: MM. Gélinas et Therrien; mars 88: MM. Gélinas, Bélanger et Ouellet; août 88: M. Gélinas; juin 89: M. Gélinas), soit dans le cadre de stages des chercheurs de l'UCAD à Québec (août 87: MM. Gaye et Faye; septembre 88: MM. Gaye et Faye; août 89: MM. Gaye et Niang). Certains des voyages des chercheurs de Laval ont été effectués avec la participation financière du Centre Sahel de l'Université Laval. Le C.R.D.I. a supporté les frais de participation des chercheurs à des cours de formation (M. Faye à Niamey en novembre 1988) ou à des rencontres scientifiques internationales (M. Gaye à Cochabamba en février 1987; MM. Gaye et Faye à Mexico en avril 1989; M. Gaye à Malvern, en Grande-Bretagne, en août 1989).

1) Atelier

L'atelier de fin de projet s'est tenu au mois de novembre 1990 et il a connu un franc succès, une centaine de personnes ayant participé assidument aux séances. Des chercheurs du Bénin, de la Guinée et du Nigeria avaient été invités.

IV. PRINCIPAUX RESULTATS

Les principaux résultats du projet sont :

a) La cueillette et la compilation des données disponibles sur la météorologie et l'hydrogéologie de la région d'étude et l'élaboration d'une banque de données sur micro-ordinateur pour la gestion de ces données.

b) La réunion par l'équipe du projet d'une série de programmes pour le traitement et l'analyse des données et pour leur présentation dans une forme utilisable.

c) L'utilisation d'un modèle par éléments finis (USGS-SUTRA) pour la simulation du comportement de l'aquifère du Cap-Vert lors de changements dans les infiltrations et les taux de pompage. L'utilisation de ce modèle a permis de comprendre le comportement du biseau salé lors de la modification des conditions de pompage et de recharge.

d) La création d'un réseau de surveillance d'une centaine de puits, sur lesquels le monitoring se poursuit.

e) La découverte, suite à l'échantillonnage effectué dans les puits et à l'analyse des échantillons, d'une contamination nitratée importante, supérieure à 100 mg/l, des eaux qui alimentent la ville de Dakar.

f) La détermination de la balance en eau de la région de Dakar et de l'effet sur l'approvisionnement en eau de la sécheresse des dernières années.

g) L'amélioration de la gestion des aquifères du Cap-

Vert.

h) L'accroissement de l'expertise sénégalaise en hydrogéologie, notamment à l'Université de Dakar et à la Direction de l'hydraulique, et le développement des relations entre les chercheurs de l'UCAD et les techniciens et les ingénieurs de la Direction de l'hydraulique et de la Société nationale d'exploitation des eaux. Le projet aura contribué à la valorisation de l'expertise des chercheurs sénégalais au Sénégal et cela est probablement le résultat le plus important du projet.

i) La création d'un groupe de recherche en sciences de l'eau à l'UCAD.

V. FORMATION

MM. Faye, Gaye et Niang ont effectué divers stages de formation à Québec en modélisation. M. Faye a aussi effectué un stage à Niamey en géochimie isotopique. Un étudiant de l'Université de Dakar, M. A. A. Seck, a préparé un mémoire de DEA en géologie appliquée dans le cadre du projet. De plus, une étudiante de l'Université de Dakar, Mlle Sophie Gladima, bénéficie depuis décembre 1988 d'une bourse du CRDI pour des études à l'Université Laval dans le domaine de l'hydrogéologie. Un étudiant de l'Université Laval, M. M. Ouellet, a aussi préparé un mémoire de maîtrise dans le cadre du projet.

VI. NATURE DE LA COLLABORATION

J'ai souvent mentionné que ce projet était pour moi l'un de nos projets coopératifs les plus réussis et que la collaboration entre les équipes avait été exemplaire. J'ai pris acte des conclusions du rapport Parsons (3-A-89-2020), qui mentionne certaines difficultés sous ce rapport, mais je continue de croire que la collaboration a été excellente, compte tenu de l'environnement difficile dans lequel ont évolué les chercheurs sénégalais: e.g. le fait qu'il s'agisse du premier projet de cette importance initié au département de géologie et géré indépendamment par des chercheurs sénégalais, les réticences en certains milieux à l'émergence d'une expertise sénégalaise en ce domaine, la dépendance des chercheurs sénégalais envers leur patron de thèse, dans une université étrangère, les grèves et les difficultés socio-politiques diverses, etc.

VII. BENEFICIAIRES

Les bénéficiaires du projet auront été la population de la grande agglomération de Dakar, dont l'approvisionnement en eau devrait être facilité par les résultats du projet.

VIII. SUIVI

Le Département de géologie de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar et le Département de géologie de l'Université Laval

ont convenu de poursuivre leurs activités de recherches coopératives après cette première expérience fort enrichissante pour les deux parties. Un projet de coopération institutionnelle est en cours d'élaboration pour asseoir une coopération plus globale entre les deux universités dans le domaine de l'enseignement et de la recherche. Les deux groupes de recherches ont soumis au CRDI un deuxième projet de recherche en collaboration, qui porte sur la gestion des ressources en eau dans la zone des Niayes (3-P-90-1004). Cette zone, assez densément peuplée, est appelée à se développer à cause de son potentiel minier et agricole et les problèmes de compétition pour l'eau ne pourront être surmontés que grâce à un outil performant de gestion. Le volet formation inclus dans ce projet devrait permettre d'atteindre l'objectif fondamental de création d'une expertise nationale chargée de prendre en charge la maîtrise de l'eau pour le développement économique et social du Sénégal.

IX. VALEUR DU PROJET

Ce projet a bien fonctionné et il s'est déroulé sans difficultés majeures. Il a produit des résultats scientifiques et techniques intéressants et il a permis de développer et d'affirmer l'expertise sénégalaise en hydrogéologie. Il a aussi permis de développer les relations entre les chercheurs et les services compétents des ministères. Tout compte fait, je pense qu'on peut dire que le projet a été un franc succès.