



# MEMOIRE DE FIN D'ETUDES 1997

Présenté par :

DIARRA Adama

## IMPACT DU PERIMETRE DE LA VALLEE DU KOU SUR LA QUALITE DES EAUX ET LEURS UTILISATIONS

MENTION :

Enregistré à l'arrivée
le _____ s/N° 304/97

Encadrement  
A. MBENGUE

AVANT - PROPOS.....	3
REMERCIEMENTS.....	4
RESUME .....	5
INTRODUCTION.....	6
CHAPITRE I :.....	7
DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE.....	7
I.1 LA SITUATION GÉOGRAPHIQUE .....	8
I.2 LE CLIMAT - PLUVIOMÉTRIE.....	8
I.3 LA GÉOLOGIE.....	8
I.4 LE PÉRIMÈTRE.....	8
I.5 LA SITUATION GÉOGRAPHIQUE DE L'HABITAT PAR RAPPORT AU PÉRIMÈTRE RIZICOLE ..	9
I.6 LA POPULATION .....	9
I.7 LES ACTIVITÉS .....	9
I.8 LES POINTS D'EAUX EXISTANTS .....	10
CHAPITRE II :.....	11
IMPACT DU PERIMETRE SUR LA QUALITE DES EAUX.....	11
II.1 QUALITÉ CHIMIQUE DES EAUX .....	12
<u>II.1.1 Méthodologie</u> .....	12
<u>II.1.2 Effets indésirables liés à la présence des paramètres analysés</u> .....	14
<u>II.1.3 Résultats et discussions</u> .....	14
<u>II.1.3.1 Conductivité</u> .....	17
<u>II.1.3.2 La DCO</u> .....	18
<u>II.1.3.3 Potassium (K)</u> .....	18
<u>II.1.3.4 Phosphore (P) sous forme <math>PO_4^{3-}</math></u> .....	19
<u>II.1.3.5 Azote ammoniacal (<math>NH_4^+</math>)</u> .....	20
<u>II.1.3.6 Nitrates (<math>NO_3^-</math>)</u> .....	21
<u>II.1.3.7 Les nitrites (<math>NO_2^-</math>)</u> .....	21
<u>II.1.4 Causes probables de la non contamination des eaux</u> .....	22
<u>II.1.5 Conclusion</u> .....	22
QUALITÉ MICROBIOLOGIQUE DES EAUX .....	23
<u>II.2.1. Les micro-organismes</u> .....	23
<u>II.2.1.1 Les germes pathogènes</u> .....	23
<u>II.2.1.2. Les indicateurs de pollution fécale</u> .....	24
<u>II.2.2. Méthodologie</u> .....	25
<u>II.2.3. Résultats et discussions</u> .....	26
<u>II.2.4. Conclusion</u> .....	29

<b>CHAPITRE III :</b> .....	<b>30</b>
<b>UTILISATIONS DE L'EAU ET MALADIES HYDRIQUES</b> .....	<b>30</b>
<b>III.1. UTILISATION DE L'EAU ET IMPLICATIONS SANITAIRES POTENTIELLES</b> .....	<b>31</b>
<i>III 1-1 Utilisation de l'eau pour la consommation</i> .....	<i>31</i>
<i>III 1-2 Utilisation de l'eau pour le lavage (bain, lessive)</i> .....	<i>31</i>
<i>III 1-3 Utilisation de l'eau pour l'irrigation</i> .....	<i>32</i>
<i>III 1- 4 Utilisation de l'eau pour la pêche</i> .....	<i>32</i>
<i>III 1-5 conclusion</i> .....	<i>32</i>
<b>III 2 ETUDES DES MALADIES HYDRIQUES ENREGISTRÉES AU CENTRE DE SANTE ET DE PROMOTION SOCIALE DE BAMA PENDANT CES 5 DERNIÈRES ANNÉES.</b> .....	<b>33</b>
<i>III 2-1 Etat sanitaire de la population</i> .....	<i>33</i>
<i>III 2-3 Synthèse des analyses</i> .....	<i>38</i>
<i>III 2-4 Conclusion</i> .....	<i>38</i>
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	<b>39</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>41</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>42</b>

## AVANT - PROPOS

Cette étude entre dans le cadre de notre mémoire de fin d'étude en vue d'obtenir le diplôme d'ingénieur de l'équipement rural.

Le sujet intitulé "Impact du périmètre de la Vallée de Kou sur la qualité des eaux et leurs utilisations" a été proposé par la Direction Régionale de l'hydraulique des Haut-bassins (D.R.H. Hauts-bassins ) Bobo-dioulasso/Burkina Faso. X

Notre choix s'est porté sur ce sujet, car nous avons estimé qu'après notre formation, nous serons beaucoup plus appelés à intervenir dans le milieu rural. Par conséquent, nous avons jugé utile de choisir un sujet qui allait nous donner l'occasion d'intervenir dans ce milieu. X

L'objectif visé par le présent document est d'étudier l'impact du périmètre de la vallée du Kou sur la qualité des eaux et d'évaluer les risques sanitaires.

Pour réaliser l'étude, nous nous sommes appuyé :

- sur les informations recueillies dans la documentation,
- sur les résultats de nos enquêtes de terrain au cours desquelles nous avons rencontré des professionnels de la santé, du développement rural et la population locale,
- sur les résultats de nos analyses chimiques et micro-biologiques.

Cependant, en ce qui concerne l'analyse chimique de l'eau, seulement ~~ont~~ été étudiées les éléments entrant dans la composition des engrais. Nous n'avons pas abordé le cas de produits phytosanitaires car nous ne disposons pas de matériels de laboratoire pour faire les analyses. X

## **REMERCIEMENTS**

Mes remerciements vont :

- à Monsieur A. MBENGUE
  
- à Monsieur YE. à la Direction Régionale de l'Hydraulique des Hauts-Bassins (DRH) Bobo-Dioulasso.
  
- à tout le personnel du DRH Hauts-Bassins
  
- à toute la population de la Vallée du Kou et en particulier aux habitants du quartier 1 pour l'hospitalité qui m'a été accordée durant tout mon travail de terrain.
  
- à tout le personnel du Laboratoire d'analyse de l'EIER.

## RESUME

Le périmètre rizicole de la vallée du Kou est situé dans le département de Bama, dans la province du Houet. Ce périmètre, d'une superficie d'environ 1000 ha est mis en exploitation depuis 1970.

Il est alimenté en eau à partir d'une prise faite sur le fleuve Kou. Ce apport <sup>de</sup> ~~en~~ eau a permis la remontée de la nappe phréatique et l'alimentation du lac Bama (émissaire central des eaux de drainage). X X

L'apport des fertilisants et des produits phytosanitaires visant à améliorer le rendement des cultures peut entraîner gravement la pollution des eaux souterraines et de surface.

Cette pollution peut provoquer <sup>par conséquent</sup> des nuisances chez la population locale. Surtout les nitrites peuvent transformer les hémoglobines en méthémoglobines. <sup>explique</sup> A cela, il convient d'ajouter la pollution microbiologique des eaux. L'eau servant à l'irrigation étant déjà chargée et la faible profondeur du niveau de la nappe favorise <sup>la</sup> contamination de celle-ci par les germes provenant des matières fécales. Ces problèmes de pollution s'avèrent cruciaux car la population utilise les eaux des puits pour ~~leur~~ <sup>sa</sup> consommation quotidienne.

A travers ce travail, nous avons voulu mesurer le degré de pollution chimique et microbiologique des eaux aussi bien souterraines que de surface. Nous avons également voulu déterminer les risques sanitaires encourus par les paysans en fonction des différents usages faits de l'eau.

A l'issue de notre étude, nous pouvons retenir que :

- les eaux contiennent de l'azote, du phosphore et du potassium. Cependant, les teneurs sont largement en dessous des normes édictées par la directive du conseil des Communautés Européennes et par l'OMS. Toutefois, 12 % des eaux analysées ont leurs concentrations en potassium supérieures aux normes ;
- les eaux sont très polluées par les matières fécales ;
- les paysans sont non seulement exposés aux maladies telles que la dysenterie, les diarrhées, les parasitoses intestinales mais également à la bilharziose.

# INTRODUCTION

Le périmètre rizicole de la Vallée du Kou est mis en exploitation depuis 1970; soit vingt-sept ans. Depuis cette période, le canal d'amenée et les canaux de distribution ont permis, à partir d'une prise faite sur le fleuve Kou, de mettre l'eau à la disposition de la population, essentiellement pour l'irrigation. Désormais on trouve de l'eau aux abords des habitations, dans les canaux, et dans les parcelles. La nappe phréatique alimentée par les eaux d'irrigation est à faible profondeur. Enfin les eaux de drainage ont favorisé l'extension d'un lac (lac de Bama). Cependant, cette disponibilité en eau n'est pas sans danger ; l'exploitation du périmètre pourrait affecter leur qualité, par conséquent susciter un certain nombre de maladies liées à leurs utilisations .

→ liaison

Ce document comprend trois (3) chapitres :

Chapitre I : Description de la zone d'étude

Chapitre II : Impact du périmètre sur la qualité des eaux

Chapitre III : Utilisations des eaux et implications sanitaires.

} redon-  
dances ?

Le chapitre I est consacré à la présentation de la zone. Dans le chapitre II, nous présentons et interprétons les résultats de nos analyses chimique et microbiologique. Le chapitre III est consacré à la détermination des maladies auxquelles sont exposés les paysans en fonction de l'utilisation qu'ils font de l'eau. Une étude sur l'évolution des maladies hydriques pendant les cinq dernières années est faite par la suite.

Enfin en conclusion, nous faisons une synthèse des résultats de nos études et d'éventuelles recommandations.

X

**CHAPITRE I :**  
**DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE**

### I.1 La Situation géographique

La zone d'étude est dans le département de BAMA. Elle est située à vingt-cinq kilomètres au nord-ouest de la ville de Bobo-dioulasso, sur la route bitumée Bobo-Farama. Cette zone fait parti du bassin versant du Kou, affluent du fleuve Mouhoun. (Voir annexe 1) x

### I.2 Le climat - pluviométrie

Le climat est du type tropical avec une pluviométrie comprise entre les isohyètes 1200 mm au Sud et 1100 mm au Nord. La saison des pluies dure 6 mois environ (de Mai à Octobre).

### I.3 La Géologie

*et l'hydrogéologie ?*

La région d'étude appartient à une zone sédimentaire constituée de grès schisto - dolomiques ( source : Carte de reconnaissance photo - géologique de Bobo-Dioulasso publiée en 1968 par l'assistance Technique Néerlandaise). Les grès schistodolomiques sont maintenant appelés schisto-argilite carbulate. x

### I.4 Le Périmètre

Le périmètre rizicole de la vallée du Kou est bordé au sud , à l' Ouest et au Nord par le canal principal d'irrigation tandis que le cours d'eau : Kou constitue sa limite naturelle à l'Est. (Voir annexe 2)

D'une superficie totale de 1260 ha aménagée , le périmètre irrigué fait partie d'une vaste plaine de 9700 ha de superficie dont 2300 ha sont exploitables. Selon la texture, il existe dans la vallée du Kou 6 types de sols :

les sols sablo - argilo - limoneux , les sols argilo - limoneux, les sols limoneux, les sols argileux, les sols sablo - limoneux , les sols sablo - argileux.

(source : Communication présentée à la réunion sur la promotion de la double culture tenue du 11 au 15 avril 1994 à Niamey au Niger par Balema Nebié).

Ces sols contenant tous, soit du limon, soit de l'argile, sont donc peu perméables aux infiltrations.

## 1.5 La Situation géographique de l'habitat par rapport au périmètre rizicole

La zone d'étude comprend sept villages encore appelés quartiers. Ces quartiers sont dénommés numériquement. Ainsi, on a les quartiers 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7. Ils sont tous créés, à l'exception du quartier 1, à partir de 1970 par les chinois à la suite de l'instauration de la riziculture. Ces nouveaux quartiers ont été disposés de telle sorte que les habitants n'aient pas à se déplacer beaucoup pour accéder au périmètre. Ainsi, tous les quartiers, y compris le quartier 1 sont soit très proches du périmètre soit à l'intérieur de celui-ci. (Voir annexe 2)

## 1.6 La Population

La zone étudiée renferme un ensemble de sept quartiers. Un seul appelé Bama est habité par les autochtones. Ce sont des Bobo. les six autres étant des villages d'immigrés créés par les chinois à la faveur de l'instauration de la riziculture. Ils sont peuplés par diverses ethnies venues de différentes régions du Burkina. Parmi eux se trouvent: les Mossi, les Siamou, les Sénoufo, les Samogo, les Dafing etc.

.La population totale est estimée à 15000 habitants.

## 1.7 Les Activités

L'activité principale demeure la riziculture irriguée. Elle s'étend sur toute l'année à raison de deux campagnes par an. La première campagne commence à mi-décembre pour prendre fin en juin. Les apports des fertilisants se font en décembre-janvier et février. (Voir calendrier agricole de la première campagne 1995 en annexe 4). Pour la deuxième campagne, nous nous sommes basé sur nos enquêtes auprès des paysans. Elle commence à mi-juillet pour prendre fin à mi-novembre. Les épandages des fertilisants se situeraient vers août et septembre. La récolte est majoritairement commercialisée; les cultures du mil et du maïs sont pratiquées pour la subsistance. Quelques têtes de bœufs et d'ânes sont entretenues pour, respectivement le labour et le transport des charges

A proximité du lac de Bama, émissaire central des eaux de drainage, se trouve un petit village de pêcheurs. Les poissons pêchés dans le lac sont:

- le capitaine,
- le tilapia,
- le parafio,
- le gymnarchus,
- et le claria.

Le volume des prises a diminué depuis qu'un chenal a été creusé en aval du lac pour éviter d'éventuels débordements pouvant entraîner l'inondation des rizières.

## 1.8 Les points d'eaux existants

Les points d'eaux observés sont : le lac de Bama, le cours d'eau Bongo, les canaux d'irrigation, les fossés de colature, les puits et les forages.

- Le lac de Bama, situé dans la partie aval du périmètre collecte toutes les eaux de drainage du périmètre et les eaux de pluie entraînées par le Bongo.
- Le Bongo est un petit cours d'eau qui traverse tout le périmètre pour se jeter dans le lac. En saison sèche, il est alimenté par les eaux d'infiltration issues de l'irrigation des rizières.
- Le canal d'aménée est alimenté à partir d'une prise faite sur le Kou à Diaradougou. L'eau est véhiculée jusqu'à la tête du périmètre par le canal d'aménée long de 11 kilomètres environ. Ensuite, il est relayé par le canal principal auquel sont reliés huit secondaires. Certains canaux passent devant des villages du fait de leurs emplacements, ci-dessus signalés, par rapport au périmètre. Cette situation de proximité favorise l'usage des canaux comme lieu de bain et de lessive.
- Les fossés de colature sont destinés à évacuer les eaux excédentaires superficielles du périmètre. Ces fossés ne remplissent pas correctement leur fonction car mal entretenus (fossés envahis par les herbes ).
- les puits et les forages:

Il est ressorti, lors de nos entretiens avec des paysans de Bama, qu'avant l'instauration de la riziculture de submersion, l'accès à la nappe phréatique était difficile. Il fallait creuser encore plus en profondeur ~~que~~ lorsque le périmètre rizicole a commencé à être mis en exploitation. Tous sont unanimes pour dire que l'accès à la nappe phréatique est aisé maintenant. Presque dans chaque concession se trouve un puits. Lors de nos mesures sur le terrain, les valeurs des niveaux d'eau dans les puits allaient de 0,30 à 6 mètres de profondeur. Les valeurs de 5 à 6 mètres de profondeur étaient celles des puits situés loin du périmètre dans les quartiers 6 et 7. Il existe, en fait, un lien étroit entre les fluctuations du niveau de la nappe phréatique et l'irrigation. En effet, les paysans ont reconnu que le niveau de l'eau dans les puits baisse lorsque l'irrigation est interrompue; et remonte lorsque l'irrigation reprend. Donc les eaux d'irrigation alimente la nappe phréatique par infiltration. Il faut noter que les puits sont nombreux dans les différents villages tandis que les forages sont rares.

On peut y distinguer deux types de puits: les puits avec margelle en béton et aux abords cimentés et les puits sans margelle ni alentours cimentés. Le premier type de puits est protégé contre les eaux de ruissellement et les infiltrations aux abords immédiats, tandis que le second est exposé à la pollution provenant des eaux de ruissellement et à celle provenant des eaux domestiques qui stagnent à ses abords.

**CHAPITRE II :**  
**IMPACT DU PERIMETRE SUR LA QUALITE DES**  
**EAUX**

## II.1 Qualité chimique des eaux

Les apports de fertilisants et de produits phytosanitaires dans le périmètre irrigué peuvent polluer gravement les eaux aussi bien superficielles que souterraines.

En effet, suite à l'irrigation, une partie des fertilisants et des produits phytosanitaires est entraînée vers les nappes souterraines par infiltration et vers les eaux superficielles par l'intermédiaire des réseaux de drainage.

Cette étude a pour objectif d'évaluer le degré de pollution des eaux par les engrais. ✓

*Assess*

### II.1.1 Méthodologie

Des prélèvements d'eau, en vue de leur analyse chimique, ont été réalisés.

#### \* Période de prélèvement ✓

Nos prélèvements se sont effectués le 30 Avril et le 15 Mai soit au cours de la première campagne en saison sèche . Ils ont eu lieu un mois après le dernier épandage d'engrais ( voir annexe 5 pour plus de précision ). ✓

#### \* Choix des témoins

Notre choix a été guidé par le souci de trouver une zone non influencée par les eaux du périmètre .Pour cela le village Baoulé, zone située assez loin du périmètre a été choisi. Les eaux de deux puits témoins ont été prélevées .

#### \* Zone de prélèvement

L'échantillonnage a été fait à plusieurs endroits afin de prendre en compte l'ensemble du périmètre. Le maximum possible de prélèvements ont été effectué afin d'avoir un échantillonnage représentatif, l'accent a été mis particulièrement sur les eaux des puits et forages pour la simple raison que ce sont elles qui sont utilisées comme eaux de boisson.

Les zones de prélèvement sont indiqués à l'annexe 1, ce sont les eaux du village Baoulé (servant de témoin), des quartiers 1, 4, 5, 6 et 7, de canal principal, de drain principal, de la mare.

#### \* Conservation

Les échantillons d'eau ont été conservés au frais pendant le transport, puis au laboratoire et analysés dans le plus bref délai. ✓

### \* Paramètres analysés.

Les paramètres analysés ont été l'azote (N), le phosphate (P) et le potassium (K), principaux éléments entrant dans la composition des engrais et qui sont généralement source de pollution agricole.

Les engrais utilisés dans le <sup>en</sup> paramètre sont :

- Engrais simple :
  - Urée 46% N
  - Ammonitrate 33,5% N
- Engrais composé
  - Engrais NPK (12 - 24 - 12)
  - Engrais NPK + MgO (15 - 25 - 15 - 3 + 2,5)
  - Engrais NPKS + B (14 - 18 - 18 - 6 + 1)

Il convient de noter que l'azote a été évalué sous forme de nitrite, nitrate et ammonium qui présentent de nuisance pour l'homme. x

Le phosphore a été évalué puis converti sous forme orthophosphorique  $PO_4$  car dans les eaux naturelles de PH compris entre 5 et 8 on ne trouve guère le phosphore (P) que sous forme de  $PO_4$  (voir polycopié (EIER) Travaux pratiques des analyses physico-chimiques de Guilleret, 1996/97), les PH des eaux de la vallée se trouvent pratiquement dans cette limite (voir Rapport technique : qualité des eaux de la vallée du Kou Février 1987). fourchette

D'autres paramètres ont été analysés

- la conductivité qui permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau et la demande chimique en oxygène (DCO).

*à renvoyer à la Bibliog*

### \* Modes Opératoires

Les modes opératoires sont en annexe 3.

### \* Normes

Les caractéristiques des eaux analysées ont été comparées à des normes. Ainsi l'on pourra juger de la qualité de l'eau.

Les normes utilisées sont celles des "Directives du conseil des communautés européennes" que nous avons appelé <sup>les</sup> normes européennes et celles de l'O.M.S.

NB : Toutes les normes du document concernent les eaux de boissons.

## II.1.2 Effets indésirables liés à la présence des paramètres analysés

Il convient de signaler que les effets indésirables dépendent de la nature de l'élément considéré et de sa concentration. Ils (ces effets) sont tirés du livre : ANALYSE DE L'EAU 8ème édition de Jean RODIER collection DUNOD, à renvoyer à la bibliographie

- La DCO (Demande chimique en oxygène): voir II.1.3.2
- Le potassium et la minéralisation globale peuvent donner un goût désagréable à l'eau.
- Le phosphore joue un rôle important dans le développement des algues; il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les eaux de lacs, où il contribue à l'eutrophisation. Celle-ci peut entraîner non seulement la dégradation organoleptique de l'eau (odeur, saveur, couleur...) mais aussi une baisse profonde de la faune aquatique.
- L'azote ammoniacal sous la forme  $\text{NH}_4^+$  est susceptible de donner un goût désagréable à l'eau de consommation.
- Les nitrates : toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacale, nitrites, etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. La toxicité des nitrates est indirecte par le fait qu'ils se transforment en nitrites.
- Les nitrites : la toxicité des nitrites est très significative. Les nitrites sont responsables de la formation des méthémoglobines qui provoquent une anoxie. L'hémoglobine est transformée en méthémoglobines, laquelle est inapte à transporter de l'oxygène. Expliquez davantage

## II.1.3 Résultats et discussions

Les analyses ont porté sur vingt trois (23) échantillons dont deux (2) puits témoins, ~~pris~~ prélevés dans les puits au village de Baoulé.

Tableau 0 : Résultats des analyses (Echantillons prélevés le 30 avril 1996)

Echantillons	identités	Localisations	CE ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	D.C.O. (mg/l)	$\text{NO}_3^-$ (mg/l)	$\text{NO}_2^-$ (mg/l)	$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l)	K (mg/l)	$\text{NH}_4^+$ (mg/l)	$\text{NH}_3$ (mg/l)
1	mare	mare	80.0	4	8.20	0.010	0	2.8	0.45	0.35
2	puits	quartier 1	310.0	12	7.31	0.014	0	31.5	0.09	0.07
3	forage	quartier 1	114.3	0	5.09	0.002	0	5.4	0.54	0.42
4	puits	quartier 1	134.0	16	4.78	0.015	0.23	10.7	0	0
5	puits	quartier 1	44.1	32	0.57	0.008	1.13	1.7	-	-
6	forage	quartier 1	-	-	1.77	0.002	0	2.7	-	-d
7	puits	quartier 5	62.0	16	3.10	0.002	0	0.4	3.0	0.48
8	puits	quartier 5	163.5	-	0.44	0.005	1.4	10	-	-
9	puits	quartier 5	60.0	0	-	0.002	0	2.0	0.01	0.09
10	puits	quartier 5	59.2	-	2.22	0.003	0.8	2.0	-	-
11	puits	quartier 6	201.0	16	4.43	0.004	0.5	15	0.31	0.24
12	puits	quartier 6	209.0	32	3.67	0.010	0	22.3	0	0
13	puits	quartier 6	44.5	0	1.11	0.012	0	1.4	0.1	0.08
14	puits	quartier 6	51.0	0	4.56	0.012	0.45	1.6	0	0
15	puits	quartier 6	54.5	0	14.84	0.010	0.9	1.2	0.18	0.14
Norme européenne	-	-	400	-	50	0.1	5	12	0,5	0.1
Norme OMS	-	-	-	-	50	1	-	-	1,5	1

mare  $\equiv$  Lac

Tableau 0 bis: Résultats des analyses (Echantillons prélevés le 15 avril 1996)

Echantillons	identités	Localisation	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	DCO mg/l	$\text{NO}_2$ (mg/l)	$\text{NO}_3$ (mg/l)	K (mg/l)	$\text{NH}_4^+$ (mg/l)	$\text{NH}_3$ (mg/l)
16	puits	Baoulé	34,1	8	0,009	0,032	1	0,03	0,02
17	puits	Baoulé	30,5	0	0,008	3,32	2,25	0,08	0,06
18	puits	quartier4	104,3	8	0,021	2,00	6,80	0,10	0,08
19	puits	quartier4	65,3	8	0,015	1,99	3,60	0,39	0,30
20	canal	canal principal	34,0	0	0,013	5,76	3,25	0,48	0,37
21	drains	drain principal	76,1	8	0,015	6,65	5,85	1,14	0,88
22	puits	quartier5	72,4	0	0,007	3,99	3,25	0,14	0,11
23	forage	quartier1	130,4	0	0,008	1,77	6,30	7	0,21
Norme européenne	-	-	400	-	0,1	50	12	0,5	0,1
Norme OMS	-	-	-	-	1	50	-	1,5	1

### II.1.3.1 Conductivité

CONDUCTIVITE ELECTRIQUE CE (us/cm)	MINERALISATION
CE < 100	Très faible
100 < CE < 200	Faible
200 < CE < 333	Moyenne
333 < CE < 666	Moyenne accentuée

Tableau N°1 : Relation entre la minéralisation et la conductivité (source : l'analyse de l'eau 8ème édition de Jean RODIER collection DUNOD)

CONDUCTIVITE ELECTRIQUE CE (us/cm)	NOMBRE DE PUIITS OU DE FORAGES	POURCENTAGE DE PUIITS ET DE FORAGES
CE < 100	8	50
100 < CE < 200	5	31
200 < CE < 333	3	19
333 < CE < 666	0	0

Tableau n°2 : Pourcentage des puits et de forages à différentes conductivités électriques.

Remarque : les deux (2) puits témoins n'ont pas été pris en compte.

*pourquoi ?*

Les valeurs de conductivités mesurées indiquent une minéralisation qui va de très faible à moyenne. la moitié des points d'eaux souterraines analysés (50 %) présentent une minéralisation très faible. Plus du quart, soit 31% ont une minéralisation faible. Aucun n'a une minéralisation jugée moyenne accentuée. Dans l'ensemble, les eaux souterraines (81%) ont une minéralisation allant de très faible à faible.

En ce qui concerne les eaux de surface (lac de Bama, canal principal, drain principal), les conductivités électriques obtenues sont inférieures à 100  $\mu\text{s/cm}$ . Une étude effectuée sur la qualité des eaux des canaux et des drains a montré que la conductivité maximale était de 103  $\mu\text{s/cm}$ . (Voir tableau en annexe 6).

Donc d'une manière générale, les eaux de la vallée du Kou ont une minéralisation très faible à faible et ont une conductivité nettement en dessous du niveau guide préconisé par la norme européenne 400  $\mu\text{s/cm}$  à 20°C pour les eaux de boisson.

Du point de vue salinité, les eaux de la vallée du Kou ne présentent pas de problèmes de goût.

### II.1.3.2 La DCO

Nombre d'échantillons analysés (non compris les deux (2) témoins) = 19

<b>DCO C(mg/l)</b>	<b>NOMBRE D'ECHANTILLONS</b>	<b>POURCENTAGES D'ECHANTILLONS</b>
C < 30	18	95
C > 30	1	5

Tableau N°3 : Pourcentage des puits et des forages à différentes concentration en DCO

La DCO correspond à la teneur en l'ensemble des matières organiques que celles-ci aient un caractère biodégradable ou non.

Elle s'exprime par quantité d'oxygène fournie par le dichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques (protéine, glucides, lipide etc...)

La détermination de la DCO s'est avérée ici impropre car toutes les valeurs obtenues sont pratiquement inférieures à 30 mg/l. La détermination de la DCO n'est valable que pour les valeurs supérieures à 30 mg/l.

### II.1-3-3 Potassium (K)

Norme européenne : concentration maximale admissible (CMA) = 12 mg/l

Norme OMS : valeur limite (VL) = 12 mg/l.

Les deux (2) témoins ont pour concentration 1 mg/l et 2,25 mg/l soit une valeur moyenne de 1,6 mg/l.

Nombre total des puits et forages analysés = 16 (non compris les témoins).

CONCENTRATION EN POTASSIUM C(mg/l)	NOMBRE DE PUIITS ET DE FORAGES	POURCENTAGE DE PUIITS ET DE FORAGES
C < 1,6	3	18,8
C > 1,6	13	81,2
C < 12	13	81%

Tableau n° 4 : Pourcentage de puits et de forages à différentes concentrations en potassium.

81% des eaux souterraines analysées ont une concentration supérieure à celle du témoin. Cet excès de potassium provient des fertilisants utilisés dans le périmètre. Cependant, dans l'ensemble, les eaux souterraines (81%) ont des concentrations en potassium inférieures au seuil fixé par les normes européennes et de l'OMS (12 mg/l). Le seuil de perception gustative du potassium est de l'ordre de 200 mg/l. Aucun des échantillons n'a atteint ce chiffre, le maximum trouvé est de 31,5 mg/l.

Donc nous pouvons considérer que les eaux de surface de la vallée du Kou n'ont pas un goût désagréable dû au potassium.

#### II.1.3.4 Phosphore (P) sous forme $PO_4^{3-}$

Sur les vingt trois (23) échantillons, quinze (15) ont pu être analysés. La concentration maximale admissible est de 5 mg/l en  $PO_4^{3-}$ .

Aucun des échantillons n'atteint cette valeur, le maximum trouvé étant 4,2 mg/l le risque d'eutrophisation du lac demeure faible car la concentration en phosphore de l'échantillon qui y est prélevé est pratiquement nul.

### II.1.3.5 Azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

Norme européenne : CMA = 0,5 mg/l

Norme OMS : VL = 1,5 mg/l

Concentration moyenne des témoins = 0,06 mg/l

Nombre de puits et forages (non compris les témoins) = 12

CONCENTRATION EN (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) C (mg/l)	NOMBRE DE PUIES ET DE FORAGES	POURCENTAGE DE PUIES ET DE FORAGES
C < 0,06	4	33
C > 0,06	8	67
C < 0,5	11	92
C > 0,5	1	8
C < 1,5	12	100

Tableau n° 5 : Pourcentage de puits et des forages à différentes concentrations en NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

67% des eaux souterraines analysées ont une concentration supérieure à celle de la valeur moyenne des deux puits témoins. Cette valeur relativement élevée traduit l'apport en NH<sub>4</sub><sup>+</sup> des fertilisants.

92% de ces eaux souterraines ont leurs concentrations inférieures à 0,5 mg/l (norme européenne). Vu ces résultats, les eaux souterraines sont acceptables. Quant aux eaux de surface (mare, canal principal, drain principal) les concentrations sont respectivement 0,45; 0,48; 1,14 mg/l.

A l'exception du drain principal, les deux autres ont des concentrations qui sont à la limite de la norme européenne (0,5 mg/l).

Dans tous les cas, les normes de l'OMS sont respectées (1,5 mg/l). Tous les échantillons analysés ont leurs concentrations inférieures à 1,5 mg/l. Par conséquent les eaux de la vallée peuvent être considérées comme acceptables.

### II.1.3.6 Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Norme européenne : CMA = 50 mg/l

Concentration moyenne des témoins = 1,68 mg/l

Nombre de puits et de forages analysés (non compris les témoins) = 15

<b>CONCENTRATION EN NO<sub>3</sub> C (mg/l)</b>	<b>NOMBRE DE PUIITS ET DE FORAGES</b>	<b>POURCENTAGE DE PUIITS ET DE FORAGES</b>
C < 1,68	3	25
C > 1,68	12	75
C < 50	15	100
C > 50	0	0

Tableau n° 6 : Pourcentage de puits et de forages à différentes concentration en NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

75% des eaux souterraines ont leurs concentrations supérieures à celle du témoin. Cette valeur relativement élevée se traduit par l'apport en azote des fertilisants. Aucun des échantillons y compris ceux des eaux de surface n'a sa concentration supérieure à 50 mg/l. Le maximum étant 14,84 mg/l ; valeur largement en dessous de 50 mg/l (norme européenne).

Donc la qualité des eaux en nitrates, ne présente pas de danger pour la consommation.

### II.1.3.7 Les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

Les concentrations des différents échantillons en nitrites sont faibles. Aucun échantillon n'a une concentration supérieure à 0,1 mg/l, valeur limite de la norme européenne. Le maximum étant 0,015 mg/l ; valeur nettement en dessous de la norme OMS (1 mg/l).

De plus comme les concentrations en NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sont faibles, il n'y a pas de risques méthéoglobinisante du fait de leur transformation en nitrite.

#### II.1.4 Causes probables de la non contamination des eaux

La vallée du Kou est située dans une zone sédimentaire schisto-argilite carbulate. Ses sols contiennent soit de l'argile soit du limon. Par conséquent cette zone est peu perméable aux infiltrations.

Cependant la faible profondeur de la nappe phréatique l'expose à des pollutions. La faible concentration des éléments chimiques en question dans les eaux du lac (émissaire centrale des eaux de drainages) et du drain principal nous montre que :

- soit les apports des engrais ne sont pas assez suffisants pour polluer les eaux,
- soit la période de nos prélèvements a correspondu à un moment où les eaux d'irrigation ont eu le temps de diluer les éléments analysés.

#### II.1.5 Conclusion

Bien que les fertilisants alimentent les eaux en NPK, leurs concentrations restent assez faibles, en général, pour ne pas affecter la qualité de ces dernières.

## Qualité microbiologique des eaux

Comme cela a été  
évoqué au ch. 1  
(parag. 1.8)

L'irrigation du périmètre rizicole de la vallée du Kou a entraîné la remontée de la nappe phréatique. Cette nappe, peu profonde, peut être contaminée par infiltration des germes provenant des déjections aussi bien humaines qu'animales. Surtout dans les quartiers où l'eau est remontée jusqu'au niveau des fosses des latrines (quartiers 2, 3 et 5).

Ce problème s'avère crucial, lorsqu'on sait que la population utilise l'eau de cette nappe pour sa consommation quotidienne.

Ainsi cette partie a pour objectif de mesurer la pollution de ces eaux par les matières fécales.

### II.2.1. Les micro-organismes

#### II.2.1.1 Les germes pathogènes

##### II.2.1.1.1. Les bactéries pathogènes

Les bactéries sont des micro-organismes procaryotes appartenant au règne des protistes. Leur reproduction se fait par scissiparité. Leur taille varie de 1 à 10  $\mu\text{m}$ . Un certain nombre d'espèces bactériennes, normalement absentes de l'intestin d'une personne en bonne santé, sont responsables de la plupart des maladies infectieuses telles que le choléra, la fièvre typhoïde, la dysentérie, les maladies diarrhéiques. Ces bactéries pathogènes, généralement transmises à l'homme par voie digestive liée à la consommation d'eau ou d'aliments souillés, jouent un rôle déterminant dans la pollution biologique de la nappe phréatique.

##### II.2.1.1.2. Le virus

✓

Les virus sont des micro-organismes invisibles au microscope ordinaire. Les virus ne possèdent qu'un seul type d'acide nucléique ADN ou ARN, alors que toutes les autres cellules les possèdent tous les deux. Leur reproduction a lieu nécessairement dans des cellules vivantes et elles sont par conséquent des parasites intracellulaires. Leur taille inférieure à 0,3  $\mu\text{m}$  leur permet de traverser les filtres qui arrêtent habituellement les bactéries. De nombreux virus peuvent infecter une personne et être transmis à de nouveaux hôtes par voie digestive. Parmi eux, nous pouvons citer les virus de l'hépatite A, les rotavirus qui peuvent provoquer des diarrhées.

### II.2.1.1.3. Les protozoaires

Les protozoaires sont des micro-organismes unicellulaires eucaryotes appartenant au règne des protistes. Ils se multiplient par mitose. La forme infectante des protozoaires passent souvent sous forme de kystes dans les matières fécales et sont transmises à de nouveaux hôtes par voie digestive. L'*Entamoeba histolytica*, sous forme de kystes, peut subsister plusieurs semaines dans l'eau, il est à l'origine de la dysenterie amibienne. ✕

### II.2.1.1.4. Les helminthes

Les helminthes sont des vers parasites pluricellulaires eucaryotes. Parmi eux, nous pouvons citer : les parasites responsables de l'oxyurose et de l'ascaridiose. Ils sont transmis par voie digestive par l'intermédiaire des oeufs ou des kystes.

### II.2.1.2. Les indicateurs de pollution fécale

Le dénombrement des germes pathogènes est difficile et imprécis parce qu'ils sont en faible proportion par rapport à la flore habituelle. Ainsi, on est amené à rechercher des bactéries indicatrices de pollution fécale. Ces dernières accompagnent toujours les germes pathogènes et sont beaucoup plus nombreux qu'eux. ✕

Ces bactéries, germes non pathogènes, vivant exclusivement dans le tube digestif de l'homme et des animaux à sang chaud sont normalement absentes dans l'eau ; leur présence indique que l'eau a été souillée par de la matière fécale. ✕

Les bactéries couramment utilisées comme indicateurs de pollution fécale sont les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux.

#### II.2.1.2.1. Les coliformes

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, le groupe de coliformes comprend tous les bacilles en forme de bâtonnet, aérobies et anaérobies facultatifs, gram-négatifs, non sporogènes et provoquant en moins de 48 heures à 35 - 37°, la fermentation du lactose avec production d'acide et de gaz.

Les coliformes comprennent deux entités : l'une est celle des coliformes fécaux, hôtes du tube digestif humain et animal, l'autre d'origine non fécale fait partie des bactéries aquatiques et telluriques. Ces deux entités sont regroupées sous le terme de coliformes totaux.

*Expliquez davantage*

### II.2.1.2.2. Les streptocoques fécaux

On regroupe sous le terme de streptocoques fécaux, l'ensemble des streptocoques possédant la substance antigénique D de Lancefield. Ces coques assemblées en forme de chainettes sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud.

*expliquez davantage*

### II.2.2. Méthodologie *d'analyse*

#### \* Période de prélèvement

Les prélèvements ont été effectués le 09 Juin 1996.

#### \* Choix du témoin

Deux puits témoins du village Baoulé, zone située assez loin du périmètre, ont été choisis.

#### \* Zone de prélèvement

Comme dans le cas de l'analyse chimique, l'échantillonnage a été fait de façon à prendre en compte l'ensemble du périmètre. ( voir annexe 1 )

#### \* Conservation

Les échantillons d'eau ont été conservés au frais pendant le transport, puis au laboratoire et analysé dans le plus bref délai.

#### \* Paramètres analysés

Les coliformes fécaux pour mettre en évidence une pollution provenant des matières fécales humaines.

Les streptocoques fécaux pour mettre en évidence une pollution provenant des matières fécales animales.

#### \* Modes opératoires

Les modes opératoires au nombre de deux sont en annexe 3.

X

### \* Normes

Le tableau ci-après extrait du premier volume des "Directives de qualité pour l'eau de boisson" donne les niveaux de qualité recommandés par l'OMS.

Micro-organismes	Unités	Valeurs Indicatives	Remarque
Coliformes fécaux	Nombre/100 ml	0	Ne doit pas se reproduire fréquemment, si cette valeur s'observe fréquemment <del>que</del> et que l'assainissement s'avère impossible, changer de source
Coliformes totaux	Nombre/100 ml	10	

Pour les coliformes fécaux l'OMS n'a pas défini de valeurs indicatives. Les directives du conseil des communautés européennes et la réglementation française excluent impérativement les présences de coliformes fécaux et de streptocoque fécaux dans 100 ml d'échantillon.

#### II.2.3. Résultats et discussions

Les analyses ont portés sur seize (16) échantillons dont deux (2) puits témoins pris au village Baoulé.

Le tableau ci-après donne les résultats des analyses.

Tableau 7 : résultats des analyses microbiologiques

Echantillons	Identités	Localisations	Coliformes fécaux nombre/100 ml	Streptocoques fécaux nombre/100 ml
1	Puits témoin	Baoulé	>500	>400
2	Puits témoin	Baoulé	>500	142
3	Puits	Q1	>500	>400
4	Puits	Q1	>500	398
5	Puits	Q2	>500	>400
6	Puits	Q2	>500	-
7	Puits	Q2	>500	>400
8	Puits	Q4	>500	>400
9	Puits	Q4	>500	378
10	Puits	Q5	>500	276
11	Puits	Q5	>500	255
12	Puits	Q5	>500	>400
13	Puits	Q6	>500	144
14	Puits	Q5	>500	212
15	Canal	Canal principal	>500	>400
16	Lac	Lac de Bama	>500	46

*Qx = quartier x*

Les résultats du tableau ci-dessus montre<sup>nt</sup> que :

- tous les points d'eau analysés ont leurs concentrations supérieures à 500 coliformes fécaux pour 100 ml d'échantillon. Ces concentrations sont donc nettement au dessus du seuil indiqué par l'OMS (0 coliformes fécaux pour 100 ml d'échantillon).

- tous les échantillons analysés ont leurs concentrations largement supérieures à la concentration fixée par les directives du conseil des communautés européennes qui est 0 streptocoque fécal pour 100 ml.

En dehors du lac qui semble présenter une particularité (49 streptocoques fécaux pour 100 ml), tous les échantillons ont leurs concentrations supérieures à 100 streptocoques fécaux pour 100 ml.

En effet, sur les 15 échantillons analysés, 7 ont leurs concentrations supérieures à 400 streptocoques fécaux pour 100 ml d'échantillon, 2 ont leurs concentrations comprises entre 300 et 400 streptocoques fécaux pour 100 ml, 3 entre 200 et 300 streptocoques fécaux pour 100 ml et 2 entre 100 et 200 streptocoques fécaux pour 100 ml. Le minimum trouvé est 142 streptocoques fécaux pour 100 ml. Ce minimum est la concentration d'un puits témoin pris au village Baoulé.

X

Nous pouvons retenir que les concentrations des échantillons analysés sont nettement supérieures aux valeurs fixées par l'OMS et par les directives du conseil des communautés européennes.

En ce qui concerne la comparaison des degrés de pollution d'un puits par rapport à l'autre, il serait difficile de le faire dans le cas des coliformes fécaux, car après l'incubation de ces coliformes, il s'est trouvé que les colonies de ces derniers étaient très nombreuses à tel point qu'il était impossible de les décompter. Par conséquent, il a été déterminé une valeur certaine d'être dépassée par le nombre des coliformes fécaux contenus dans les différents échantillons.

X

X

En ce qui concerne les streptocoques fécaux, le tableau ci-dessus montre que le lac est le moins chargé. Cela pourrait s'expliquer par l'effet d'auto-épuration des lacs.

Ensuite vient un puits témoin pris dans le village Baoulé. Cependant, le deuxième puits témoin a une concentration très élevée (supérieure à 400 streptocoques fécaux pour 100 ml d'échantillon). Cela est sans doute dû au manque d'hygiène constaté à côté de ce puits.

chyle

Les puits du quartier 6 semblent être moins pollués par rapport à ceux des autres quartiers (quartiers 1, 2, 4, 5). Cela pourrait s'expliquer par le fait que ce quartier n'est pas situé dans une zone basse. Par conséquent le niveau de la nappe est plus profond dans ce quartier que dans les autres ci-dessus cités.

Il convient de signaler que le niveau de la nappe phréatique intervient dans la pollution des eaux souterraines. Néanmoins il ne faudrait pas oublier ces facteurs constatés sur le terrain qui favorisent la pollution de la nappe :

- certains puits sont sans margelles ;
- les abords des puits ne sont pas souvent propres ;
- tous les puits ne sont pas couverts ;
- les puisettes sont déposées par terre.

L'eau utilisée pour l'irrigation est très chargée (plus de 500 coliformes fécaux pour 100 ml et plus de 400 streptocoques fécaux pour 100 ml). Cette eau atteint la nappe avec une grande partie de sa charge.

En effet, la riziculture de submersion impose qu'une lame d'eau soit maintenue dans les parcelles. Par conséquent le sol des parcelles est saturé sur toute son épaisseur. Son rôle de filtration pour la rétention des bactéries se réduit, laissant ainsi l'eau d'irrigation se retrouver dans la nappe avec une grande partie de ses germes.

#### II.2.4. Conclusion

Nous pouvons affirmer que le périmètre favorise la pollution de la nappe par le fait qu'il a entraîné sa remontée, réduisant ainsi l'épaisseur de la zone non saturée du sol qui joue le rôle de filtre dans la rétention des germes.

*style*

En outre l'eau utilisée pour l'irrigation, très chargée, se retrouve dans la nappe avec une grande partie des germes.

**CHAPITRE III :**  
**UTILISATIONS DE L'EAU ET MALADIES**  
**HYDRIQUES**

### III.1. Utilisation de l'eau et implications sanitaires potentielles

L'eau c'est la vie a-t-on l'habitude d'entendre, pour marquer son importance pour toute vie, pour l'agriculture etc.

Mais l'eau constitue aussi un élément dangereux pour la santé publique. Elle peut transmettre des maladies par ingestion ou par simple contact. L'analyse microbiologique a montré que les eaux de la vallée de Kou sont polluées et peuvent, par ce fait, provoquer des maladies. Pour cela, à travers les différentes utilisations faites de l'eau par la population locale, nous allons étudier les maladies hydriques auxquelles elle pourrait être exposée.

#### III 1-1 Utilisation de l'eau pour la consommation

Rappelons que l'exploitation du périmètre a permis une importante remontée de la nappe. Par ce fait, les fonds des latrines, surtout dans les quartiers 2,3,5 sont remplies d'eau pouvant entraîner des germes pathogènes vers les puits (pollution confirmée par les résultats de nos analyses microbiologiques).

Les paysans en buvant ces eaux des puits sont exposés aux maladies telles que les diarrhées, la dysenterie, les parasitoses intestinales.

#### III 1-2 Utilisation de l'eau pour le lavage (bain, lessive)

Pour la lessive et le bain, les eaux des puits et des forages demeurent les plus utilisées. Le danger présenté par cet usage de l'eau est faible.

Lors de nos séjours sur le terrain, nous avons observé en maintes reprises que les eaux des canaux primaire et secondaires servaient de lieu de baignade aux enfants et de lessive aux jeunes filles. Ce qui leur expose à la bilharziose. X

Le petit cours d'eau, le Bongo, est utilisé par des jeunes filles et des femmes pour la lessive. Ce contact avec l'eau du cours d'eau leur expose d'une part à la bilharziose, d'autre part aux parasitoses intestinales telles que l'anguillulose, l'ankylostomiase car aux abords du cours d'eau, on trouve des déjections humaines. X

### III 1-3 Utilisation de l'eau pour l'irrigation

La riziculture de submersion, qui est pratiquée, nécessite que durant une période qui peut aller jusqu'à la totalité du cycle du riz, le sol soit recouvert d'eau. Cette lame d'eau qu'il faut maintenir d'une part et l'eau stagnante des fossés de colature d'autre part constituent un milieu favorable à la transmission de la bilharziose et des parasitoses intestinales.

### III 1- 4 Utilisation de l'eau pour la pêche

La pêche est pratiquée dans le lac de Bama. Les pêcheurs dans la pratique de leur activité sont exposés à la bilharziose. Car l'eau du lac, douce et peu courante, constitue un lieu de prédilection pour les mollusques. Ils peuvent également être exposés aux maladies diarrhéiques en buvant l'eau du lac. Cependant ces risques peuvent être moins importants que lorsqu'ils boivent l'eau des puits. (Eau de puits plus chargée en streptocoques fécaux que celle du lac).

### III 1-5 conclusion

Nous pouvons retenir que les risques liés à l'utilisation de l'eau sont : l'exposition à la bilharziose, à l'ankylostomiase, à l'angullulose et aux maladies diarrhéiques. *incomplet*

✓

**III 2 Etudes des maladies hydriques Enregistrées au Centre de santé et de promotion sociale(CSPS) de Bama pendant ces 5 dernières années.**

**III 2-1 Etat sanitaire de la population**

Le tableau ci-dessous donne le nombre de cas de maladies hydriques enregistrées au CSPS de Bama .Ces cas doivent être pris ~~avec~~ avec un peu de réserve car les personnels traitants se basent sur la clinique lors des consultations. *A compléter*

La population couverte par le centre de santé est environ 25 000 habitants.

Il convient de signaler que nous n'avons pas pu avoir les chiffres de cas d'affections précédant l'exploitation du périmètre.

Affections ou symptômes dominants	an 1992	an 1993	an 1994	an 1995	an 1996
Choléra	0	0	0	0	0
Fièvre typhoïde et paratyphoïde	0	0	0	0	0
Dysenterie	96	104	118	197	195
Diarrhée avec déshydratation	0	0	8	109	74
Diarrhée sans déshydratation	228	273	287	372	317
Schistosomiase intestinale	6	0	0	0	0
Schistosomiase urinaire	9	5	12	4	9
Dracunculose	0	0	0	0	0
Parasitoses intestinales	138	175	257	212	215
Total	477	557	682	894	810

?

Tableau n° 8 : Nombre de cas de maladies hydriques

Affections ou symptômes dominants	an 1992	an 1993	an 1994	an 1995	an 1996
Choléra	0	0	0	0	0
Fièvre typhoïde et paratyphoïde	0	0	0	0	0
Dysenterie	20,1	18,7	17,3	22,0	24,1
Diarrhée avec déshydratation	0	0	1,2	12,2	9,1
Diarrhée sans déshydratation	47,8	49,0	42,1	41,6	39,1
Schistosomiase intestinale	1,3	0	0	0	0
Schistosomiase urinaire	1,9	0,9	1,8	0,5	1,1
Dracunculose	0	0	0	0	0
Parasitoses intestinales	28,9	31,4	37,6	23,7	26,6
Total	100	100	100	100	100

Tableau n°8 bis : Le pourcentage de cas de maladies hydriques enregistrés au CSPS de Bama.

Au regard des affections, nous remarquons qu'aucun cas de choléra, de fièvre typhoïde et paratyphoïde et de dracunculose n'a été déclaré au CSPS de Bama.

## BILHARZIOSE (Schistosomiase)

D'après les données du CSPS de Bama, la bilharziose est peu présente à la Vallée du Kou; on y rencontre par an moins de 9 cas sur 10 000 habitants.

La bilharziose intestinale est pratiquement inexistante. Cela est sans doute dû <sup>en</sup> ~~du~~ fait que le planorbe, mollusque spécifique de la bilharziose intestinale, meurt lorsqu'il est exposé quelques heures à plus de 30° (température observée pendant les heures chaudes à la journée à la Vallée du Kou). Quant à la bilharziose urinaire, sa présence en dent de scie au fil de ces 5 dernières années, ne nous permet pas d'affirmer s'il y a recrudescence ou baisse de la maladie. Seulement, nous pouvons affirmer qu'elle est faiblement présente. Par an, elle a un pourcentage compris entre 0,5 et 1,9 % des cas de maladies hydriques.

**Evolution interannuelle de la schistosomiase urinaire**

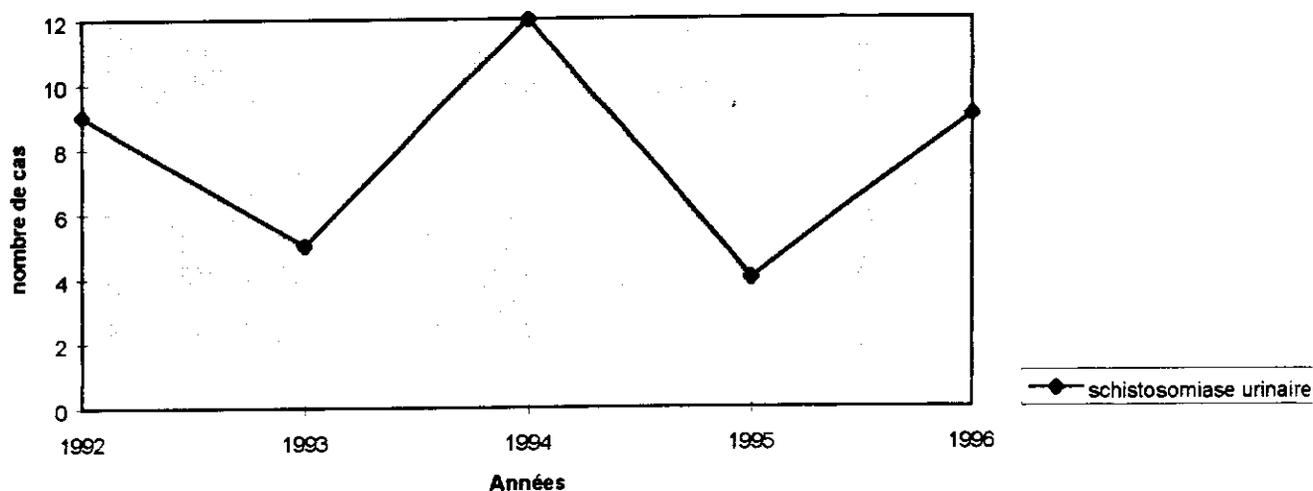


Figure 1

### LES DIARRHEES :

Nous pourrions distinguer 2 formes de diarrhées :

- diarrhée sans déshydratation ( cas le plus fréquent),
- diarrhée avec déshydratation (cas le moins fréquent et le plus grave).

## Diarrhée sans déshydratation :

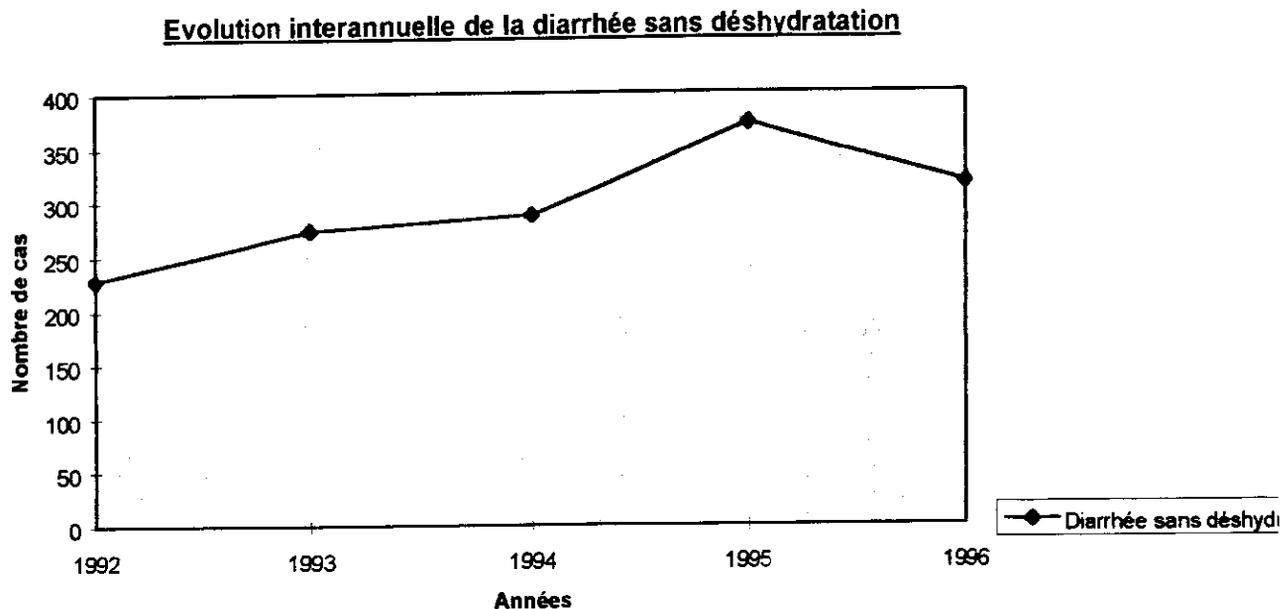


Figure 2

De 1992 à 1995, cette forme de diarrhée a connu une augmentation puis une légère baisse en 1996. Elle est la plus fréquente des maladies du péril fécal.

Par rapport au cas de maladies hydriques, elle a un pourcentage annuel compris entre 49 et 53,3 %.

### Diarrhée avec déshydratation

Cette forme de diarrhée, la moins fréquente mais la plus grave, a un pourcentage annuel, par rapport aux maladies hydriques, inférieur ou égale à 12 %. Cependant, depuis ces deux (2) dernières années, elle s'est révélée plus présente que la bilharziose.

### LA DYSENTERIE

Elle a connu la même évolution dans le temps que la diarrhée sans déshydratation, le nombre de cas de dysenterie augmente de 1992 à 1995 pour connaître une baisse à la légère en 1996. Elle est moins dominante que les diarrhées sans déshydratation. Toutefois sa présence par rapport aux maladies hydriques ne passe pas inaperçu. Les cas de dysenterie enregistrés au C.S.P.S de Bama ont un *constituent* pourcentage annuel compris entre 17,3 et 24,1 % des maladies hydriques. Sur 10000 habitants 78 cas ont été observés l'an dernier.

### Evolution interannuelle de la dysenterie

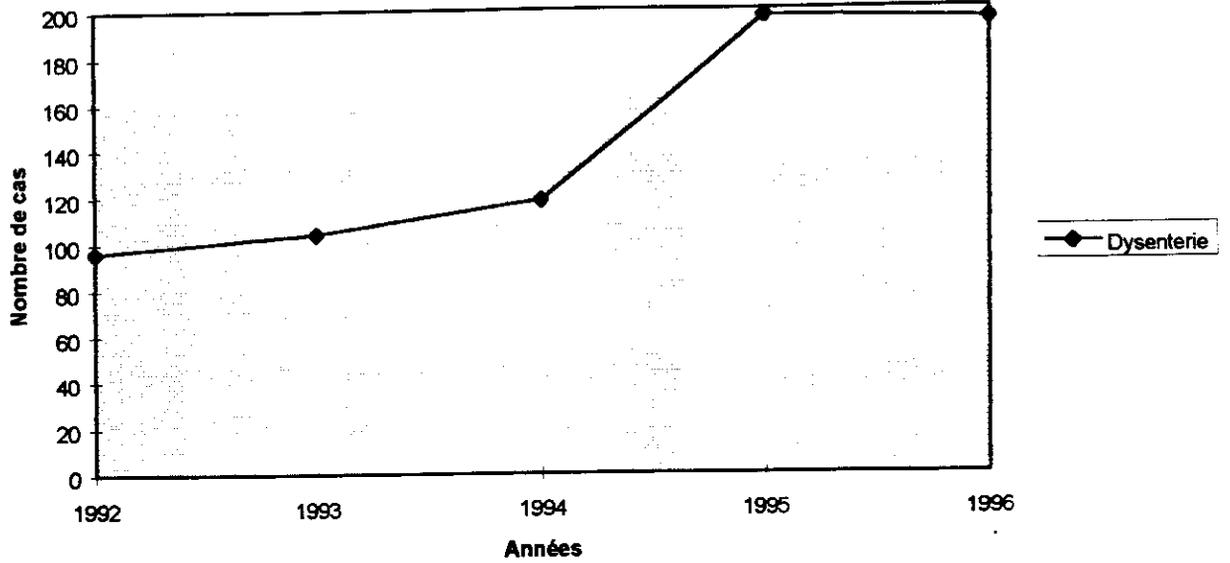


Figure 3

### LES PARASIToses INTESTINALES

Ces parasitoses représentent 23 à 38 % des maladies hydriques. Elles connaissent une augmentation progressive, puis une baisse en 1995 pour se stabiliser quasiment.

### Evolution interannuelle des parasitoses intestinales

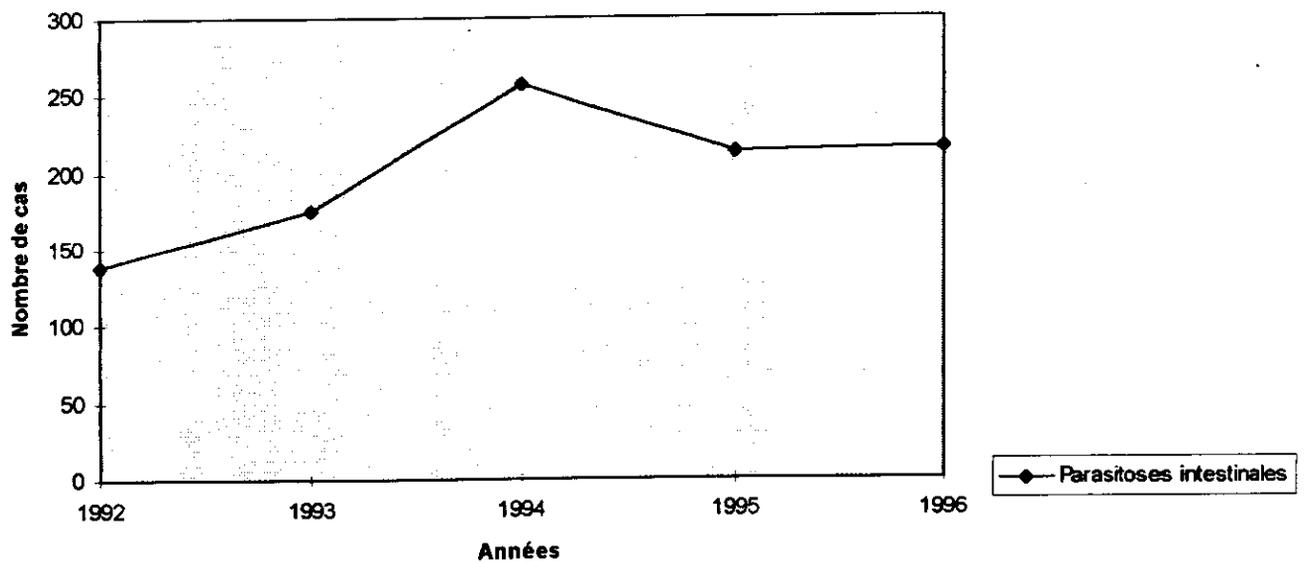


Figure 4

### III 2-3 Synthèse des analyses

Il ressort des analyses les situations suivantes :

- Absence totale de choléra, de fièvre et paratyphoïde, et de dracunculose.
  - Absence de schistosomiase intestinale ces quatre (4) dernières années
  - Présence régulière de bilharziose urinaire mais à faible prévalence
  - Assez faible morbidité dysentérique avec en moyenne moins de 1% de cas dans la population et 20 % parmi les maladies hydriques
  - Prévalence moyenne de parasitoses intestinales
- Prévalence assez élevée des diarrhées.

non

Elles représentent 43 % des maladies hydriques.

La dysenterie et les diarrhées, prises ensemble, ont une prévalence élevée. Elles représentent plus de 60 % de maladies hydriques.

### III 2-4 Conclusion

Ces maladies (bilharziose urinaire, dysenterie, diarrhée, parasitoses intestinales) ont en commun une apparition régulière. Chaque année des cas sont observés, avec une croissance progressive de la dysenterie, de la diarrhée sans déshydratation et des parasitoses intestinales jusqu'en 1994.

La prévalence élevée par rapport aux <sup>autres</sup> maladies hydriques de l'ensemble diarrhées et dysenterie pourraient s'expliquer par la mauvaise qualité microbiologique des eaux de puits.

✓

Les maladies hydriques semblent avoir une prévalence assez faible dans la population. Cela pourrait s'expliquer par le fait que tous les paysans malades ne vont pas au centre de santé pour se traiter ; donc le nombre de cas de maladies enregistré est plus faible qu'il ne l'ait en réalité.

/ style :

## CONCLUSION GENERALE

A l'issue de notre travail, nous pouvons dire que la qualité chimique des eaux, en ce qui concerne les principaux constituants des engrais, ne présente pas de danger pour la santé de la population. Les nitrites et les nitrates qui sont les éléments dangereux pour la santé ont leurs teneurs largement en dessous des normes.

Pour les nitrites, la concentration maximale obtenue est 0,01 mg/l tandis que les normes sont 0,1 mg/l (norme européenne) et 1 mg/l (norme OMS). Pour les nitrates, la concentration maximale est 14,84 mg/l alors que les normes préconisent 50 mg/l.

La qualité microbiologique des eaux est mauvaise. Toutes les eaux y compris celles des deux puits témoins du village Baoulé sont très polluées. Leurs teneurs en coliformes fécaux et en streptocoques fécaux dépassent largement les normes européennes et de l'OMS.

Il convient de signaler que, hormis ~~qu'à~~ l'exception de l'eau du lac, les eaux du périmètre semblent être les plus polluées. ✓

En définitive, l'utilisation des engrais dans le périmètre ne pollue pas pour le moment les eaux souterraines et de surface. La pollution actuelle est due à la matière fécale.

Concernant les risques sanitaires, les paysans sont très exposés aux maladies du péril fécal. En outre leur contact soutenu avec les eaux, dans les canaux, le Bongo et surtout dans le lac de Bama et les rizières peut favoriser l'expansion de la bilharziose, de l'ankylostomiase, de l'angullulose. ✓

Pour réduire les risques sanitaires, il faut agir en fonction du type de maladie :

- lutte contre les maladies dues à l'absorption de l'eau.

Nous proposons :

- la construction des forages pour le captage de la nappe d'eau profonde,
- la sensibilisation de la population sur l'utilisation des eaux de forages et les risques qu'elle encourt en buvant les eaux du lac et des canaux, ✓

*techniques simples*

– la sensibilisation de la population sur l'usage des systèmes pour rendre l'eau potable, si la construction des forages s'avère difficile. Par exemple, on pourra faire bouillir l'eau pendant 20 mn ou mettre deux (2) gouttes d'eau de Javel dans un (1) litre d'eau.

– lutte contre les maladies dues au contact de l'eau.

Nous proposons :

- d'interdire à toute personne d'utiliser les eaux des canaux d'irrigation à d'autres fins.
- de sensibiliser la population à éviter tout contact avec de l'eau stagnante ou peu courante en dehors de leur activité (la pêche, irrigation),
- de mener une lutte contre les mollusques, en débroussaillant les berges et en curant les canaux d'irrigation.

*? illusoire ?*

Pour tous les deux types de maladies, il faut une sensibilisation sur l'importance de l'hygiène car une eau potable peut être souillée pendant son transport et son stockage si l'hygiène fait défaut (par exemple un récipient sale). De même les maladies dues à l'ingestion d'eau souillée, peuvent être également transmises par les aliments souillés et les mains sales.

Il faut amener la population à ne pas uriner, ni jeter les excréments à côté des points d'eau.

Il faut également amener la population à contrôler les animaux et à ne pas les laisser divaguer à proximité des points d'eau.

La médecine curative peut venir en complément aux actions préventives. Pour cela, l'Etat pourrait donner des moyens matériels aux personnels traitant pour faire des analyses médicales surtout les analyses de selles. Il pourrait, également, subventionner les médicaments qui seront mis à la disposition des centres de santé..

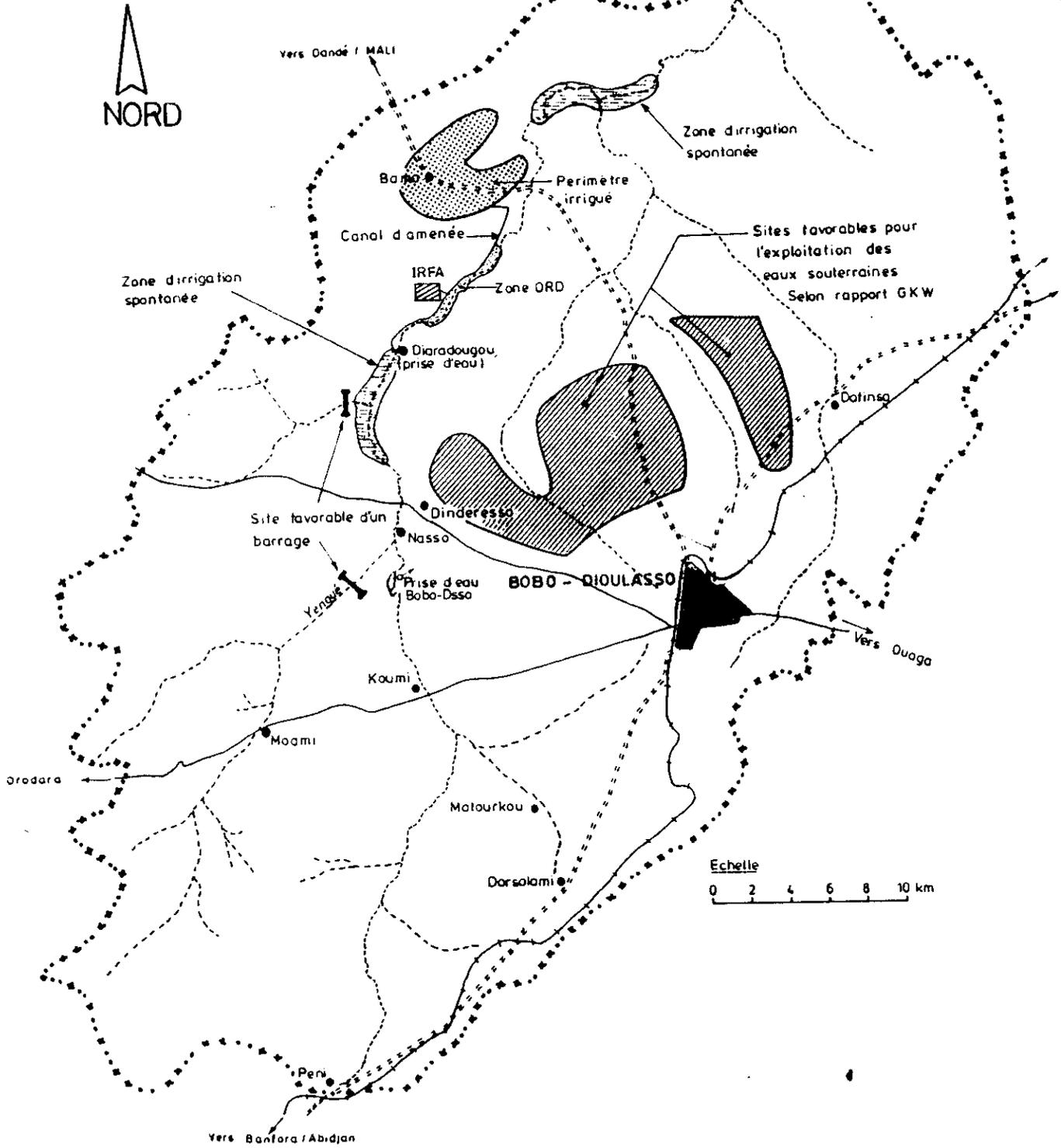
## BIBLIOGRAPHIE

1. J. RODIER  
L'analyse de l'eau 8ème édition  
Collection
2. Ministère de la Coopération Française  
Protection des cultures alimentaires en Afrique de l'Ouest et Centrale
3. Hydrogéologie 1996 N°3
4. M.C. VILAND  
Eau et Santé.
5. N. BALIMA  
Communication présentée à la réunion sur la promotion de la double culture tenue du 15 Avril 1994 à Niamey.
6. J.R. GUILLERET  
Polycopié (EIER) travaux pratiques d'analyses physico-chimiques.
7. J.R. GUILLERET  
Cours de Microbiologie des Eaux
8. K. DENYIGBA  
Travaux pratiques Microbiologie des Eaux
9. Agence Française pour l'aménagement et le développement  
Manuel d'urbanisme pour les pays en développement  
Tome 5.
10. A. BABA-MOUSSA  
Etude de la pollution bactériologique de la nappe phréatique à partir d'une latrine en Afrique Tropicale.
11. D.M. DAOU  
Les Aspects sanitaires des projets de développement des ressources en eaux (PDRE)

# Annexe 1

BOULASSO

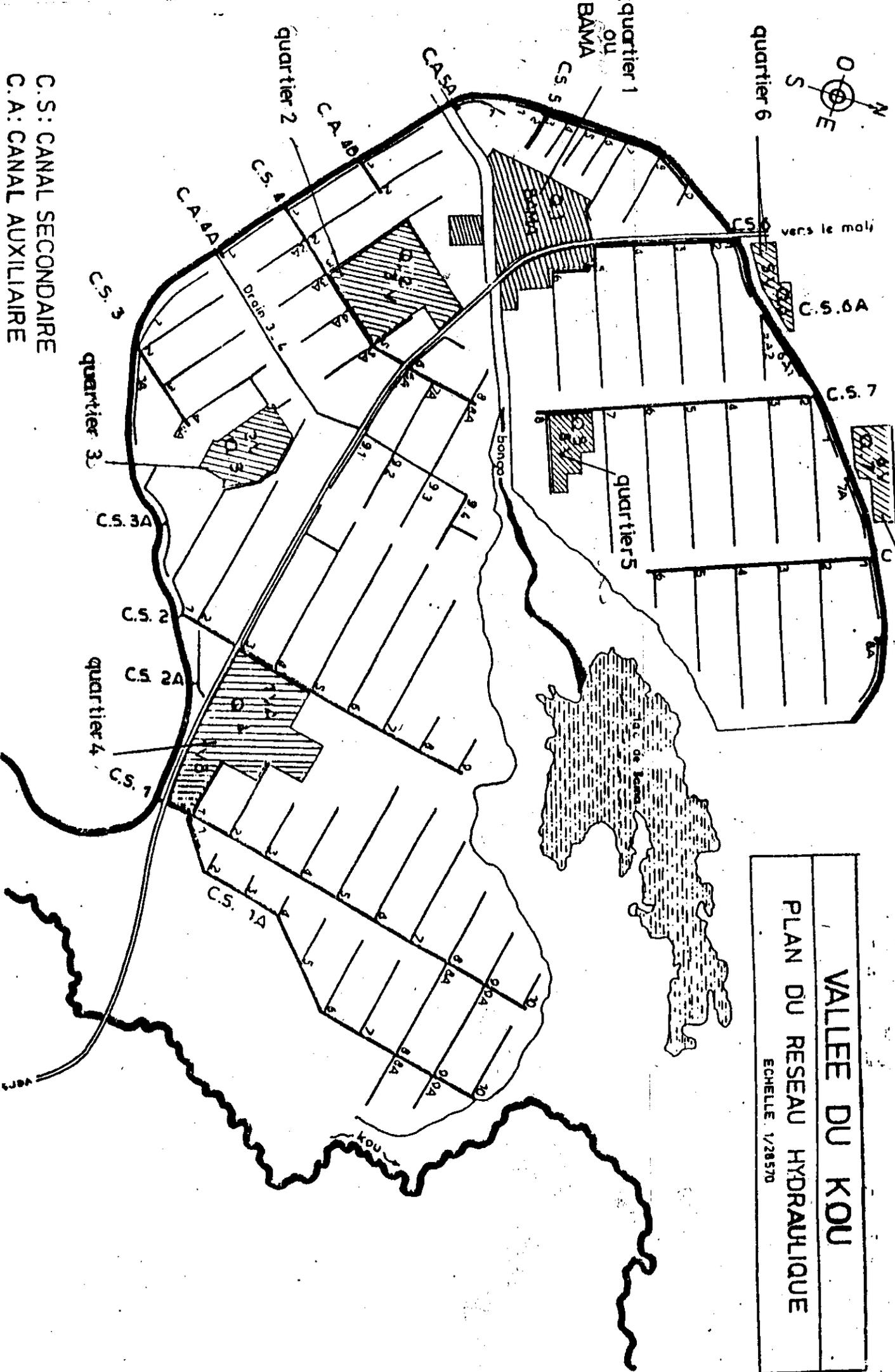
xx Annexe 1.2



INTERNATIONAL WATER SUPPLY CONSULTANTS		PROJET Etude de prelevement d'eau		NO 60.346
<b>IWACO B.V.</b>		DESS AS	APPR	DATE 19/12/85
APPROVISIONNEMENT EN EAU DEVELOPPEMENT RURAL		CLIENT Vallée du Kou		
BUREAU AFRIQUE OCCIDENTALE BP 2523 OUAGADOUGOU BURKINA FASO		CARTE TOPOGRAPHIQUE DU BASSIN VERSANT DU KOU		

VALLÉE DU KOU  
PLAN DU RESEAU HYDRAULIQUE

ECHELLE 1/28570



C.S: CANAL SECONDAIRE  
C.A: CANAL AUXILIAIRE

## **ANNEXES**

## **ANNEXE 3**

## I. LA DCO

### 1. Principe

Dans les conditions opératoires bien définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par le dichromate de potassium en milieu acide et en présence de catalyseurs. L'excès de dichromate introduit est dosé par un réducteur, le sulfate ferreux, on peut remonter à la quantité de dichromate consommé par les matières oxydables.

### 2. Mode opératoire

- Vérifier le titre de la solution ferreuse à utiliser
- Préparer l'échantillon en procédant ainsi, mettre 10 ml de l'échantillon dans une éprouvette.
- Ajouter quelques billes de verre, une pincée de sulfate mercurique environ 0,4 g, 6 ml de dichromate 0,1 N et 14 ml du solution sulfurique 4M.
- Porter en ébullition pendant 2 h dans un reflux
- Puis compléter à 75 ml avec de l'eau distillée et laisser refroidir.
- Ajouter deux gouttes de ferroïne 0,1 N la DCO exprimé en mg/l s'écrit :

$$\text{DCO mg/l} = 8.000 \frac{N_1 (V_B - V_e)}{V_0}$$

$V_B$  = Volume de solution ferreuse utilisée pour l'essai à blanc

$V_e$  = Volume de solution ferreuse utilisée pour l'échantillon

$V_0$  = Volume de la prise d'essai

$N_1$  = Normalité de la solution

## II. NITRITE

### 1. Principe

On réalise la diazotation de la sulfanilamide par  $\text{NO}_2^-$  en milieu acide et en présence de la N-1 naphty éthylène diamine.

Il se produit alors une réaction de copulation conduisant à la formation d'un complexe coloré pourpre permettant un dosage calorimétrique.

### 2. Préparation de la gamme étalon

On introduit dans une série de fiole jaugées de 50 ml, les solutions suivantes :

N° de fioles	T	1	3	3	4	5
Solution F2	0	1	2,5	5	7,5	10
Eau distillée	Compléter à 50 ml					
Correspondance mg/l de nitrites	0	0,02	0,05	0,1	0,15	0,2

### 2. Développement de couleur

Mettre l'échantillon à analyser dans une fiole de 50 ml (E).

Ajouter 1 ml de réactif de diazotation dans l'échantillon et dans l'étalon. Bien mélanger et attendre 10 mn.

Faire les lectures de densité optique sur le photocalorimètre à la longueur d'onde  $\lambda = 543$ , puis déterminer la concentration en nitrites à partir de la courbe d'étalonnage  $D = f(c)$ .

### III NITRATE

#### 1. Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent un composé de couleur jaune, le paramitrosalicylate de sodium, lequel permet un dosage spectrophotomètre.

#### 2. Courbe à étalon

N° de Capsules	T	I	II	III	IV
Solution étalon d'azote nitrique	0	1	2	5	10
Eau permutée	10	0,5	1	2,5	5
Correspondance en mg/l et azote nitrite	0	0,5	1	2,5	5
Solution d'azoture de sodium	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Acide acétique	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

- Attendre 5 minutes puis évaporer à sec au bain marie.
- Ajouter 1 ml de salicylate (1%) sodium
- Reprendre le résiduum par 1 ml d'acide sulfurique concentré.
- Attendre 10 mn
- Ajouter 15 ml d'eau permutée puis 10 ml de NaOH (1N) qui développe la couleur jaune
- Faire la lecture en absorbance à la longueur d'onde 4,5 nm.
- Tracer la courbe d'étalonnage, puis déterminer la concentration en azote nitrite.
- Multiplier les concentrations obtenus par 4,43 pour obtenir la concentration en nitrate.

#### IV POTASSIUM

La détermination du potassium a été fait à l'aide d'un photomètre à flamme.

##### Mode opératoire

Introduire successivement dans la jaugée de 100 ml :

N°	T	1	3	3	4	5	E
Etalon K 1000 mg/l	0	1	2	3	4	5	0
Echantillon	0	0	0	0	0	0	100
Eau distillée	QSP 100 ml						
ml tampon K	1	1	1	1	1	1	1
K mg/l	0	10	20	30	40	50	?

- Faire les lectures des étalons à l'aide d'un photomètre à flamme puis celle de l'échantillon.
- Déterminer la concentration en k à partir de la courbe d'étalonnage  $I = f(\text{concentration en mg de k})$ .

## V PHOSPHORE

- Mettre 50 ml de l'échantillon dans un fiole de 50 ml.
- Mettre 50 ml d'eau distillée dans un deuxième fiole (témoin)
- Ajouter 1g de persulfate de potassium dans chaque fiole.
- Ajouter 5 ml de  $H_2SO_4$  5,25 N dans chaque fiole.
- Chauffer l'ensemble pendant 30 mn
- Laisser refroidir à la température du laboratoire
- Mesurer 25 ml de chaque solution
- Ajouter 1 ml de molybda vanadat chaque solution
- Faire la lecture du témoin au DR/2000 au programme 481.
- Annuler la valeur
- Faire la lecture de l'échantillon

La valeur obtenue donne la concentration en phosphore totale contenue dans l'échantillon. Cette valeur peut être convertie en concentration de  $PO_4^{3-}$  en la multipliant par 3,07.

## VI COLIFORMES FECAUX

### Méthode de filtration sur membrane

#### Prise d'essai

La quantité de prise d'essai de l'échantillon est de 100 ml.

#### Ensemencement

Le milieu de culture utilisé est Agar : Tergitol-7 + TTC.

- Filtrer la prise d'essai sur une membrane stérile de 0,45 um.
- Transférer la membrane à l'aide d'une pince stérile sur la boîte de pétri contenant le milieu gélosé, en s'assurant qu'il n'y ait pas d'air emprisonné entre la membrane et le milieu.
- Encuber à 44°C pendant 48 Heures.

#### Lecture et comptage

- Compter les colonies jaune rougeatre : coliformes fécaux
- Expression des résultats /

$$N = \frac{n \ 100}{V}$$

N = nombre de coliformes fécaux dans 100 ml d'échantillon

n = nombre de colonies comptées

v = volume de la prise d'essai.

## VII STREPTOCOQUES FECAUX

### Méthode de filtration sur membrane

#### Prise d'essai

La quantité de prise d'essai de l'échantillon est de 100 ml.

#### Ensemencement

Le milieu de culture utilisé est milieu Stanetz.

- Filtrer la prise d'essai sur une membrane stérile de 0,45 um.

- Transférer la membrane à l'aide d'une pince stérile sur la boîte de pétri contenant le milieu gélosé, en s'assurant qu'il n'y ait pas d'air emprisonné entre la membrane et le milieu.

- Laisser incuber à 37°C pendant 48 Heures.

#### Lecture et comptage

- Compter les colonies violet : streptocoques

- Expression des résultats /

$$N = \frac{n \ 100}{v}$$

N = nombre de coliformes fécaux dans 100 ml d'échantillon

n = nombre de colonies comptées

v = volume de la prise d'essai.

## ANNEXE 4

COOPERATIVE DES EXPLOITANTS  
DE LA VALLEE DU KOU  
BP. 1 - BAMA  
\*\*\*\*\*

### CALENDRIER AGRICOLE 1ère CAMPAGNE 1995 ALLANT DU 15/12/94 AU 25/05/1995

D A T E S	O P E R A T I O N S
Du 15/12 au 19/12/94..... 20/12/94 ..... Le 22/12/94 .....  Le 27/12/94 .....  Du 25/01 au 12/02/95	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nettoyage des canaux d'irrigation</li> <li>• ouverture du canal</li> <li>• trempage de la semence</li> <li>– désinfection au thioral suivi de l'incubation de la semence</li> <li>• semis de la pépinière,</li> <li>– irrigation régulière de saturation,</li> <li>– épandage de la fumure organique puis labour et hersage.</li> <li>– réfection des diguettes</li> <li>– mise en boue et planage</li> <li>• repiquage.</li> </ul>
<p><u>NB</u> : appliquer 250 kg d'engrais coton/ha.</p> <p><u>JOUR APRES REPIQUAGE.</u></p>	
D A T E S	O P E R A T I O N S
Du 20/02/95 au 10/03/95 ..... Du 09/02/95 au 24/02/95 ..... Du 17/02/95 au 03/03/95 .....  20/05/95 ..... Du 25/05/95 au 10/06/95 .....	<ul style="list-style-type: none"> <li>• entretien canaux d'irrigation</li> <li>• épandage de 75 kg d'urée sur sol humide</li> <li>• entretien puis sarclo-binage</li> <li>– réseau (canaux et drains) nettoyage diguettes.</li> <li>• fermeture du canal.</li> <li>– pose des carrés de rendement.</li> </ul>

N.B. : Traitement à la demande.

Vallée du Kou, le 08/12/94

Le Président de la Commission  
d'Urgence

## ANNEXE 5

### Période du prélèvement par rapport à celle de l'apport des fertilisant §

✓

Notre stage sur le terrain a débuté le 8 avril 1997 et nos prélèvements se sont effectués au cours de la première campagne agricole, campagne se faisant pendant la saison sèche.

Le premier prélèvement a eu lieu le 30 Avril et le second le 15 mai.

Il convient de signaler que nous n'avons pas pu avoir le calendrier agricole de 1996 car la grande coopérative des exploitants de la vallée du Kou qui s'en occupait a été dissoute. Cependant selon l'aiguadier qui fait également la riziculture, toutes les périodes d'opérations sont les mêmes chaque année.

Selon donc celui de 1995, les apports se font en décembre - janvier et en février.

Cependant du fait que la "grande" coopérative n'existe plus et de l'inefficacité des "petites" coopératives par quartiers qui ont vu le jour; des paysans sont allés jusqu'en Mars pour l'épandage des fertilisants.

Donc nous pouvons estimer que nos prélèvements se sont effectués 1 (un) mois après le dernier usage des engrais.

Inscrit sous n°

ANALISE DES EAUX DE LA VILLE

N° TERRAIN	PH	EC µS/cm	HCO3 <sup>-</sup> ppm	CA ppm	MG ppm	NA ppm	K ppm	Fe ppm	Cl <sup>-</sup> ppm	NO3 <sup>-</sup> ppm	SU4 <sup>-</sup> ppm
0001	7.9	77	59.4	6.7	4.0	5.4	3.1	<0,5	<0,5	<1	<2
0002	7.7	76	47.0	6.5	4.0	1.1	2.8	<0,5	<0,5	<1	<2
0003	7.7	76	43.7	6.6	3.9	0.8	2.8	<0,5	<0,5	<1	<2
0004	7.6	75	45.0	6.5	3.9	0.8	2.9	<0,5	<0,5	<1	<2
0005	7.9	76	44.2	6.5	3.9	0.8	2.8	<0,5	<0,5	<1	<2
0006	7.7	75	43.0	6.6	3.9	0.8	2.7	<0,5	<0,5	<1	<2
0007	8.9	72	42.8	6.5	3.6	0.8	2.7	<0,5	<0,5	<1	<2
0008	9.2	70	42.8	6.1	3.5	0.7	2.6	<0,5	<0,5	<1	<2
0009	7.1	76	99.9	13.6	7.5	1.0	4.8	1,2	<0,5	<1	<2
0010	7.6	68	36.6	5.5	3.1	0.8	3.5	<0,5	<0,5	<1	<2
0011	7.9	71	41.3	5.9	3.4	0.7	3.5	<0,5	<0,5	<1	<2
0012	8.1	68	38.1	5.6	3.2	0.7	3.6	<0,5	<0,5	<1	<2
0013	7.5	70	38.1	6.0	3.9	0.6	3.9	<0,5	<0,5	<1	<2
0014	7.5	76	43.4	6.7	3.9	0.6	2.8	<0,5	<0,5	<1	<2
0015	7.5	75	44.4	6.8	3.9	0.6	2.8	<0,5	<0,5	<1	<2
0016	7.5	75	44.8	6.8	4.0	0.7	2.8	<0,5	<0,5	<1	<2
0017	7.7	75	46.9	6.8	4.0	0.7	2.7	<0,5	<0,5	<1	<2
0018	7.9	75	45.1	6.7	4.0	0.7	2.9	<0,5	<0,5	<1	<2
0019	8.1	75	44.9	6.7	4.0	0.7	2.8	<0,5	<0,5	<1	<2
0020	8.2	74	43.0	6.9	3.7	0.7	3.0	<0,5	<0,5	<1	<2
0021	8.6	75	40.7	6.4	3.7	0.9	3.1	<0,5	<0,5	<1	<2
0022	9.2	73	24.5	5.9	3.6	0.6	3.1	<0,5	<0,5	<1	<2
0023	7.8	77	45.1	6.5	3.9	0.7	2.2	<0,5	<0,5	<1	<2
0024	9.1	68	38.9	6.0	3.3	0.8	2.8	<0,5	<0,5	<1	<2
0025	7.7	76	43.1	6.6	4.0	0.7	2.8	<0,5	<0,5	<1	<2
0026	7.5	77	44.5	6.8	4.0	0.8	3.0	<0,5	<0,5	<1	<2
0027	7.7	75	43.5	6.6	3.9	0.7	2.8	<0,5	<0,5	<1	<2
0028	7.6	75	43.3	6.7	3.9	0.7	2.7	<0,5	<0,5	<1	<2
0029	7.7	76	43.8	6.5	3.8	0.7	2.7	<0,5	<0,5	<1	<2
0030	7.4	76	45.8	6.9	3.8	0.8	2.8	<0,5	<0,5	<1	<2
0031	7.5	76	42.9	6.3	3.5	0.6	2.7	<0,5	<0,5	<1	<2
0032	7.6	75	41.9	6.8	3.8	0.5	2.6	<0,5	<0,5	<1	<2

$\bar{x} = 7.6$      $\sigma = 0.25$   
 $S = 0.64$      $S = 30.1$   
 $60 < 0.7\% < 100$

$\bar{x} = 7.3$      $\sigma = 0.95$   
 $S = 3.37$      $S = 17.9$   
 $60 < 0.7\% < 100$

$\bar{x} = 3.1$      $\sigma = 0.66$   
 $S = 0.66$      $S = 0.66$   
 $60 < 0.7\% < 100$

$\bar{x} = 7\%$      $\sigma = 0.5$   
 $S = 0.5$      $S = 0.5$   
 $60 < 0.7\% < 100$

$\bar{x} = 100\%$      $\sigma = 0.5$   
 $S = 0.5$      $S = 0.5$   
 $60 < 0.7\% < 100$

N°	PH	EC	HCO3	CA	Mg	NA	K	Fe	Cl	NO3	SO4
TERRAIN		µS/cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm				
29-8-85	7,2	101	61,0	10,0	6,1	0,7	2,9	-	-	-	-
AI	7,0	46	26,1	4,6	2,0	1,0	1,9	-	-	-	-
BI	7,3	70	38,7	6,9	3,4	0,7	3,1	-	-	-	-
CI	7,1	82	39,3	8,0	3,6	1,0	2,8	-	-	-	-
DI	7,1	79	39,8	8,2	3,3	0,8	2,6	-	-	-	-
EI	7,2	87	47,0	8,7	4,0	1,1	4,0	-	-	-	-
FI	7,2	89	50,3	8,5	4,1	1,1	3,7	-	-	-	-
HI	7,1	77	42,1	6,9	3,4	0,9	3,6	-	-	-	-
GI	7,1	88	44,0	8,2	3,7	0,8	4,3	-	-	-	-
II	7,2	60	50,2	5,0	2,5	0,7	2,6	-	-	-	-
JJ											
3-9-85 Porcherie											
1A2	7,4	103	55,5	8,7	5,9	0,6	2,5	-	-	-	-
2 BII Drain 1	6,7	37	11,1	2,4	1,3	1,0	1,6	-	-	-	-
3 CII Drain 2	7,0	72	37,3	5,2	3,7	0,6	2,2	-	-	-	-
4 DII Drain Princ	6,8	73	34,7	5,2	3,5	0,9	2,9	-	-	-	-
5 EII Drain 3et4	6,7	74	30,5	4,8	3,1	0,8	3,6	-	-	-	-
6 FII Tert4-7 A	6,7	81	37,0	5,1	3,3	1,0	3,6	-	-	-	-
7 GII Tert 4-8 A	6,8	83	39,5	5,4	3,7	0,8	3,2	-	-	-	-
8 HII Drain 6	6,6	70	42,4	4,2	3,0	0,9	3,7	-	-	-	-
9 I II Drain 7	6,5	74	22,7	4,6	3,2	0,7	3,4	0,6	-	-	-
10 J IV Emissai-res	6,8	60	27,6	3,6	2,4	0,8	2,6	-	-	-	-

de laboratoire



C.NAD.