

## DEDICACE

*A ma grand-mère, COMPAORE/SAWADOGO Nataba, qui par sa patience et sa bonté, sut guider mes premiers pas à travers les sentiers de l'école ;*

*A mes parents, TIZAMBO P. Dominique et TIZAMBO/COMPAORE Z. Catherine pour leur soutien indéfectible dont j'ai toujours bénéficié ;*

*Qu'ils trouvent ici le fruit de leurs efforts et la manifestation de ma reconnaissance.*

## REMERCIEMENTS

Aux termes de ces travaux, je tiens tout particulièrement à exprimer ma profonde gratitude à mon encadreur, Monsieur Angelbert BIAOU, Enseignant-Chercheur au 2iE pour sa disponibilité et ses conseils avisés. Mes remerciements vont aussi à l'ensemble du corps professoral du 2iE pour la qualité de la formation reçue, pour les conseils et les encouragements dont nous avons toujours bénéficiés. Merci chers enseignants.

Je tiens tout particulièrement à manifester ma reconnaissance au Coordonateur National du programme VREO, Monsieur Moustapha CONGO, et à l'ensemble de son personnel. Mes remerciements vont notamment :

- Au coordonateur lui-même pour avoir accepté notre stage et surtout pour l'attention particulière dont il a fait preuve à notre égard ;
- A mon encadreur, Monsieur Nestor Fiacre COMPAORE, qui n'a ménagé aucun effort pour satisfaire nos multiples sollicitations grâce sa constante disponibilité et ses remarques très opportunes et pour son encadrement efficient ;
- A l'Expert Med TALBAOUI, avec qui nous avons eu du plaisir à travailler et qui a co-encadrer ces travaux de mémoire ;
- Au Coordonnateur technique principal pour les moyens mis à notre disposition ;
- A Messieurs Valentin IOGO (Informaticien) et Tifori SOMA (Documentaliste) pour leur assistance permanente ainsi qu'à l'ensemble du personnel du programme VREO pour leur accueil chaleureux.

Je remercie également Joost WELLENS pour ses conseils avisés et la documentation mise à ma disposition. Mes remerciements s'adressent également à son collaborateur Farid.

A Nicolas GARDIN et ses collaborateurs du projet ESO j'exprime ma gratitude pour les données SIG, les analyses hydrochimiques et la documentation qu'il nous a fournies.

Je remercie mes parents, mes frères et sœurs, mes oncles Athanase COMPAORE et Boniface DOULKOM et leurs familles respectives pour leur soutien sans cesse renouvelé

A mon frère et ami, Sami Thierry SOU, qui a rendu mon séjour agréable à Bobo Dioulasso.

Mes remerciements vont également à l'ensemble de mes collègues promotionnaires pour leur collaboration fort enrichissante et confraternelle.

Je remercie sincèrement toutes les personnes qui, d'une manière ou d'une autre, ont apporté leur contribution à l'aboutissement de ce projet de fin d'étude.

« L'eau est une ressource précieuse. Sa gestion durable constitue un impératif national »

Article 1, Loi d'orientation relative à la gestion de l'eau (Burkina)

« Nous n'héritons pas la nature de nos ancêtres, nous l'empruntons à nos enfants. »

Proverbe indien

« L'eau est la chose la plus nécessaire à l'entretien de la vie, mais il est aisé de la corrompre... Car pour la terre, le soleil, les vents, ils ne sont point sujets à être empoisonnés, ni détournés, ni dérobés, tandis que tout cela peut arriver à l'eau, qui, pour cette raison, a besoin que la loi vienne à son secours »

Platon, « Les Lois »

« Eau notre miroir premier, tu reflètes aussi nos actes. »

Jacques LACARRIERE

« Jusqu'à ce que la douleur le lui enseigne, l'homme ne sait pas quel trésor est l'eau. »

Lord BYRON

## **PREAMBULE**

L'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'environnement (2iE), anciennement connu sous la dénomination Groupe EIER/ETSHER est une école dont la vocation est de former des ressources humaines compétentes dans les domaines de l'eau, des infrastructures, de l'environnement et de l'énergie. Aussi, privilégie-t-elle l'immersion dans le milieu professionnel au travers la réalisation de stages et projets au cours du cursus.

Ce travail de mémoire est l'épilogue de trois (3) années consacrant l'obtention du Master en Génie de l'Eau et de l'Environnement. C'est une contribution à l'étude pour la mise en place des mesures de délimitation et de gestion des périmètres de protection des sources de la Guinguette et des captages ONEA à Nasso, effectuée sous la conduite de Med TALBAOUI, Expert hydrogéologue-Géotechnicien chargé de l'étude. Il ne porte que sur la phase technique de la procédure aboutissant à la délimitation des périmètres de protection ainsi que les prescriptions réglementaires et recommandations de gestion y relatives. L'instruction administrative conduisant à la signature d'un arrêté et à sa notification ne sera pas abordé.

Ce mémoire a été conduit sous la direction pédagogique du Docteur Angelbert BIAOU, Enseignant-Chercheur au 2iE et sous la direction professionnelle de Monsieur Nestor Fiacre COMPAORE, Ingénieur du Génie Rural, chef de la composante B au VREO et de Monsieur Med TALBAOUI, Expert Hydrogéologue-Géotechnicien à SHER et chargé de la conduite de la présente étude.

## RESUME

Située dans le Sud-Ouest du Burkina, le bassin du Kou se trouve la bordure Sud-Est du bassin sédimentaire de Taoudéni. Sa géologie est constituée la plupart de formations gréseuses, de siltites, d'argilites et de carbonates datant du Précambrien. Ces formations sont le siège d'énormes potentialités hydrauliques qui sont à l'origine de nombreuses émergences dans la zone dont les plus importantes sont les sources de Nasso. Celles-ci revêtent une importance capitale pour la région car non seulement elles servent de captages pour l'alimentation en eau potable pour la ville de Bobo Dioulasso, mais aussi elles alimentent la rivière Kou dont l'aval est aménagé pour la riziculture et les cultures maraîchères. Cependant, la forte anthropisation de la région fait peser sur elles de sérieuses menaces de pollution. L'objectif principal de la présente étude est de délimiter des périmètres de protection autour de ces sources et des forages ONEA dans la zone pour parer à toute éventualité de pollution. Pour ce faire, une étude diagnostic du bassin d'alimentation des sources a été réalisée pour identifier les différentes sources de pollution effectives ou potentielles ainsi que la vulnérabilité des aquifères. Elle a été complétée par des essais de traçage afin de déterminer les paramètres hydro-dispersifs des aquifères ainsi que la prospection géophysique pour identifier les fractures qui pourraient constituer des chemins préférentiels pour la pollution. La modélisation des écoulements et de transport de polluants à ensuite permis la détermination des périmètres de protection immédiate (4 km<sup>2</sup>) et rapprochée (16 km<sup>2</sup>) correspondant respectivement aux temps de transfert de 24 heures et de 50 jours. Des prescriptions réglementaires et des recommandations pour une meilleure gestion de ces périmètres ont été édictées.

Mots clés : Bassin du Kou, sources de Nasso, Bobo Dioulasso, périmètre de protection, vulnérabilité intrinsèque, risque, DPSIR, essais de traçage, dispersivité, porosité efficace modélisation, temps de transfert.

## ABSTRACT

Located in southwestern Burkina, Kou basin lies along the southeastern sedimentary basin of Taoudéni. Its geology consists mostly of sandstone formations, of siltstones, argillites and carbonates from dated from the Precambrian. These formations include highly productive aquifers which are originally of many springs in the area and of which the most important are the springs of Nasso. These ones are great importance for the region not only because they serve as abstractions for drinking water supply for the city of Bobo Dioulasso, but they also fuel the Kou River which downstream is designed for rice-growing and market gardening. However, the high urbanization of the region posed a serious threat of pollution for these springs. The main objective of this study is to delineate the boundaries of protection around these sources and boreholes in the area to avoid any possibility of pollution. To do this, a diagnostic study of the basin feeding springs was conducted to identify the different sources of pollution or potential and the vulnerability of aquifers. It was supplemented by tests tracing to determine the hydro-dispersive parameters of the aquifers and exploration geophysics to identify cracks that could provide preferential pathways for pollution. Then, the modeling flow and transport of pollutants permit the determination of the scope of immediate protection perimeter (4 km<sup>2</sup>) and the close protection perimeter (16 km<sup>2</sup>) to the corresponding transfer time of 24 hours and 50 days. Regulatory requirements and recommendations for better management of these areas have been issued.

Keys-words: The basin of the Kou, Nasso springs, Bobo Dioulasso, protection perimeter, intrinsic vulnerability, risk, DPSIR, tracing tests, geophysics, dispersivity, modeling, transfer time.

## TABLE DES MATIERES

<b>DEDICACE</b>	<b>II</b>
<b>REMERCIEMENTS</b>	<b>III</b>
<b>PREAMBULE</b>	<b>V</b>
<b>RESUME</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>VII</b>
<b>TABLE DES MATIERES</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	<b>XI</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b>	<b>XI</b>
<b>LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE 1 : CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Gestion des ressources en eau au Burkina Faso</b>	<b>3</b>
1.1.1 Ressources en eau, mobilisation et exploitation	4
1.1.1.1 Les ressources en eau	4
1.1.1.2 La demande en eau	7
1.1.1.3 La mobilisation et l'exploitation des ressources en eau	8
1.1.2 Aspects institutionnels	9
1.1.3 Aspects législatifs et réglementaires	10
1.1.4 Fiche signalétique du Programme VREO	10
1.1.4.1 Objectif global	11
1.1.4.2 Objectifs spécifiques	11
1.1.4.3 Activités	11
1.1.4.4 Résultats attendus	12
1.1.5 Méthodologie générale de l'étude	13
1.1.5.1 Problématique	13
1.1.5.2 Objectifs	14
1.1.4.5 Méthodologie	15
<b>1.2 Caractéristiques de la zone d'étude</b>	<b>16</b>
1.2.1 Caractéristiques générales du bassin versant du Kou	16
1.2.1.1 Situation géographique et administrative	16
1.2.1.2 Climat et végétation	17
1.2.1.3 Relief et hydrographie	18
1.2.1.4 Démographie et les activités socio-économiques	21
1.2.2 Les sources de Nasso et les forages ONEA	22

1.2.2.1	Localisation du bassin d'alimentation	22
1.2.2.2	Fonctionnement hydrogéologique	25
1.2.3	Données géologiques hydrogéologiques	28
1.2.3.1	Stratigraphie	28
1.2.3.2	Géologie structurale	29
1.2.3.3	Les systèmes aquifères	30
<b>1.3</b>	<b>Conclusion</b>	<b>32</b>
<b>CHAPITRE 2 : ETUDE DIAGNOSTIC</b>		<b>34</b>
<b>2.1</b>	<b>Cartographie de vulnérabilité et des risques</b>	<b>34</b>
2.1.1	Cartographie de vulnérabilité	34
2.1.1.1	Critères de vulnérabilité	35
2.1.1.2	Méthodes cartographiques de la vulnérabilité	36
2.1.1.3	Evaluation de la vulnérabilité intrinsèque du bassin amont du Kou	39
<b>2.2</b>	<b>Etude d'environnement</b>	<b>42</b>
2.2.5	Présentation du modèle d'analyse	42
2.2.5	Les forces motrices (« DRIVERS »)	43
2.2.5.1	La démographie et la gestion urbaine	43
2.2.5.2	L'exploitation des sources et des aquifères	43
2.2.5.3	Les activités agropastorales	45
2.2.5.4	Les activités industrielles	46
2.2.5.5	Le transport	47
2.2.5.6	L'assainissement	47
2.2.6	Les différentes pressions observées (PRESSURE)	49
2.2.7	L'état (STATE)	50
2.2.8	L'impact (IMPACT)	51
2.2.5.1	La dégradation des terres	51
2.2.5.2	L'assèchement des sources et des cours d'eau	51
2.2.5.3	Les pollutions	52
2.2.9	Les mesures déjà prises avant l'étude (RESPONSE)	52
<b>2.3</b>	<b>Conclusion</b>	<b>53</b>
<b>CHAPITRE 3 : MESURES DE PROTECTION ET DE GESTION DES SOURCES DE NASSO ET DES FORAGES ONEA</b>		<b>54</b>
<b>3.1</b>	<b>Rôles des périmètres de protection des ressources en eau</b>	<b>54</b>
<b>3.2</b>	<b>Délimitation des périmètres</b>	<b>54</b>
3.2.1	Etudes complémentaires	55
3.2.1.1	Essais de traçage	55
3.2.1.2	Prospection géophysique	59
3.2.2	Méthodes de délimitation des périmètres de protection	63
3.2.3	Description de la méthode adoptée	63
3.3.3.1	Modélisation des écoulements souterrains	63

3.3.3.2	Simulation et estimation et estimation du temps d'arrivée	65
<b>3.3</b>	<b>Prescriptions réglementaires et recommandations</b>	<b>68</b>
3.2.1	Législation nationale	68
3.2.2	Prescriptions relatives aux périmètres	68
3.3.3.1	Prescriptions particulières à l'intérieur du périmètre de protection immédiate	69
3.3.3.2	Prescriptions particulières à l'intérieur du périmètre de protection rapprochée	69
3.2.3	Conclusion et recommandations	70
<b>CONCLUSION GENERALE</b>		<b>72</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>		<b>74</b>
<i>ANNEXES</i>		<b>I</b>
<b>Annexe 1 : Termes de références</b>		<b>II</b>
<b>Annexe 2 : Cadre logique</b>		<b>VI</b>
<b>Annexe 3 : Chronogramme des activités</b>		<b>VII</b>
<b>Annexe 4 : Guide d'enquête et d'entretien dans la zone industrielle de Bobo Dioulasso</b>		<b>VIII</b>
<b>Annexe 5 : Carte de l'occupation des terres du bassin du Kou</b>		<b>XI</b>
<b>Annexe 6 : Carte de situation des sources de Nasso et des forages ONEA</b>		<b>XII</b>
<b>Annexe 7 : Localisation des bassins hydrographiques de la zone d'étude</b>		<b>XIII</b>
<b>Annexe 8 : Géologie de la zone d'étude</b>		<b>XIV</b>
<b>Annexe 9 : Caractéristiques des activités industrielles et leurs rejets</b>		<b>XV</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 : Réserves totales en eau souterraines des différents bassins versants du Burkina, en millions de m <sup>3</sup> .	7
Tableau 1-2 : Ressources utilisables et demandes en eau par bassin, en milliards de m <sup>3</sup> .	8
Tableau 1-3 : Estimation de la recharge dans le bassin du Kou	32
Tableau 1-4 : Caractéristiques hydrochimiques des aquifères	32
Tableau 3-1 : Caractéristiques des injections effectuées aux piézomètres Pz15 et Pz16	57
Tableau 3-2 : Valeurs caractéristiques de la courbe de restitution de la fluorescéine au forage ONEA F1	58
Tableau 3-3 : Caractéristiques des points de simulation et des temps d'arrivée (PPI)	65
Tableau 3-4 : Caractéristiques des points de simulation et des temps d'arrivée (PPR)	66

## LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 : Evolution des isohyètes 600, 800 et 1000 mm	5
Figure 1-2 : Bassins versants internationaux au Burkina Faso	6
Figure 1-3 : Zones d'intervention du programme VREO	12
Figure 1-4 : Localisation du bassin versant du Kou	17
Figure 1-5 : Evolution de la topographie du bassin du Kou du Sud au Nord	19
Figure 1-6 : Hydrographie du bassin versant du Kou	20
Figure 1-7 : Coupe topographique et piézométrique de la région de Bobo Dioulasso (SOGREAH, 1994)	24
Figure 1-8 : Coupe géologique de la région de Bobo Dioulasso (SOGREAH, 1994)	24
Figure 1-9 : Zone de contact SAC1/GGQ au niveau des sources de Nasso	27
Figure 1-10 : Localisation des sources de la Guinguette à Nasso (SOGREAH, 1994)	27
Figure 2-1 : Notes de la lithologie de la ZNS	39
Figure 2-2 : Notes du type d'aquifère	40
Figure 2-3 : Notes de la profondeur de la nappe par rapport au sol	40
Figure 2-4 : Caractéristiques finales des différents aquifères	40
Figure 2-5 : quantification des prélèvements de l'ONEA	44
Figure 2-6 : Evolution des prélèvements de l'ONEA durant l'année 2008	44
Figure 3-1 : Courbe de restitution du forage ONEA F1	58

Figure 3-2 : Profils de levées géoélectriques dans la zones des sources.....	60
Figure 3-3 : Sens d'écoulement des eaux dans les aquifères .....	64
Figure 3-4 : Limites du périmètre de protection immédiate.....	65
Figure 3-5 : Limites du périmètre de protection rapprochée.....	66
Figure 3-6 : Localisation des différents périmètres de protection.....	67

## **LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES**

2iE	: Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
AEP	: Approvisionnement en Eau Potable
BRGM	: Bureau Régional des Géologies et des Mines (France)
BUMIGEB	: Bureau des Mines et de la Géologie du Burkina
CIEH	: Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques
DPI	: DRASTIC Pollution Index
DRH/HB	: Direction Régionale de l'Hydraulique des Hauts Bassins
EDE	: Eau, Déchets, Environnement
ERES	: Etude des Ressources en Eau Souterraine de la zone Sédimentaire de Bobo-Dioulasso
ESO	: Projet Eaux Souterraines
GE/Eau	: Projet de renforcement structurel de la capacité de gestion des ressources en eau pour l'agriculture dans le bassin du Kou – BF 04/02
GFG	: Grès Fins Glauconieux
GFR	: Grès Fins Roses
GGQ	: Grès à Granules de Quartz
GI	: Grès Inférieurs
GKS	: Grès de Kawara-Sindou
GOD	: Groundwater occurrence, Overwall aquifer class, Depth to Water table
GVEA	: Gestion et Valorisation de l'Eau et de l'Assainissement
K	: Conductivité Hydraulique ou coefficient de perméabilité
MAHRH	: Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques
MEE	: Ministère de l'Environnement et de l'Eau
MNT	: Modèle Numérique de Terrain
NE	: Nord Est
ne	: Porosité efficace
NNW	: Nord Nord Ouest
ONEA	: Office national de l'eau et de l'assainissement
P/VREO	: Programme de Valorisation des Ressources en eau de l'Ouest du Burkina (2 <sup>ème</sup> phase du RESO)
RESO	: Programme de Valorisation des Ressources en Eau dans le Sud-Ouest du Burkina

RFU	: Réserve Facilement Utilisable
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l'Habitat
S	: Coefficient d'Emmagasinement
SAC	: Siltites Argilites Carbonates
SAWES	: Sahelian Agency for Water, Environment and Sanitation
SIG (GIS)	: Systèmes d'Informations Géographiques
SOFRECO	: Société Française de Réalisation et d'Etudes et de Conseils
SP/PAGIRE	: Secrétariat Permanent du Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau
SSE-NNE	: Sud Sud Est - Nord Nord Est
STEP	: Station d'Épuration
SW	: Sud Ouest
T	: Transmissivité
UTER	: Unité Thématique d'Enseignement et de Recherche
ZNS	: Zone Non Saturée

## INTRODUCTION GENERALE

La gestion durable de l'eau reste un des défis majeur pour l'humanité. Les enjeux qui s'y rattachent sont nombreux car au-delà des conflits d'usages ou d'intérêts, l'eau organise et rythme la vie sociale et économique de la famille, du village, de la région et du pays.

La croissance économique, les initiatives de réduction de la pauvreté et les changements démographiques et sociaux accroissent les demandes en infrastructures hydrauliques pour satisfaire les besoins en alimentation ou en énergie, la production de biens et de services. De tels développements ont un impact important sur les ressources en eau. Pendant des années, on a cru que les ressources en eau étaient suffisamment abondantes pour accompagner ces évolutions et que les processus naturels allaient réduire la pollution. Cependant, bien que la construction de systèmes d'irrigation, de barrages hydroélectriques et de systèmes d'adduction en eau pour les habitants, le tourisme et les industries améliore considérablement la vie de millions de personnes, ces développements modifient également et profondément les régimes hydrologiques, les écosystèmes aquatiques et l'hydromorphologie de la plupart des fleuves, lacs et aquifères.

Les questions d'eau concernent toutes les catégories sociales et tous les secteurs économiques. La croissance démographique, l'urbanisation et l'industrialisation rapides, l'expansion de l'agriculture et du tourisme, ainsi que le changement climatique, exercent des pressions croissantes sur les ressources en eau. Il est indispensable que cette ressource vitale soit gérée correctement. Les changements suscités par le développement présentent un défi de taille. La recherche d'un point d'équilibre entre développement économique et préservation des ressources en eau soumet les structures en charge de la gestion de ces ressources à d'énormes pressions, risques et conflits. Pourtant, pour de se développer, les régions notamment pauvres doivent investir dans les infrastructures de l'eau. Le défi pour ces gouvernements et les structures techniques consiste à trouver un équilibre entre développement et viabilité. Ce qui rend nécessaire une plus grande intégration en termes de développement et de gestion durable des ressources en eau et des sols

Pour aborder la question de la gestion de l'eau, qui présente par nature de multiples facettes, la plupart des pays introduisent désormais, au niveau national et au niveau du bassin, une approche intégrée de la gestion des ressources en eau.

C'est ainsi que le Burkina Faso, conscient de la valeur économique de l'eau et de la nécessité de promouvoir sa gestion concertée, adoptait en 1998 « Le document de politique et stratégies en matière d'eau » complétée en 2001 de la loi d'orientation relative à la gestion de l'eau où il énonce en son article 1 son caractère précieux et sa gestion durable comme un impératif national. Cette politique aboutira en 2003 à l'adoption du Plan d'Action pour Gestion Intégrée des Ressources en Eau (PAGIRE) qui consacre la restructuration du secteur de l'eau. Il permet à différents niveaux de l'organisation du territoire d'assurer une gestion concertée dans le domaine de l'eau entre l'Etat, les Collectivités Locales et les usagers. La mise en œuvre de la politique de réforme du secteur de l'eau est soutenue par les partenaires au développement à travers le financement de projets et programmes d'appui.

L'un de ces programmes impliqué dans la mise en œuvre du PAGIRE est le programme de Valorisation des Ressources en Eau de l'Ouest du Burkina (P/VREO) dont l'objectif vise à renforcer les capacités régionales et locales de planification, de gestion et de valorisation des ressources en eau des sous-bassins de l'Ouest du Burkina. Ce programme à travers sa sous-composante B2, a initié la présente étude portant sur le volet protection des sources de la Guinguette sur le Kou et les sources de Pessa sur le Niamé.

Notre étude porte sur le thème « Contribution à la mise en place des mesures de délimitation et gestion des périmètres de protection des sources de la Guinguette et des captages ONEA à Nasso. Il s'articule autour des trois (3) points essentiels suivants :

- La capitalisation des études et informations sur le bassin du Kou et sur la zone des sources pour connaître la ressource et ses caractéristiques ;
- L'étude diagnostic du bassin du Kou axée sur l'aire d'alimentation des sources ;
- L'étude stratégique de protection et les recommandations de gestion des périmètres de protection proposés.

Il faut noter cependant que la procédure administrative devant clôturer ce processus se sera pas prise en compte car nécessitant des démarches dont la durée excède la période consacrée au présent travail de mémoire.

## CHAPITRE 1 : CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE

Le Burkina Faso est un pays enclavé situé entre les 9°20' et 15° de latitude Nord et entre 5°03' de longitude Ouest et 2°30' de Longitude Est. Il est limité au Sud par la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Togo et le Bénin, à l'est par le Niger, à l'Ouest et au Nord par le Mali. Le Burkina compte une population résidente de près de 13 730 258 habitants<sup>1</sup> et est organisé administrativement en 45 provinces réparties dans treize (13) régions. Pays sahélien à la démographie rapide, la majeure partie du territoire est constituée par un plateau latéritique d'une altitude moyenne de 300 m et s'inclinant du Nord-Est au Sud-Ouest et bordé à l'Est et à l'Ouest par des formations sédimentaires.

Le climat de type soudano-sahélien est caractérisé par une pluviométrie très variable et inégalement répartie. L'Hydrographie ne compte que deux cours d'eau permanents qui sont la Comoé et le Mouhoun.

L'agriculture qui est la principale activité demeure dépendante des aléas climatiques et l'autosuffisance alimentaire reste toujours une priorité nationale malgré les progrès enregistrés dans le domaine. Les deux périodes de grandes sécheresses (1973-74 et 1983-84) ont durement touchés le pays et la dégradation continue de l'environnement ont rappelé aux autorités la nécessité de mettre en place une politique durable en matière de gestion des ressources en association avec les différentes collectivités locales.

L'accès aux services sociaux de base (éducation, santé, eau potable et assainissement) est faible même si l'on note une relative amélioration durant la dernière décennie.

Les besoins en eau sont multiples et s'accroissent avec la démographie et le développement des activités économiques. Pour satisfaire cette demande en eau, le Burkina Faso a entrepris l'élaboration et la mise en œuvre de stratégies et d'outils pour une gestion socio-économique durable.

### *1.1 Gestion des ressources en eau au Burkina Faso*

Avec des ressources renouvelables limitées, une situation déficitaire des aquifères de plus en plus marquée par une baisse du niveau de la nappe, le Burkina Faso est considéré en situation de pénurie au sens de la gestion durable des ressources en eau. En effet, évaluées en

---

<sup>1</sup> RGPH, INSD, 2006

1998<sup>2</sup> à 1750 m<sup>3</sup>/an/habitant, les ressources renouvelables ont été réévaluées en 2001 à 852 m<sup>3</sup>/an/habitant<sup>3</sup>, plaçant ainsi le Burkina Faso en dessous du seuil de pénurie fixé à 1000 m<sup>3</sup>/an/habitant. Les problèmes de l'eau résident en particulier dans la disponibilité et l'inégale répartition des ressources, dans leur gestion et suivi. Certains de ces problèmes trouvent leur origine dans la vulnérabilité face aux fluctuations climatiques car l'essentiel de ces ressources en eau provient des pluies. Pays essentiellement agricole, les contraintes des eaux de surfaces (évapotranspiration élevée) et des eaux souterraines (débits faibles) sont multiples pour des une demande en perpétuelle croissance. Les usages les plus importants que sont l'AEP et de l'irrigation bénéficient d'une attention particulière pour un développement durable. La politique de gestion de l'eau s'est donc construite pour tenir compte de ces objectifs de développement ainsi que des enjeux liés à un contexte présentant des ressources mobilisables relativement limitées et sujettes à des pollutions diverses.

### 1.1.1 Ressources en eau, mobilisation et exploitation

#### 1.1.1.1 Les ressources en eau

##### La pluviométrie

La pluviométrie du Burkina se caractérise par une forte variation interannuelle et mauvaise répartition spatiale. On distingue trois (3) zones climatiques présentant les caractéristiques suivantes<sup>4</sup> :

- La zone sahélienne située au dessus de la parallèle 14°N et dont la pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre 300 et 600 mm ;
- La zone nord-soudanienne dont la pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre 600 et 900 mm, se situe entre les parallèles 11°30' et 14°N ;
- La zone sud-soudanienne. Située au sud de la parallèle 11°30 N, elle est la plus arrosée avec une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 900 et 1200 mm.

Sur la base d'une pluviométrie moyenne de 750 mm pour l'ensemble du pays, les pluies apporteraient annuellement 205 milliards de m<sup>3</sup> d'eau<sup>5</sup>. Cependant, la figure 1-1

<sup>2</sup> Politique et stratégies en matière d'eau, MEE, 1998

<sup>3</sup> Etat des lieux des ressources en eau du Burkina et leur cadre de gestion, MEE, 2001

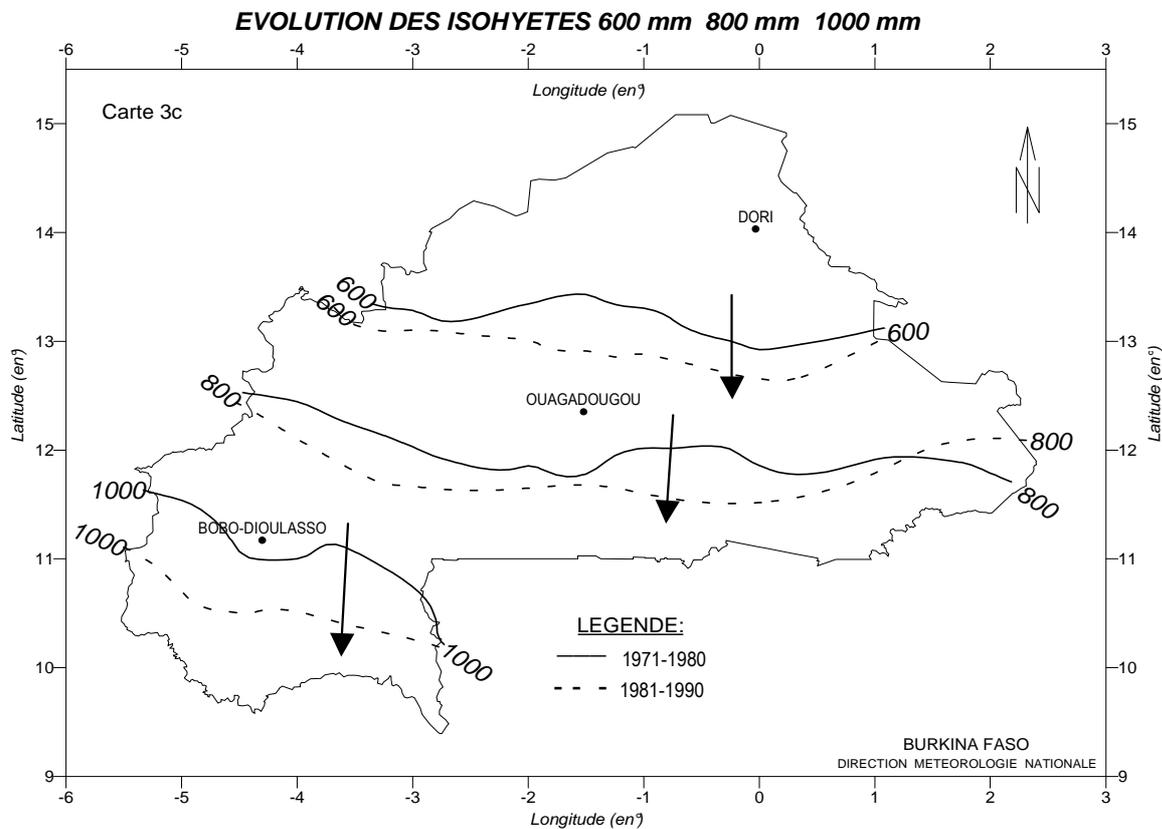
<sup>4</sup> Voir figure...

<sup>5</sup> Politique et stratégies en matière d'eau, MEE, 1998

montrant un glissement des isohyètes des décennies 50 à 80 fait ressortir une tendance généralisée à la baisse de la pluviométrie annuelle sur l'ensemble du territoire. Cette évolution s'est accompagnée de sécheresses accrues dans les années 80 même si des améliorations sont constatées sur la période 1985 – 1995. Cette situation a eu pour corollaire :

- La baisse des débits des rivières (notamment ceux d'étiage liés au déversement des nappes) ;
- La baisse du niveau des nappes phréatiques avec comme corollaire le tarissement des sources ;
- La dégradation du couvert végétal par suite de mortalité des ligneux.

**Figure 1-1 : Evolution des isohyètes 600, 800 et 1000 mm**



(Source : Direction de la Météorologie Nationale)

### Les eaux de surface

La modélisation des écoulements, calculée sur la période 1960 – 1999 évalue le potentiel annuel moyen en eau de surface à 8,79 milliards de m<sup>3</sup> en année moyenne<sup>6</sup>. Les

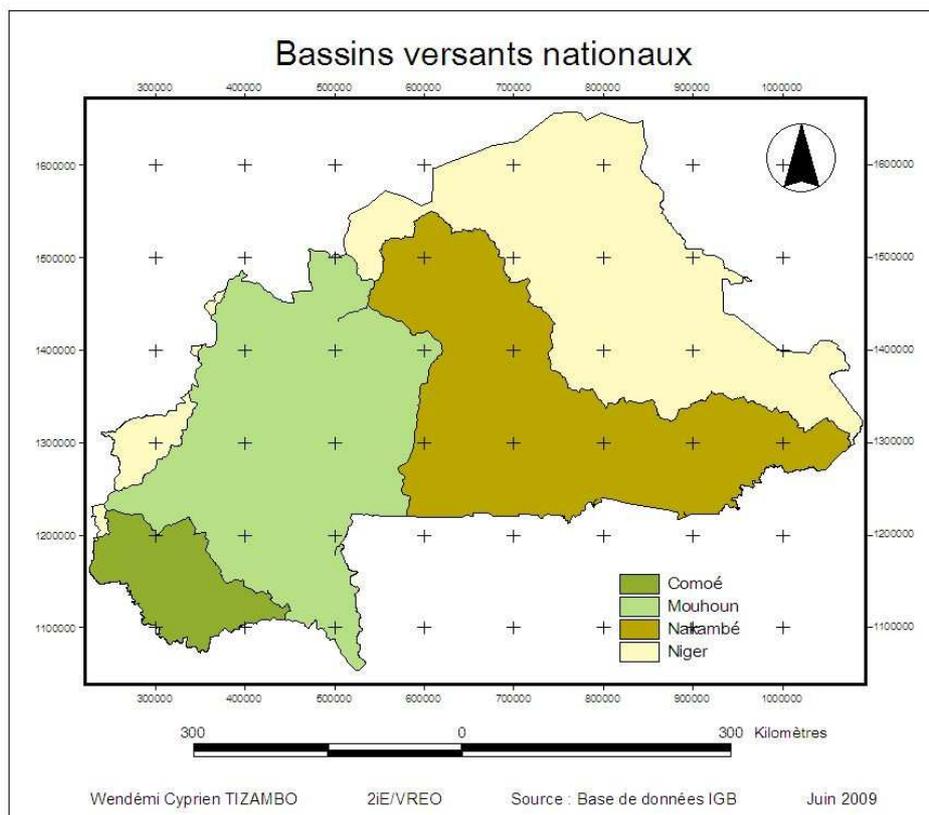
<sup>6</sup> Elaboration du PN-AEPA à l'horizon 2015, volume 1 : Alimentation en eau potable, EDE – SAWES

cours d'eau, les mares (temporaires et permanentes), les barrages et retenues d'eau couvrent une superficie de près de 100 000 ha<sup>7</sup>.

Le Burkina Faso est situé sur trois (3) bassins versants internationaux<sup>8</sup> se partagent le pays à savoir :

- Le bassin de la Volta avec une superficie de 178 000 km<sup>2</sup>, il est drainé par les fleuves Mouhoun, le Nakambé, le Nazinon et la Pendjari ;
- Le bassin de la Comoé drainé par le Comoé et ses affluents (la Léraba et le Yanon sur une superficie de 17 000 km<sup>2</sup> ;
- Le bassin du Niger. D'une superficie totale de 79 000 km<sup>2</sup>, il est drainé par les affluents du fleuve Niger que sont le Béli, le Gorouol, le Gouroubi, la Sirba, la Tapoa et la Diamangou)

Ces bassins versant sont eux-mêmes subdivisés en quatre (4) bassins versants nationaux que sont la Comoé, le Mouhoun, le Nakambé et le Niger. Cependant, à l'exception du Mouhoun et de la Comoé, les autres cours d'eau ont un caractère temporaire.



**Figure 1-2 : Bassins versants internationaux au Burkina Faso**

<sup>7</sup> Politique et stratégies en matière d'eau, MEE, 1998

<sup>8</sup> Voir figure...

### Les eaux souterraines

Deux (2) grandes formations aquifères forment l'hydrogéologie du Burkina :

- Le socle cristallin occupant la majeure partie du territoire (225 000 sur 274 000 km<sup>2</sup>) où les eaux sont liées à la fissuration, à la fracturation ou à l'altération des roches. Les débits résultant sont généralement faibles ;
- Les zones sédimentaires constituées de bandes qui vont du Sud-Ouest au Nord et dans le Sud-Est. C'est une zone où l'on remarque de nombreuses émergences à gros débits (sources de Nasso, de Pessa et de Samogohiri) qui alimentent des cours d'eau permanents. Elles demeurent cependant très vulnérables aux pollutions.

Les estimations des réserves en eaux souterraines se situent entre 253 à 520 milliards de m<sup>3</sup> et se répartissent dans les différents bassins versant selon le tableau 1-1 présenté ci-après :

**Tableau 1-1 : Réserves totales en eau souterraines des différents bassins versants du Burkina, en millions de m<sup>3</sup>.**

SBV	Zone sédimentaire	Zone de Socle	Alluvions	Altérites	Total
Comoé	45 620	22 395	160	19 905	88 080
Mouhoun	84550	31 530 à 118 400	-	-	116 080 à 202 950
Nakambé	-	22 113 à 138 200	-	-	22 113 à 138 200
Niger	-	26 620 à 90 600	-	-	26 620 à 90 600
<b>Total</b>	130 170	102 658 à 369 595	160	19 905	252 893 à 519 830

(Source : *Elaboration du PN-AEPA à l'horizon 2015, volume 1 : Alimentation en eau potable, Groupement EDE – SAWES, mai 2006, modifié*)

#### *1.1.1.2 La demande en eau*

La demande en eau totale du Burkina est estimée à environ 2500 millions de m<sup>3</sup> par an. 80% de cette demande provient de l'hydroélectricité dont 95% se trouve dans le seul bassin du Nakambé.

La demande consommatrice est évaluée à 505 millions de m<sup>3</sup> par an, les secteurs les plus demandeurs étant demande agricole qui utilise 323 millions de m<sup>3</sup> par an soit 64%. La demande domestique suit avec 104 millions de m<sup>3</sup> par an soit 21% et la demande pastorale qui utilise environ 72 millions de m<sup>3</sup> par an, ce qui représente 14%.

Les demandes industrielle et minière sont faibles et représentent respectivement 6 et 0,35 millions de m<sup>3</sup> par an. Cependant, on peut avoir des demandes ponctuelles très importantes dans le temps et selon les types de production.

Les demandes résultant des activités de tourisme et loisirs, de pêche et pisciculture ainsi que de sylviculture sont négligeables en termes de prélèvement mais peuvent présenter des contraintes pour les utilisateurs aval.

La situation des ressources et des demandes en eau est présentée dans le tableau 1-2 qui suit :

**Tableau 1-2** : Ressources utilisables et demandes en eau par bassin, en milliards de m<sup>3</sup>.

Bassin versant	Ressources renouvelables utilisables		Demande consommatrice	Demande non consommatrice
	Année moyenne	Année très sèche		
Comoé	0.76	0.39	0.117	0.091
Mouhoun	1.59	0.77	0.191	0.000
Nakambé	1.66	0.77	0.144	2.000
Niger	0.73	0.39	0.053	0.000
Burkina Faso	4.74	2.32	0.505	2.091

(Source : *Etat des lieux des ressources en eau et leur cadre de gestion, MEE, 2001, modifié*)

### 1.1.1.3 La mobilisation et l'exploitation des ressources en eau

Pour satisfaire les besoins en eau des populations et des industries (AEP, irrigation, élevage et production énergétique), divers ouvrages sont utilisés pour la mobilisation et l'exploitation de des ressources en eaux.

#### Les eaux de surface

Les ouvrages de mobilisation sont constitués par les petits et grands ouvrages, barrages notamment, les seuils sur les rivières pérennes et les boulis que l'on trouve au Nord. De nombreux dispositifs (sites antiérosifs) favorisent l'infiltration des eaux de surface et la restauration des sols.

Quelques grands barrages et aménagements agricoles comme hydroélectriques sont :

- Les barrages de la Komienga et de Bagré pour l'hydroélectricité ;
- Le barrage de Ziga pour l'AEP, les trois barrages de Ouagadougou et celui de Loumbila sont en arrêt d'exploitation pour l'AEP depuis le démarrage de Ziga ;
- Les vallées du Kou et du Sourou, Bagré, le barrage de Kanazoé pour l'irrigation.

Les barrages de Samandéni (hydro-agricole) et Guiti (AEP), en projet viendront étoffer les ouvrages de mobilisation des eaux de surface.

### Les eaux souterraines

Les ouvrages de mobilisation des eaux souterraines sont constitués par les puits traditionnels, les puits modernes busés à grand diamètre et les forages. Ils jouent un rôle très important dans la politique AEP du pays voire dans la recharge de la nappe comme le barrage souterrain de Naré.

#### **1.1.2 Aspects institutionnels**

Le secteur de l'eau est administré au niveau central par le Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (MAHRH). Les directions régionales et provinciales du MAHRH en sont les administrateurs au niveau déconcentré. Les sociétés d'Etat ainsi que les établissements publics à caractère administratif comme la Maîtrise d'Ouvrage de Bagré (MOB), l'Autorité de Mise en Valeur de la Vallée du Sourou (AMVS), l'ONEA travaillent également pour la mise en œuvre de la politique nationale de l'eau.

Cette politique qui est en pleine réforme repose sur les principes suivants :

- Le principe d'équité ;
- Le principe de subsidiarité ;
- Le principe du développement harmonieux des régions ;
- Le principe de gestion par bassin hydrographique ;
- Le principe de la gestion équilibrée ;
- Le principe de la protection des usagers et de la nature ;
- Le principe utilisateur-payeur ;
- Et le principe du pollueur-payeur.

La politique de l'eau est mise en œuvre avec la collaboration de nombreux départements ministériels dont quelques uns sont le Ministère des Finances et du Budget, le Ministère de l'Environnement et du Cadre de vie, le Ministère de la Santé, le Ministère de l'Energie des mines et des carrières, le Ministère des Ressources Animales, le Ministère des Infrastructures de l'Habitat et de l'Urbanisme...

De nombreux autres partenaires du privé, de la société civile, des ONG et organismes soutiennent également l'effort de l'Etat.

### 1.1.3 Aspects législatifs et réglementaires

La réforme du secteur de l'eau entreprise depuis les années 90 a abouti à l'adoption le 08 février 2008 de la loi N°002-2001/AN portant loi d'orientation relative à la gestion de l'eau. C'est à la fois l'aboutissement d'un processus qui est la traduction sur le plan national des engagements internationaux souscrits par l'Etat burkinabé et le début d'une nouvelle ère de gestion consacrant la mise en œuvre de la GIRE.

Avant l'adoption de cette loi, d'autres textes sectoriels évoquent de nombreuses dispositions intéressant l'eau. Il s'agit essentiellement du :

- Code de la santé publique (Loi n° 23/94/ADP du 19 mai 1994) ;
- La loi N°014/96/ADP du 26 mai 1996 portant Réorganisation Agraire et Foncière (RAF) au Burkina Faso et son décret d'application N°97-94/PRES/PM/MEF du 06 février 1997 portant modalités d'application de la RAF au Burkina Faso ;
- Code de l'environnement (Loi n° 05/97/ADP du 30 janvier 1997) ;
- Code forestier (Loi n° 006/97/ADP du 31 janvier 1997) ;
- Code minier (Loi n° 023/97/II/AN du 22 octobre 1997).

La loi relative à la gestion de l'eau fait l'objet de nombreux textes d'application qui cependant ne sont pas encore véritablement appliqués. L'un de ces textes, en l'occurrence le décret N°2004-481/PRES/PM/MAHRH/MFB du 15 décembre 2004 portant définition et procédures de délimitation des périmètres de protection d'eau destinée à la consommation humaine est l'un des instruments de la présente étude.

### 1.1.4 Fiche signalétique du Programme VREO

Le programme de Valorisation des Ressources en Eau de l'Ouest du Burkina (P/VREO) constitue la deuxième phase du programme de Valorisation des Ressources en Eau du Sud-Ouest (RESO) dont il vise à consolider les capacités à consolider les acquis et à renforcer les capacités institutionnelles et de gestion des intervenants dans le secteur de l'eau.

D'un coût global de 7,5 milliards de francs CFA environ, le P/VREO a été financé par les ressources des 8<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> FED.

#### **1.1.4.1 Objectif global**

Contribuer à l'amélioration des capacités et des compétences régionales et locales de planification, de gestion et de valorisation des ressources en eau dans les sous-bassins de l'Ouest du Burkina, en mobilisant les collectivités locales, les organisations décentralisées et les acteurs du secteur public et privé.

#### **1.1.4.2 Objectifs spécifiques**

Améliorer la couverture des besoins en eau potable des populations des Hauts Bassins, des Cascades et du Sud-Ouest en :

- Implantant de nouveaux équipements ;
- Renforçant les capacités locales de gestion des systèmes d'adduction et de distribution d'eau ;
- Améliorant les connaissances sur les ressources disponibles et en les préservant de la pollution.

#### **1.1.4.3 Activités**

Les activités du P/VREO se décomposent en deux (2) composantes :

- La composante A dont l'axe d'intervention est l'AEP dans les régions des Hauts Bassins, des Cascades et du Sud-Ouest ;
- La composante B constitue l'appui institutionnel au secteur de l'eau. Elle est subdivisée en trois (3) sous-composantes :
  - La sous-composante B1 qui assure l'étude et le suivi des ressources en eau dans les bassins versants de la Comoé, du Banifing et du Mouhoun ;
  - La sous-composante B2 pour la préservation et la restauration des ressources en eau et des milieux ;
  - La sous-composante B3 porte sur la planification stratégique des actions d'aménagement des ressources en eau du Sud-Ouest.

Les sous-composante B1, B2 et B3 couvrent essentiellement les bassins versant du Mouhoun et de la Comoé et concernent les régions administratives des Hauts Bassins, des Cascades, de la Boucle du Mouhoun, du Sud-Ouest, du Centre-Ouest et du Nord.

- La composante C concerne l'unité de gestion du programme. La mise en œuvre et le suivi de l'ensemble du programme est assuré par une unité de gestion et un comité de pilotage.

#### 1.1.4.4 Résultats attendus

Les résultats suivants doivent être atteints à l'issue du programme :

- Le taux de couverture des besoins d'approvisionnement en eau potable s'appuyant sur un système pérenne basé sur la participation et la responsabilisation des populations locales est amélioré ;
- La connaissance et le suivi quantitatif et qualitatif des ressources en eau des bassins de l'Ouest du Burkina sont assurés et fiables ;
- Les conditions de préservation des ressources en eau et des milieux aquifères proches de Bobo Dioulasso sont améliorées de façon durable ;
- Une planification stratégique des actions d'aménagement et de gestion des ressources en eau du Sud-Ouest est disponible.

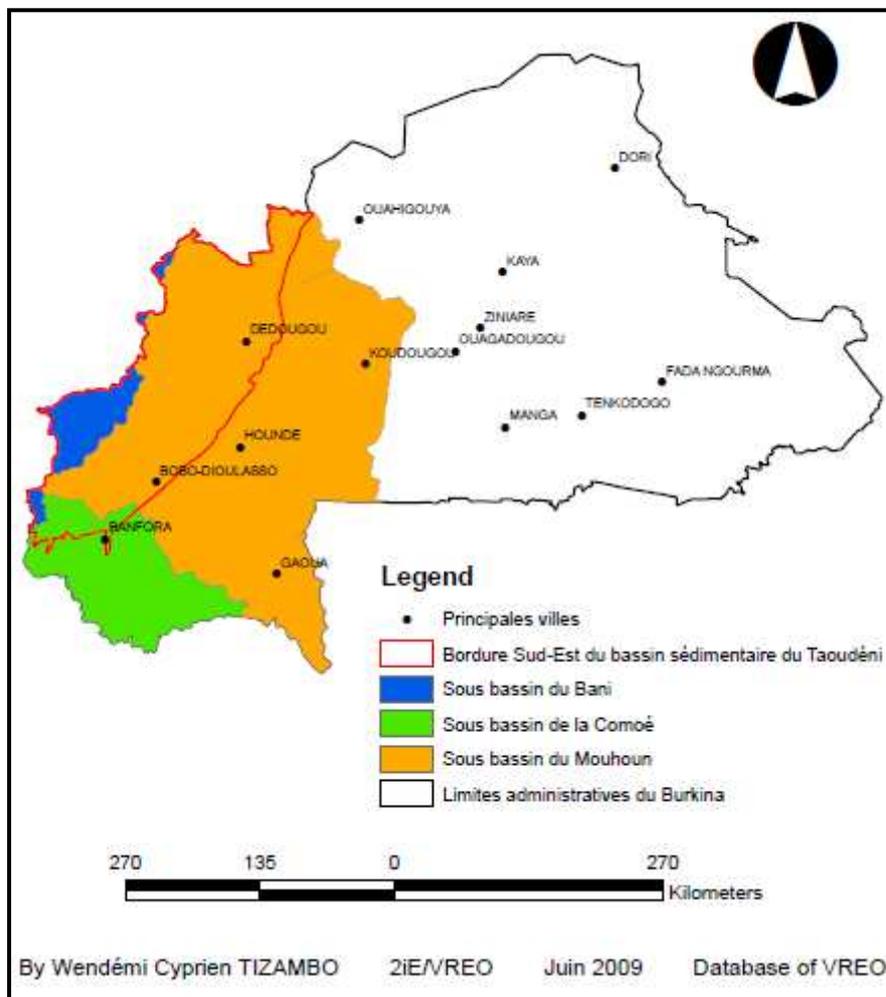


Figure 1-3 : Zones d'intervention du programme VREO

### 1.1.5 Méthodologie générale de l'étude

La présente étude s'inscrit dans le cadre de la sous-composante B2, précisément en son volet « Protection des sources de la Guinguette à Nasso sur le Kou et les sources de Pessou sur le Niamé ».

#### 1.1.5.1 Problématique

La forêt classée du Kou (FCK), située à une quinzaine de kilomètres à l'Ouest de la ville de Bobo Dioulasso héberge les sources de Nasso. Véritable fleuron de la ville, elles sont constituées de trois grandes sources : la Guinguette (1670 l/s), ONEA I (240 l/s) et ONEA II (150 l/s). Ces sources revêtent une importance capitale dans l'alimentation en eau potable de la ville de Bobo Dioulasso. En effet, la ville de Bobo Dioulasso est alimentée à partir de la source ONEA I et des deux forages ONEA F1 et ONEA F2 situés à proximité de la FCK. Cette forêt est importante pour la conservation de la biodiversité et le lieu attire de nombreux touristes. Pour des raisons de préservation, la baignade qui se trouvait à l'intérieur de la forêt a été déplacée. La forêt est protégée par un mur construit par le Programme RESO mais se trouve déjà en état de dégradation.

Quatre sous-bassins versants se partagent la superficie de la ville, ce sont :

- Le sous-bassin versant du Kou en amont des sources de la Guinguette et des sources ONEA ;
- Le sous-bassin versant du Bingbélé ;
- Le sous-bassin versant du Houet où vivent les poissons sacrés ;
- Le sous-bassin versant du Niamé où se trouvent les sources de Pessou.

Le Bingbélé, le Houet et le Niamé sont les principaux affluents du Kou, lui-même affluent du fleuve Mouhoun (ex-volta noire).

L'hydrogéologie des sources n'est toujours pas bien connue malgré les études initiées aussi sous le projet ERES, le programme RESO ainsi que sous le programme VREO. Selon ces études<sup>9</sup>, les sources ONEA I et ONEA II qui sont très proches l'une de l'autre proviendraient de nappes souterraines différentes : le pH est différent de même que la conductivité. Aucune couche imperméable ne protège les aquifères sur lesquels la ville de Bobo-Dioulasso est située et qui alimentent les sources. Une certaine valeur protectrice peut être attribuée aux altérites et aux latérites qui couvrent les aquifères. L'amplitude de la

---

<sup>9</sup> SOGREAH, 1994

protection dépend directement de l'épaisseur de celle-ci. Dans la zone des sources, des carrières artisanales de sable sont exploitées et diminuent grandement la couche déjà peu protectrice. Des carrières de latérite abandonnées en bordure de la ville de Bobo servent de décharges sauvages. La zone industrielle de Bobo Dioulasso, située en amont de ces sources constitue également une sérieuse menace si des dispositions préventives contre les pollutions ne sont pas prises.

La vitesse de l'eau souterraine peut varier entre 0,1 m/mois (grès fins, non fracturés) et plus de 100 m/mois (zones fracturées). Ainsi le temps requis pour qu'une contamination de la nappe de Bobo-Dioulasso atteigne les sources de Nasso peut varier de 12 ans à 1500 ans vu la distance qui sépare la ville des sources. L'âge de l'eau émergente aux sources de Nasso est estimé entre 300 et 500 ans<sup>10</sup>. Un faible pourcentage (environ 10 %) de l'eau pourrait avoir un âge de moins de 30 ans. Par conséquent les sources exploitées par l'ONEA pour l'AEP de la ville de Bobo-Dioulasso ne sont pas du tout à l'abri d'une pollution brutale ou accidentelle qui se propagerait rapidement. De même une pollution actuelle pourrait se révéler bien plus tard dans une quarantaine d'années et plus. Il existe encore de nombreuses incertitudes à ce sujet. Les menaces qui pèsent sur les sources sont multiples :

- Pollution par les eaux de surface venant de la zone industrielle de Bobo
- Pollution par les eaux souterraines
- Dégradation de l'environnement où sont situées les sources
- Baisse importante de débit d'étiage par une diminution de la recharge des aquifères

Face à toute cette situation de dégradation fulgurante de l'environnement en général, et des conditions naturelles protectrices des aquifères des sources en particulier, et vu l'importance que revêtent ces sources pour les activités socioéconomiques de la région, il était impératif que des mesures conservatoires soient prises pour leur préservation. Le Programme VREO a donc préconisé la protection de ces ressources.

### ***1.1.5.2 Objectifs***

#### **Objectif général**

L'objectif général poursuivi est de contribuer à la protection des ressources en eau de la zone de la Guinguette de toute pollution par l'institution de mesures réglementaires et de gestion des activités en amont des sources de Nasso.

---

<sup>10</sup> DAKOURE D., 2003

### **Objectifs spécifiques**

Pour atteindre l'objectif général, les objectifs spécifiques suivants ont été définis :

- Faire l'étude diagnostic du bassin du Kou en portant l'accent sur l'aire d'alimentation des sources et des forages ONEA par la réalisation d'une enquête environnementale complémentaire dans la zone industrielle et d'une étude de vulnérabilité ;
- Contribuer à la réalisation des études complémentaires notamment la prospection géophysique dans la forêt classée du Kou et de ses environs ainsi que les essais de traçage dans la zone des sources et des forages pour la définition des périmètres de protection ;
- Proposer un mode de gestion des périmètres définis à partir des activités préalablement identifiées dans le sous bassin du Kou en amont des sources.

#### ***1.1.4.5 Méthodologie***

Pour atteindre l'objectif poursuivi, nous avons adopté une approche méthodologique constituée des trois (3) phases suivantes :

#### **Phase préparatoire**

Elle a consisté dans un premier temps à la compréhension des TDR, à l'élaboration du cadre logique et du guide d'entretien. Dans un deuxième temps, la recherche s'est poursuivie par une capitalisation des informations et des études antérieures (études, mémoires et thèse) de la zone d'étude à travers des entretiens et une revue bibliographique. Nous nous sommes notamment entretenus avec les personnes de ressources des structures que sont l'ONEA, le projet ESO, le projet GE/EAU, les Services Techniques Municipaux de Bobo Dioulasso et la Direction Régionale de l'Urbanisme et de l'Habitat. Les centres de documentation du P/VREO, PAGREN et du 2iE ont également été consultés.

#### **Phase de terrain**

Cette étape a été consacrée à :

- Des sorties de reconnaissance et de constat de terrain, notamment dans la zone industrielle, dans la ville de Bobo Dioulasso et dans la forêt classée du Kou ;
- La réalisation de l'enquête environnementale complémentaire et la mise à jour du levé GPS des décharges sauvages dans la zone d'étude ;
- La réalisation des essais de traçage avec une équipe du projet ESO ;

- La réalisation de la prospection géophysique avec une équipe du BUMIGEB

### **Travaux de bureau**

Cette dernière phase concerne :

- La finalisation de l'étude à travers le dépouillement, l'interprétation et la cartographie des données. La modélisation des écoulements à l'aide de Visual Modflow, la modélisation du transfert de polluant par MT3D pour la détermination des différents périmètres de protection ;
- La rédaction du mémoire.

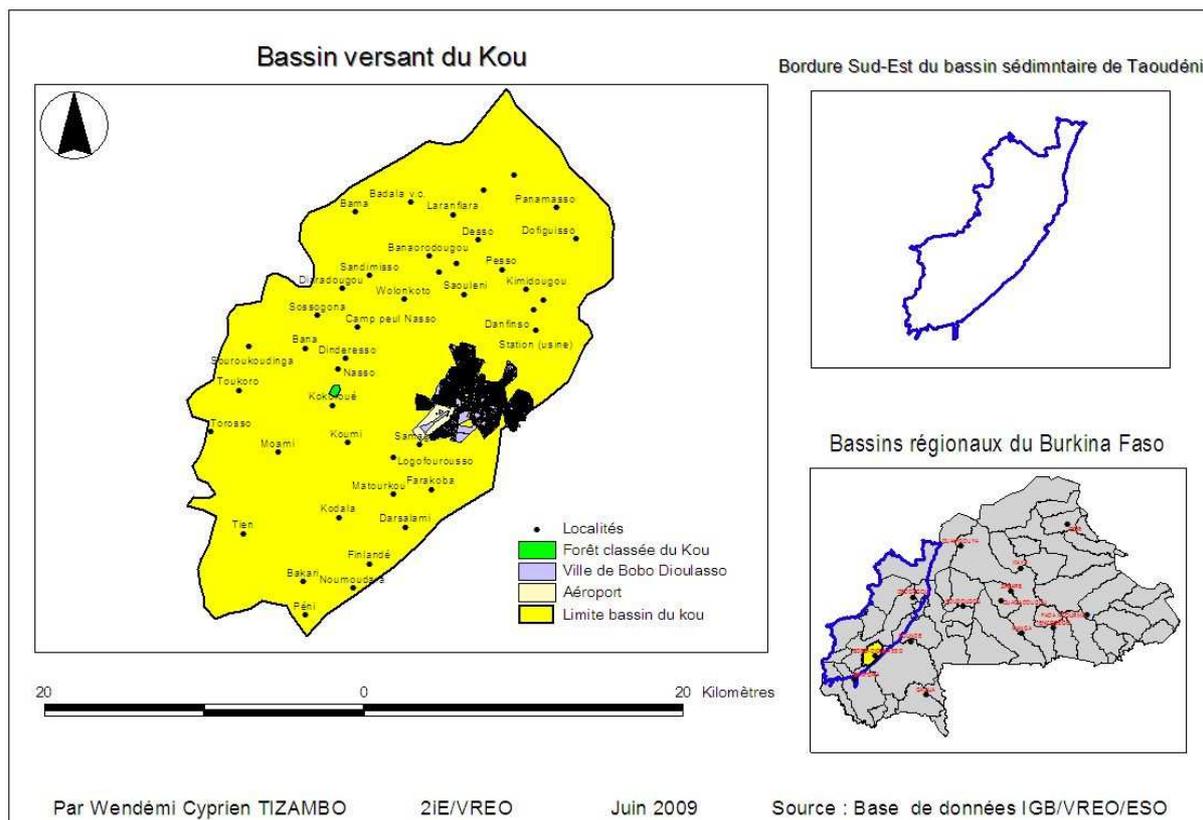
## ***1.2 Caractéristiques de la zone d'étude***

L'unité hydrologique de la présente étude est le bassin du Kou avec un accent particulier pour la partie située en amont des sources de Nasso qui constitue la zone de recharge des sources et des forages. Le bassin du Kou est l'un des 17 bassins régionaux que compte le Burkina Faso et situé dans la bordure Sud-Est du bassin sédimentaire de Taoudéni.

### **1.2.1 Caractéristiques générales du bassin versant du Kou**

#### ***1.2.1.1 Situation géographique et administrative***

Le bassin versant du Kou est l'espace géographique situé à l'ouest du Burkina Faso, dans la province du Houet faisant partie de la région des Hauts Bassins et couvrant en grande partie les départements de Bama, de Bobo Dioulasso et partiellement les départements de Karangasso-Sambla, de Péni et de Toussiana. Il s'étend entre les longitudes 4°40'W et 4°10'W et les latitudes 11°N et 11°30N et drainé par la rivière du même nom. Il couvre une superficie de 1821km<sup>2</sup> environ. La carte 1- 2 présente localisation du bassin versant.



**Figure 1-4 : Localisation du bassin versant du Kou**

### 1.2.1.2 Climat et végétation

Le bassin versant du Kou se situe à la limite sud de la zone climatique tropicale soudano-sahélienne. Il subit l'influence de deux saisons distinctes : une saison pluvieuse (hivernage) de mai à octobre et une saison sèche de novembre à avril. Cependant, on note depuis quelques décennies le raccourcissement de la saison pluvieuse.

Les vents dominants sont la mousson, vent chargé d'humidité en provenance de la zone équatoriale soufflant en saison humide tandis que l'harmattan, vent chaud et sec provenant du Sahara, prévaut en saison sèche.

La température moyenne maximale est de 37°C et s'observe de mars à mai tandis que la température moyenne minimale qui est de 20°C est constatée entre décembre et janvier. L'humidité relative de l'air varie entre 20 et 40% en saison sèche et atteint 70-80 % en hivernage. La durée moyenne de l'ensoleillement est de 7,7heures environ.

La végétation est marquée par la prédominance de la savane arbustive et légèrement arborée. Avec un tapis herbacé de 1.5 m constitué essentiellement de formations herbeuses (*Andropogon gayanus* et *Andropogon schirensis*). La composition floristique de ces

formations végétales est très riche. Elle est constituée de *Butyrespernum Parkii*, *Parkia Biglobosa*, *Bombax Costatum*, et d'*Elacis Guinensis*. D'autres espèces naturelles sont introduites par les services de l'environnement. Il s'agit des tecks, des eucalyptus, des neems... La zone comporte également des forêts-galeries éparses dans le périmètre Nasso-Guinguette constituées de plus de 250 essences dont une grande partie joue un rôle important dans la pharmacopée locale.

### *1.2.1.3 Relief et hydrographie*

#### **Le relief**

Le relief de la région est marqué par la présence de plateaux et de d'une pénéplaine auxquels s'ajoutent quelques buttes, collines et vallées. Ces derniers sont liés à la géologie et la géomorphologie du pays d'après Boher et al, 1975. La pénéplaine est marquée par d'importants reliefs dont le mont Tenakourou culminant à 749 m d'altitude. L'amont du bassin du Kou est marqué par la falaise de Banfora avec une altitude de 500m. Elle constitue la ligne de partage des eaux entre le bassin du Mouhoun et celui de Bourguiba. A l'aval du bassin, le relief est marqué par des pentes plus douces ; l'altitude moyenne varie entre 300 et 400m (cf. figure 1-5). On trouve également, dans sa partie Nord-Ouest dans la commune de Bama, une plaine alluviale. La particularité de la topographie et du climat de la région des Hauts-Bassins, en fait un véritable "château d'eau". C'est dans cette région que les principaux fleuves du Burkina prennent leur source : Le Mouhoun, le Banifing et le Tuy (Grand Balé).

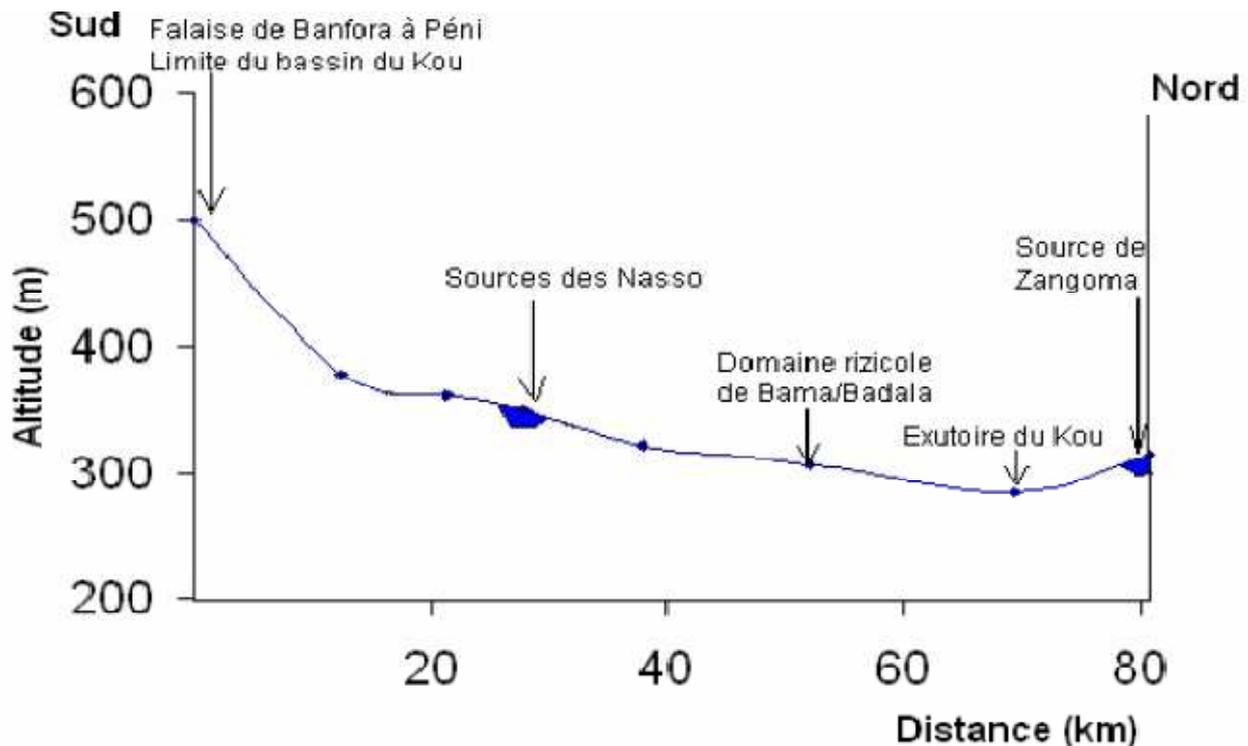


Figure 1-5 : Evolution de la topographie du bassin du Kou du Sud au Nord

### L'hydrographie

Le bassin est drainé par la rivière principale le « Kou » et se situe entre les isohyètes 900 et 1100mm. La rivière Kou prend sa source à Kodara au Sud-Ouest de Bobo Dioulasso à une altitude de plus de 500m et draine les eaux de surface de nombreux sous bassins constitués d'une multitude de cours d'eau temporaires. Les cours d'eau temporaires que sont le Farakoba, et le Kiéné constituent le Kou en amont de Koumi et forment une confluence avec les sources de Nasso (Guinguette et ONEA) dans la forêt classée du Kou. Actuellement le débit d'étiage à la source de guinguette est de l'ordre de 6.000 m<sup>3</sup>/h. Au niveau des sources de Pesso/Desso situé au Nord du bassin du Kou, ce débit est de 400-600 m<sup>3</sup>/h [SOGREAH, 1994]. Notons également la rivière Wolo, à faible débit qui draine une partie des eaux de surface à l'Est du Kou.

L'hydrographie du bassin est présentée à la carte 1- 3 ci-après :

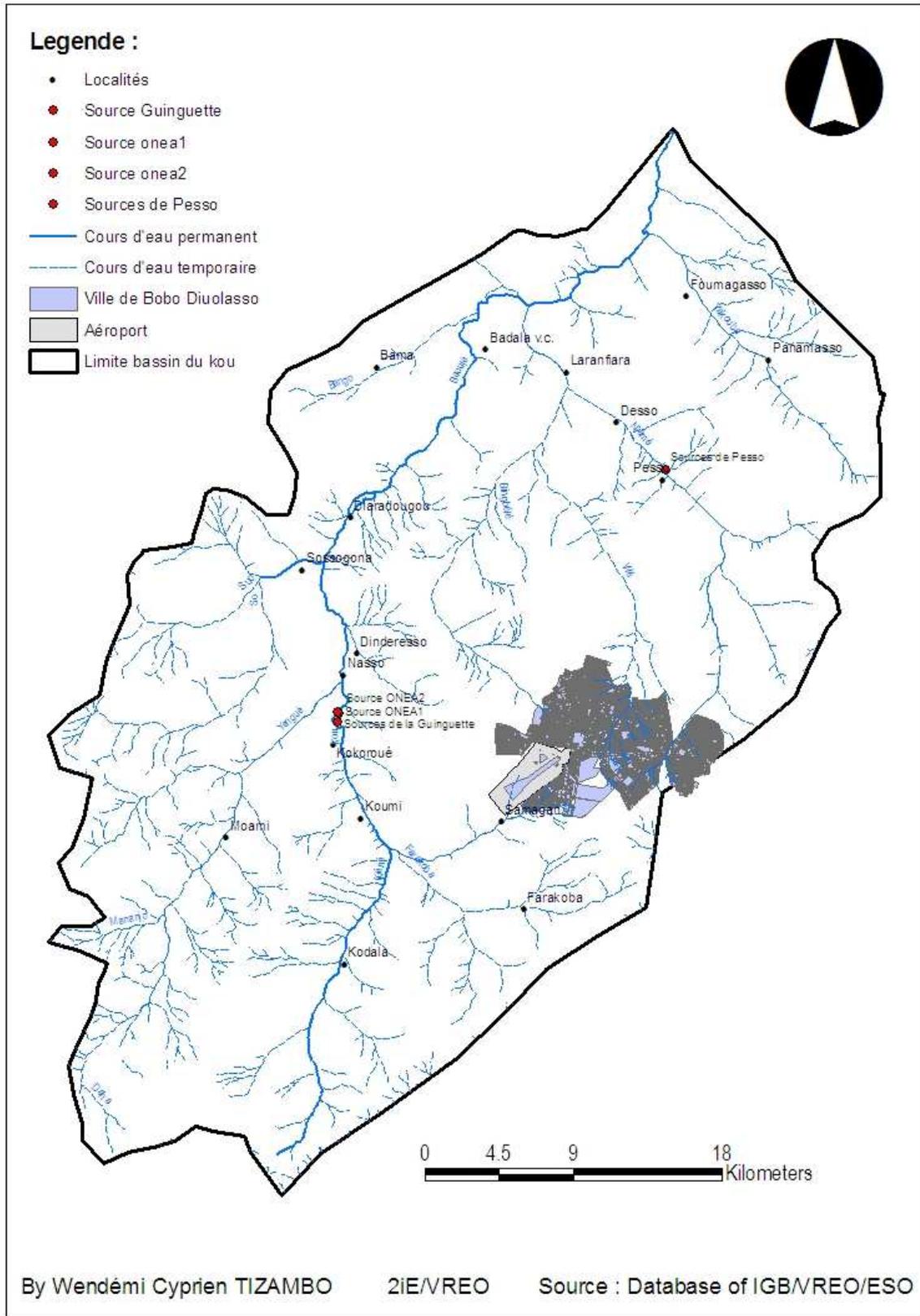


Figure 1-6 : Hydrographie du bassin versant du Kou

#### **1.2.1.4 Démographie et les activités socio-économiques**

Dans la vallée du Kou à partir de la Guinguette, on trouve de zones morphologiques différentes, avec des occupations des sols adaptées aux conditions de terrain.

Au sud de Nasso, la vallée est étroite dans un terrain ondulé et peu occupé par l'agriculture. Au Nord de Nasso, la vallée s'ouvre et continue dans une plaine alluviale d'une largeur de 200 à 700 m. La plaine est d'abord occupée par une forêt dense, puis après quelques kilomètres, par des petites parcelles de cultures, irriguées ou non. A partir du village de Sosongona, situé à 8 km de la source, les terrains cultivés occupent la vallée. On remarquera notamment le périmètre rizicole de 1100 ha réalisé au début des années 1970, grâce à la coopération avec la chine, ainsi que le périmètre maraîcher, réalisé beaucoup plus tard pour diversifier la production agricole.

L'occupation agricole de la vallée connaît actuellement une certaine accélération avec l'aménagement informel et spontané de parcelles le long du canal d'amenée du périmètre rizicole. Ceci est actuellement l'une des causes du conflit qui subsiste dans la vallée autour de la question de l'eau. Il y a également la création de plantations d'arbres fruitiers, par de nouveaux investisseurs galvanisés par l'ouverture du marché, à cause de la difficile situation de la production en Cote d'Ivoire.

L'occupation des sols dans le bassin du Kou est également marquée par l'expansion de la ville de Bobo-Dioulasso, poussée par l'accroissement de la population et le développement des activités industrielles notamment l'installation anarchique et clandestine de certaines unités industrielles. Selon des sources non officielles, elles dépasseraient la trentaine.

La carte présentée à l'annexe 5 donne un aperçu de l'occupation des terres.

Le bassin du Kou, à l'image de toute la commune de Bobo-Dioulasso, a été et demeure jusqu'à nos jours un pôle d'attraction migratoire. Selon le Ministère de l'Administration Territoriale et de la Décentralisation (MATD), on dénombre au total 79 villages dans les trois communes que couvre la zone d'étude.

L'économie de la région repose principalement sur les activités agropastorales et industrielles qui fondent sa renommée.

En zone rurale, l'exploitation agricole est basée surtout sur la production cotonnière et rizicole en raison de la présence de nombreuses plaines aménagées à cet effet. L'activité agricole est intense pendant toute l'année grâce au système d'irrigation installé par les Chinois. En sus de la production du riz, il y a également l'agriculture maraîchère et aussi une activité halieutique importante constituée par la pêche dans les cours d'eau ci-dessus cités. On dénombre aussi de

nombreuses industries dans la commune de Bobo-Dioulasso, 23 en 1997 dont 7 dans le domaine agro-alimentaire et 7 dans l'industrie chimique (Dakouré D., 2003 ; Diallo., 2006), elles sont passées à 61 selon un recensement de la Direction Régionale de l'Environnement et le Cadre de Vie de Bobo Dioulasso en janvier 2009, non comprises les laiteries et les unités clandestines de plus en plus nombreuses.

### **1.2.2 Les sources de Nasso et les forages ONEA**

Les sources de Nasso sont situées à une quinzaine de kilomètres à l'Ouest de la ville de Bobo-Dioulasso dans la forêt classée du Kou et comptent deux grandes familles que sont les sources de la Guinguette et celles de l'ONEA. C'est en effet, le Kou, principal affluent du Mouhoun, qui scinde en deux grands groupes ces sources :

- En rive gauche, se trouvent les sources de la Guinguette, au nombre d'une dizaine il ya quelques années ne seraient plus que quatre à ce jour. Elles se situent entre la longitude N  $11^{\circ}11,2'59''$  et la latitude W  $004^{\circ}26,5'63''$  ;
- En rive droite, existent les deux sources (ONEA I et ONEA II) captées par l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA).

Les sources de Nasso sont parmi les plus importantes d'Afrique de l'Ouest avec de forts débits d'étiage pouvant atteindre  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Depuis les premiers jaugeages de 1959, ce débit ne cesse de décroître : il a ainsi chuté de 32 % aux principales sources, celles de la Guinguette. Cela est à mettre en relation avec le déficit pluviométrique de 13 % qui sévit dans la région sahélienne depuis les années 70. Ce phénomène est amplifié par la forte réduction des précipitations efficaces, notamment lors des années peu pluvieuses, qui atteint en moyenne 28 % dans les trente dernières années (GOMBERT P., DAKOURE D.).

Quant aux deux forages F1 d'une profondeur 200 m chacun et débitant environ  $350 \text{ m}^3/\text{h}$  individuellement, ils se trouvent à l'extérieur de la forêt (annexe 6)

#### ***1.2.2.1 Localisation du bassin d'alimentation***

##### **Le bassin versant hydrologique**

L'aire d'alimentation des sources et des forages correspond au sous bassin versant du Kou en amont des sources. Ce qui se trouve être le sous bassin de Farakoba qui est compris

entre les longitude 4°15' et 4°31' W et les latitudes 10°55' et 11°10' N. Sa surface est de l'ordre de 420 km<sup>2</sup>. Il est drainé par deux (2) cours non pérennes que sont le Farako-ba et le Kiéné ayant de nombreux bras et formant la rivière Kou vers Koumi. Le bassin est partagé entre les départements de Bobo Dioulasso et de Pénis regroupant neuf (9) dont Kodéni maintenant annexé au secteur 19 de Bobo. La localisation du bassin est présentée à l'annexe 7

### **Le bassin versant hydrogéologique**

Les sources ONEA et celles de la Guinguette sont situées de part et d'autre, très près, voire dans le lit du KOU. Le bassin versant d'alimentation du KOU (cf. figure 1-7 et 1-8) s'étend jusqu'à la bordure de la falaise de BANFORA, au Sud de BOBO- DIOULASSO. Il atteint les quartiers Ouest de la ville de BOBO et en particulier la zone industrielle. La pente entre la limite Sud-Est et les sources est de l'ordre de 1,8 % pour une distance d'environ 20 km. Il possède une superficie approximative de 685 km<sup>2</sup>. Elle a été délimitée d'après la seule carte piézométrique dont on dispose et élaborée en 1992 par le projet ERES. Les isopièzes s'échelonnent de 500 m au niveau de la falaise à 340 m en aval des sources : celles-ci ne représentent donc pas le point le plus bas du système aquifère, ce qui corrobore l'hypothèse d'une zone d'émergence liée à une discontinuité de la roche réservoir (GOMBERT P., DAKOURE D., 1998). La localisation géographique du bassin est présentée à l'annexe 7

Cependant, il faut remarquer que ces limites restent très imprécises car jusqu'à présent on ne connaît pas les limites réelles du bassin d'alimentation des sources. En effet, le bassin du Kou au niveau de Nasso mesure environ 685 km<sup>2</sup>, ce qui est trop petit pour expliquer le débit en étiage de 1750 l/s à nos jours. Dans les années 60 le débit en étiage était pratiquement constant à 3200 l/s. Un tel débit s'explique seulement par une superficie de recharge d'au moins 1200 km<sup>2</sup>. Le SAC1 n'a pas de capacités d'infiltration élevée. La recharge des sources de Nasso se fait donc essentiellement dans la zone de Orodara, où le GGQ affleure. Le GGQ a les capacités d'infiltration qui permettent une recharge de 60 mm qui alimente les sources.

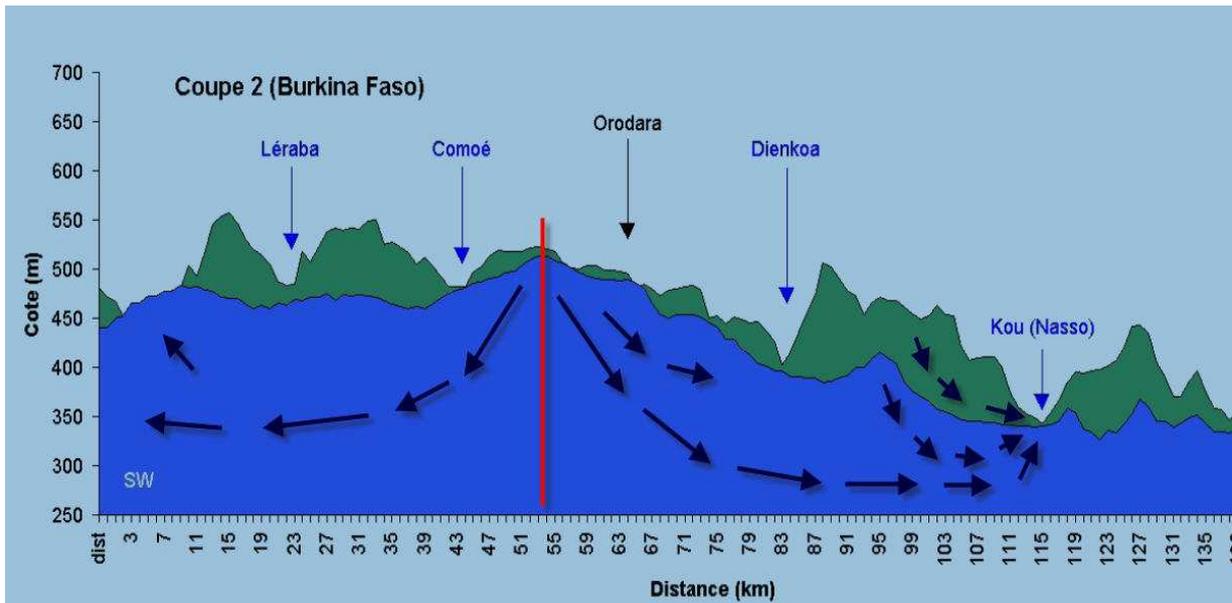


Figure 1-7 : Coupe topographique et piézométrique de la région de Bobo Dioulasso (SOGREAH, 1994)

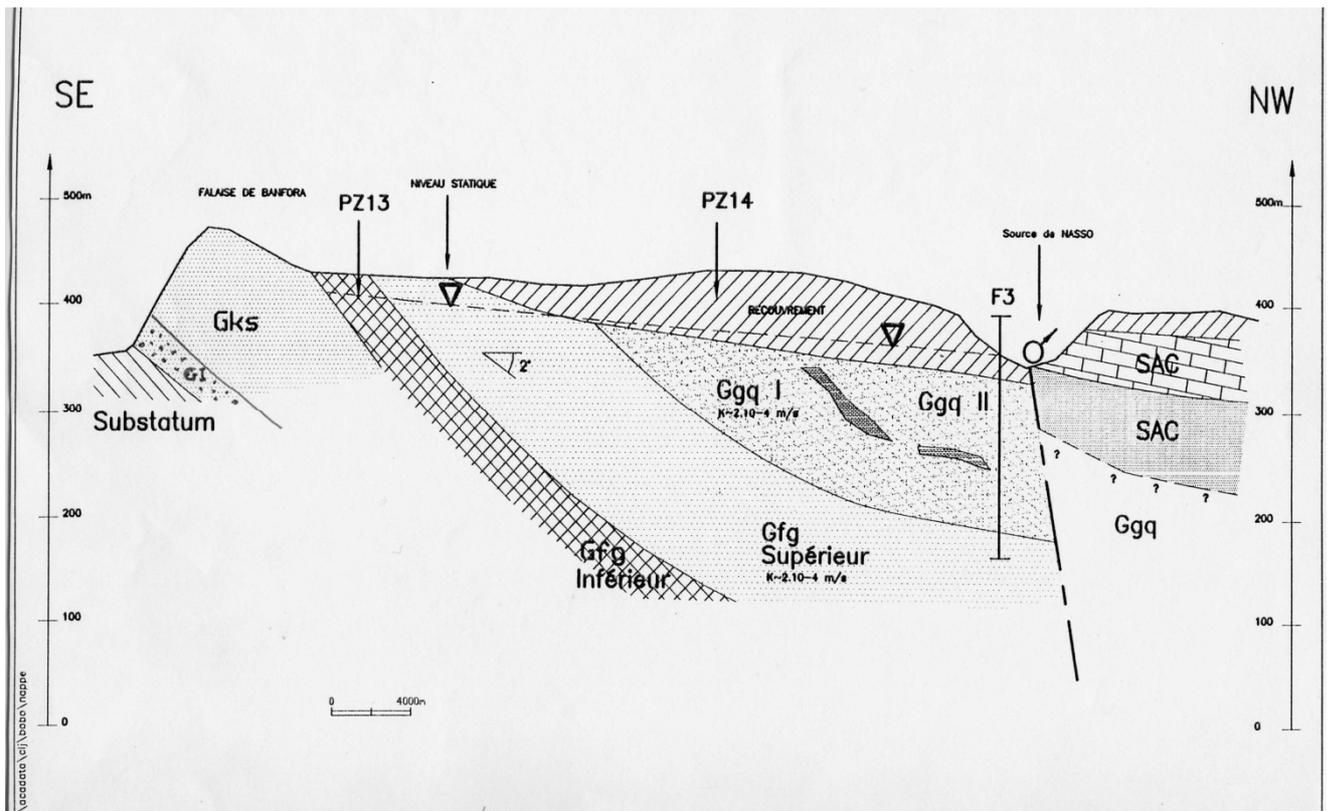


Figure 1-8 : Coupe géologique de la région de Bobo Dioulasso (SOGREAH, 1994)

### 1.2.2.2 *Fonctionnement hydrogéologique*

La tentative d'explication du fonctionnement hydrogéologique du secteur des sources de Nasso n'est pas une idée nouvelle. Elle a en effet fait l'objet de nombreuses études dont celle de SOGREAH pour laquelle les conclusions sont reprises ci-après.

Pour expliquer le fonctionnement des sources (origine, nature lithologique des roches réservoirs, aire d'alimentation), des auteurs ont proposés les cas suivants :

- (a) soit un écoulement d'origine karstique en raison de leur fort débit, unique en l'Ouest Africain, et de la présence du massif de calcaire de Tiara ;
- (b) soit la présence d'une faille le long du Kou (source de barrière) ;
- (c) soit par la présence de drains à fort écoulement (multiples failles gradins, seuils hydrauliques, niveaux de galets de quartz drainants).

Pendant les études, il a été constaté :

- Une continuité géologique des formations en rive droite et gauche, non seulement du Kou, mais aussi de la Guinguette ;
- Une absolue hétérogénéité absolue de la conductivité des eaux des forages situés en amont, en rive gauche et droite de la Guinguette (10 à plus de 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Les sources de la Guinguette se trouvent au niveau du contact de deux terrains aquifères distincts situé dans un bas-fond topographique (cf. figures 1-7) : des grès moyens à grossiers, très purs, en amont et une alternance de grès argileux, d'argilites et de bancs carbonatés en aval. Ces roches ont imprimé leurs caractéristiques géochimiques aux eaux souterraines :

- en rive gauche, les eaux issues des terrains carbonatés sont minéralisées (118 mg/l) avec un faciès bicarbonaté calco-magnésien dominant (92 % de la minéralisation) ;
- en rive droite, les eaux issues des grès sont peu minéralisées (38 mg/l) et relativement riches en chlorures et en sodium (19 % de la minéralisation).

On en déduit que les eaux peu minéralisées issues de l'aquifère gréseux très perméable situé en amont viennent se mélanger, à la faveur probable d'une discontinuité tectonique, avec celles plus minéralisées des terrains carbonatés.

Les sources de Nasso sont parmi les plus importantes d'Afrique de l'Ouest avec un débit moyen de l'ordre de 2 m<sup>3</sup>/s. Depuis les premiers jaugeages de 1959, ce débit ne cesse de décroître : il a ainsi chuté de 32 % aux principales sources, celles de la Guinguette. Cela est à mettre en relation avec le déficit pluviométrique de 13 % qui sévit dans la région sahélienne depuis les années 70. Ce phénomène est amplifié par la forte réduction des précipitations

efficaces, notamment lors des années peu pluvieuses, qui atteint en moyenne 28 % dans les trente dernières années.

D'un point de vue hydrogéologique, les grès et grès à quartz constituent un réservoir dominé par une perméabilité de fissures complétée par une perméabilité d'interstices liée à la décomposition des grès en sable. Ils sont topographiquement bien placés : surface importante, faible pente, superposition normale des formations pour permettre aux eaux pluviales de se perdre et d'assurer le remplissage des fissures et des interstices.

Aucune couche imperméable ne protège les aquifères sur lesquels la ville de Bobo-Dioulasso est située et qui alimentent les sources. Une certaine valeur protectrice peut être attribuée aux altérites et aux latérites qui couvrent les aquifères. L'amplitude de la protection dépend directement de l'épaisseur de celle-ci. Dans la zone des sources, des carrières artisanales de sable sont exploitées et diminuent grandement la couche déjà peu protectrice (sable). Des carrières de latérite abandonnées en bordure de la ville de Bobo servent de décharges sauvages. Ici aussi la couche protectrice est sérieusement laminée.

La vitesse de l'eau souterraine peut varier entre 0,1 m/mois (grès fins, non fracturés) et plus de 100 m/mois (zones fracturées). Ainsi le temps requis pour qu'une contamination de la nappe au droit de Bobo-Dioulasso atteigne les sources de Nasso peut varier de 12 ans à 1500 ans vu la distance qui sépare la ville des sources.

L'âge de l'eau émergente aux sources de Nasso est estimé entre 300 et 500 ans, ce qui laisse espérer une protection contre les eaux modernes. Cependant, un faible pourcentage (environ 10 %) de l'eau pourrait avoir un âge de moins de 30 ans. Par conséquent les sources exploitées par l'ONEA pour l'AEP de la ville de Bobo-Dioulasso ne sont pas du tout à l'abri d'une pollution brutale ou accidentelle qui se propagerait rapidement. La zone de Bobo est vulnérable par les formations GGQ et GFG. En effet, les failles comme la faille qui est à l'origine des sources de Nasso, peuvent constituer des drains par lesquels la pollution arrive vite aux sources. De même une pollution actuelle pourrait se révéler bien plus tard dans une quarantaine d'années et plus. Il existe encore de nombreuses incertitudes à ce sujet.

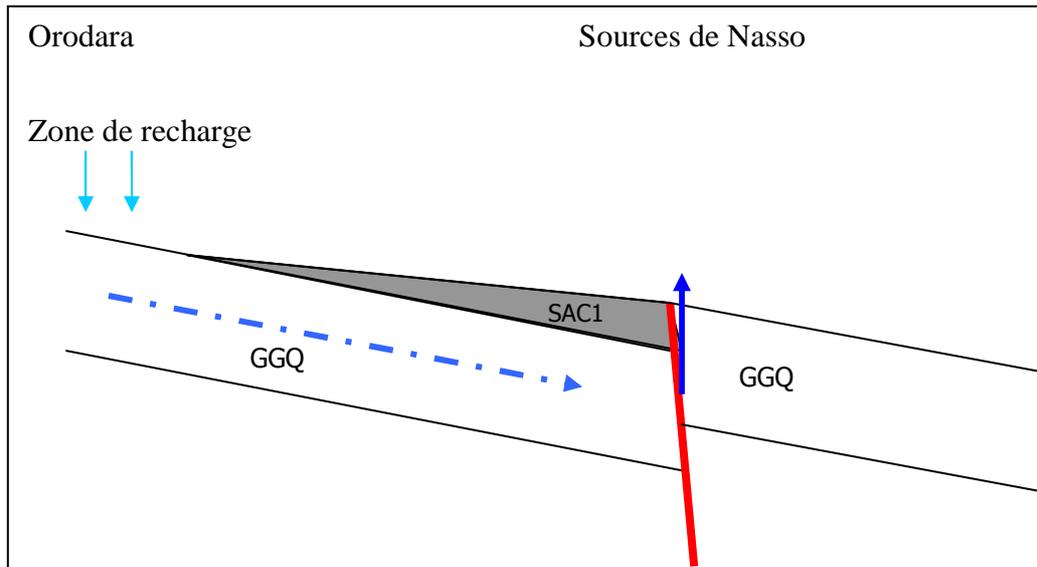


Figure 1-9 : Zone de contact SAC1/GGQ au niveau des sources de Nasso

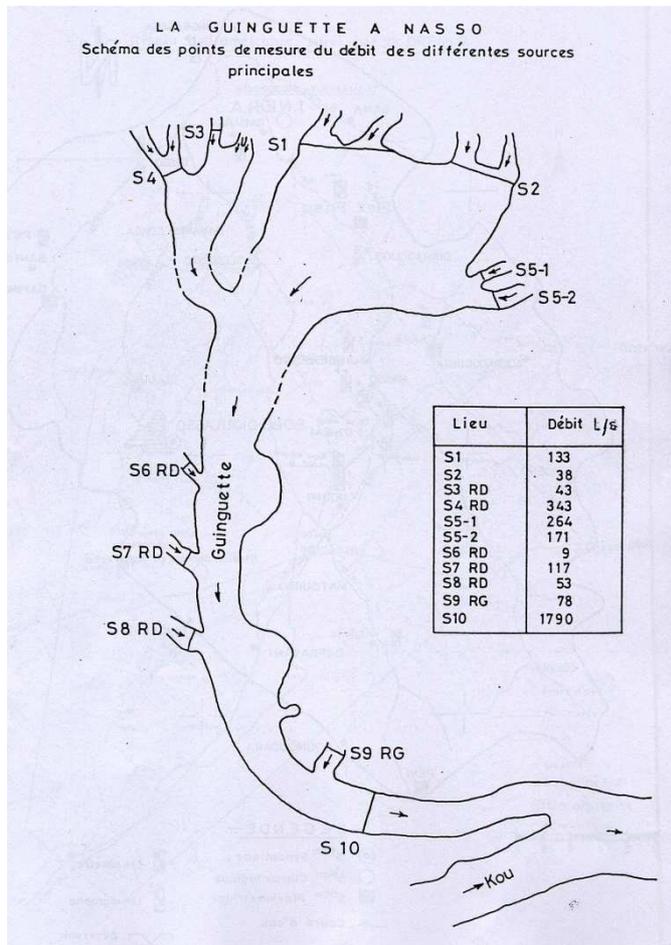


Figure 1-10 : Localisation des sources de la Guinguette à Nasso (SOGREAH, 1994)

### **1.2.3 Données géologiques hydrogéologiques**

#### **1.2.3.1 Stratigraphie**

Quatre formations ont été reconnues dans le secteur. Ce sont de la base au sommet, les grès de Kawara-Sindou (grès de base), les grès glauconieux de Takalédougou (grès de Sotuba), les grès à granules de quartz (grès à yeux de quartz) et les siltstones, argilites et carbonates de Guéna-Souroukoudinga (gréso-schisto-dolomitique).

Les deux premières formations constituent la falaise qui borde le secteur du Sud vers l'Est tandis que les deux dernières occupent les  $\frac{3}{4}$  restants de la zone. L'ensemble est traversé par des venues doléritiques, essentiellement dans la partie Ouest et Nord. La couverture superficielle (latérites et alluvions) est également importante et s'observe le long des cours d'eau. La géologie de la zone d'étude est présentée à l'annexe 8.

#### **La formation des Grès de Kawara-Sindou (GKS)**

Elle constitue l'essentiel de la falaise et repose en discordance sur le socle cristallin et cristallophyllien. Son épaisseur varie entre 90 à 350 m. On y distingue deux faciès : un faciès inférieur constitué de grès quartzite moyen bien classés, avec des passées hétérogranulaires épaisses vers le sommet, et un faciès supérieur constitué de grès fins bien classés en bancs centimétriques. Ce faciès est très diaclase et l'érosion lui donne un aspect ruiniforme (aiguilles de Sindou). Le GKS affleure en une mince bande le long de la falaise de Banfora, du nord-est de Bobo jusqu'à la frontière malienne.

#### **La formation des Grès Fins Glauconieux (Gfg)**

D'épaisseur variant entre 150 à 500 m, elle constitue, en partie, le sommet de la falaise. Le contact avec la formation sous-jacente semble progressif. On passe en effet, du niveau grossier conglomératique du sommet des GKS à une alternance de grès grossier, conglomératique et glauconieux avec des minces niveaux de grès très fins, silteux, rougeâtre et à débit schisteux, caractérisant la base de la formation. Le Gfg affleure en une bande continue large d'une dizaine de kilomètres.

#### **La formation des Grès à Granules de Quartz (GGQ)**

Elle est composée de grès quartzites fins à moyens avec des passées des grès grossiers à gros galets et son épaisseur va de 300 à 600 m. elle affleure très mal et s'observe au centre

du secteur dans le lit du Kou qui coule à proximité est du village de Koumi. Elle subaffleure au travers de l'encroutement latéritique à la sortie de Bobo sur la route Bobo-Orodara.

### **La formation des Siltstones, Argilites et Carbonates (SAC 1)**

On l'observe en contact avec la formation sous-jacente à environ 1 km à l'Ouest de Koumi. Les affleurements es plus importants apparaissent autour des villages de Nasso et de Dindéresso ainsi qu'à l'extrémité Ouest et Nord du secteur où ils forment de petites collines protégées de l'érosion par une coiffe doléritique. A la base, on trouve des grès très fins roses avec des niveaux de grès grossiers, d'argilite et de calcaire dolomitique. Par dessus, on a des grès quartzites très fins, arkosiques. Puis on a jusqu'au sommet une alternance d'argilites gréseuses, de siltstones, de grès fins avec des gros bancs de grès très fins, des niveaux plus ou moins épais de dolomie et de calcaire dolomitique à stromatolites. L'épaisseur de cette formation est d'environ 300 m.

### **Les dolérites et gabbro-dolérites**

Elles affleurent abondamment à l'extrémité Ouest et Nord et se présentent en dykes recoupant l'ensemble des formations. La structure doléritique est nette sur certains affleurements, par contre sur d'autres, on observe une différenciation plus grenue, gabbroïque.

### **Les formations superficielles**

Le recouvrement latéritique, très important, se présente sous forme de plateau à surface indurée horizontale ou en pente ou sous forme de colline à morphologie douce.

Les alluvions argileuses ou sablo-argileuses, récentes et actuelles, abondent également surtout en bordure de cours d'eau.

Les formations d'altération et d recouvrement résultant de la décomposition du substratum gréseux sont constituées de sables plus ou moins argileux à argile plus ou moins sableuses dont l'épaisseur peut dépasser 40 m par endroits.

#### ***1.2.3.2 Géologie structurale***

### **Fracturation**

Il ya un empilement régulier des différentes formations les unes sur les autres en couches subhorizontales affectées d'un léger pendage de 2° environ vers le N-W. Cependant, des pendages contraires Sud-Est ou Nord-Est peuvent être notés.

Les formations, surtout les niveaux gréseux, sont en général très fracturée, montrant des diaclases et des failles.

Les diaclases affectent l'ensemble des formations sauf les faciès argileux tendres. Les deux directions prédominants sont les directions SSE-NNW et SW-NE même si la première semble prépondérante. La diaclasation est plus intense dans le GKS tandis que le Gfg l'est moins. Au niveau du GGQ les rares affleurements sont tous très diaclasés. Les diaclases sont moins abondantes dans le SAC1.

Autour de Bobo-Dioulasso, des failles ont été mises en évidence sur le terrain et par les coupes géologiques tracées à partir des données de forage (SOGREAH, 1994). Elles sont à rejet vertical, à orientation SSE-NNW. Leur rejet, difficile à estimer, serait d'une centaine de mètres. La zone de Bobo, notamment la zone de sources de Nasso est caractérisée par des failles. Les sources de Nasso sont le résultat d'une faille. D'un coté de la faille il y a le SAC1 qui couvre le GGQ, l'autre coté le SAC1 a disparu et le GGQ affleure. L'eau des sources vient partiellement du SAC1 et partiellement du GGQ (cf. figure 1-9)

### **Structure géologique**

On observe une structure monoclinale à faible pendage vers le Nord-Ouest, recouverte localement par des dépôts sablo-argileux plus ou moins latéritiques. La fracturation joue un rôle important dans le contact de l'ensemble GFQ-GGQ avec le SAC ; ce dernier faisant face au GGQ par le biais d'une faille normale.

#### ***1.2.3.3 Les systèmes aquifères***

La zone d'étude est caractérisée par invasions marines successives et l'alternance de dépôts perméables et imperméables favorables à l'existence de couches d'aquifère d'une part, et de fortes précipitations (1000-1400 mm) favorables à l'alimentation de ces couches aquifères d'autre part. Ces conditions sont à l'origine de l'existence de plusieurs nappes superposées. De bas vers le sommet, on observe :

#### **L'aquifères des Grès de Kawara-Sindou (GKS)**

La nappe est de type multicouches dont les roches réservoirs sont composées de grès tendres blanc-crème et de grès grossiers à très grossiers, voire conglomératiques. En fonction de la morphologie du substratum ou de l'érosion, l'aquifère se repose, soit des schistes imperméables soit sur les granites du socle. La nappe à ce niveau est peu épaisse, peu

perméable, limitée. La transmissivité est de l'ordre de  $10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s et le coefficient d'emmagasinement de  $10^{-4}$ .

### **L'aquifère des Grès Fins Glauconieux (GFG) ou aquifère de la ville**

C'est un aquifère très étendu renfermant une nappe captive sollicitée par l'ensemble des industries de la ville. Les différents tests effectués donnent une transmissivité de l'ordre de  $7.10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s. En raison de la proximité étroite de la ville, de la zone industrielle et surtout d'un système d'assainissement inadapté, cet aquifère est menacé de pollution.

### **Les aquifères des Grès à Granules de Quartz (GGQ)**

Les nappes d'origine « dite détritique » sont souvent captives et protégées en surface par des assises imperméables de la base du SAC mais également séparées, en profondeur, de l'aquifère des GFG par une couche d'argile plus ou moins gréseuse de couleur jaune-rouge appartenant au toit de la formation marine des GFG. Les roches réservoirs sont constituées de grès tendres blanc-crème ou rouge très poreux et perméables. L'hypothèse de la présence de deux nappes au moins dans cette série a été confirmée par la campagne de diagraphie (SOGREAH, 1994). La séparation entre les deux niveaux aquifères est hétérogène (argile ou grès de faible perméabilité) et probablement discontinu, laissant la possibilité d'échange. La transmissivité est de l'ordre de  $6.10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s et le coefficient d'emmagasinement de  $5,5.10^{-4}$ . Elles sont en relation avec les sources de Nasso.

### **L'aquifère des Siltstones, Argilites et Carbonates (SAC 1)**

Il renferme une nappe puissante dont le toit est constitué par une épaisse couche de calcaire dolomitisé imperméable, sans aucun signe de karstification. Au mur de l'aquifère, on retrouve une série d'argiles rouges ou jaunes plus ou moins épaisses qui semble disparaître au voisinage des sources où la fracturation met en contact hydraulique le SAC et GGQ. La roche réservoir est constituée par des grès rouges, très grossiers et glauconieux. Au voisinage des sources de la Guinguette et de l'ONEA, ces formations sont en relation avec la nappes sous-jacente du GGQ. Les caractéristiques hydrodynamiques déterminées par des essais de débits courte durée et à faibles profondeurs (7 à 30 m) sont très variables ( $1,1.10^{-2}$  à  $5,6.10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s pour ce qui concerne la transmissivité).

### **La recharge et la productivité des aquifères**

La source principale de l'alimentation des aquifères est l'infiltration qui se fait essentiellement de par une recharge directe (infiltration directe et percolation vers la nappe

des eaux de pluies) et une recharge indirecte par infiltration à partir des points bas. La recharge a été estimée par plusieurs auteurs dont les résultats sont repris dans le tableau 1-3 et les caractéristiques hydrochimiques dans le tableau 1-4.

**Tableau 1-3 : Estimation de la recharge dans le bassin du Kou**

Auteurs	Méthodes	Recharge nette (mm/an)
BRGM, 1986	?	266
IWACO, 1990	?	166
SOGREAH, 1994	Thornwaite (RFU= 100)	248
DAKOURE D., 2003	Thornwaite (RFU= 140 à 200)	75 à 120
	Modèle hydrologique à réservoirs	127
	Cubature des variations piézométriques	<16
	Modélisation hydrogéologique	0 à 47
DEROUANE J., 2005	Thornwaite (RFU= ?)	26 à 42

**Tableau 1-4 : Caractéristiques hydrochimiques des aquifères**

Formation	Température (°C)	pH	Conductivité (µS/cm)	Faciès hydrochimique	
				Chloruré et/ou sulfaté alcalin	Bicarbonaté alcalin
GKS	30.2	6.4	36	Non	Oui
GFG	30.6	6.9	183	Oui, majoritaire	Oui
GGQ	29.5	6.4	144	Oui, majoritaire	Oui
SAC1	30.8	7.3	359	Oui, majoritaire	Oui

(Source : DEROUANE J., 2006, modifié)

### 1.3 Conclusion

Dans le cadre de la protection des sources de Nasso et des forages ONEA de la même localité, une synthèse des connaissances actualisées de ces ressources permet de se rendre compte de la nécessité de leur protection.

La zone d'étude est drainée par le cours d'eau pérenne du Kou et de ses affluents. Les sources, objet de la présente étude alimentent ce cours d'eau, le transformant en une rivière avec un débit d'étiage supérieur à 2 m<sup>3</sup>/s. il est également alimenté en aval par les sources de Pessou.

Malgré la complexité de la géologie et l'hydrogéologie, les principales formations géologiques de la zone ont été identifiées. Elles sont constituées de formations sédimentaires à dominance gréseuse (GKS, GFG, GGQ, SAC), de formations d'altération et de recouvrement ainsi que de formations intrusives de dolérites. Cependant les limites entre ces

différentes formations identifiées restent imprécises. De nombreuse fracturation, à l'origine des émergences, influencent profondément la géométrie des aquifères et leur fonctionnement hydraulique. Les écoulements suivent les directions Sud (falaise de Banfora) vers le Nord (sources de Nasso) par la partie Ouest et les sources de Pessa pour la partie Est. Les aquifères diversement exploités sont caractérisés par deux types d'écoulements : un écoulement lent et dispersé dans les grès non fracturés et un écoulement rapide et concentré dans les zones de fractures et les niveaux de galets de quartz.

## CHAPITRE 2 : ETUDE DIAGNOSTIC

Afin de prendre des mesures de conservation et de protection adéquate, l'étude diagnostic du secteur d'étude et de ses environs s'est orientée vers :

- Une cartographie de la vulnérabilité de la zone. qui a déjà fait l'objet de plusieurs études dont la première par SOGREAH en 1994 ;
- Une étude d'environnement qui permettra de recenser les activités socio-économiques, d'identifier les sources de pollutions potentielles ou effectives et d'analyser leur impact probable sur les ressources en eau.

### 2.1 *Cartographie de vulnérabilité et des risques*

Communément, dans les différentes études de vulnérabilité, une distinction est faite entre les notions de vulnérabilité intrinsèque, vulnérabilité spécifique et risque.

#### 2.1.1 **Cartographie de vulnérabilité**

La vulnérabilité à la pollution est un concept qui repose sur l'idée que le milieu physique, en relation avec la nappe d'eau souterraine, procure un certain degré de protection vis-à-vis des pollutions suivant les caractéristiques de ce milieu. Ce milieu physique peut agir comme un filtre naturel et purifier l'eau polluée, limitant ainsi le transfert de contaminants vers la nappe. Ainsi donc, faisant suite à la prise en compte des problèmes de pollution de l'eau souterraine et des sources, le concept de vulnérabilité a été développé pour y remédier. Introduit par MARGAT à la fin des années 60, il a ensuite évolué dans les années 80 prenant en compte, en plus les caractéristiques du milieu physique, les caractéristiques ci-après :

- Les sources de pollution susceptibles de détériorer la qualité de l'eau ;
- La nature des polluants susceptibles de migrer vers la nappe.

Communément, on distingue deux types de vulnérabilité :

- La vulnérabilité intrinsèque : Elle reflète la capacité du milieu à réduire naturellement toute contamination indépendamment du type et de la quantité du contaminant, de ses propriétés, de sa source et du risque d'occurrence. Il prend en considération les caractéristiques géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques du milieu naturel mais est indépendant de la nature du polluant (d'après Daly et al. 2002) ;
- La vulnérabilité spécifique : Contrairement à la vulnérabilité intrinsèque, elle prend en compte des interactions chimiques, physiques ou microbiennes possibles, entre le

milieu souterrain et le contaminant (dégradation du contaminant par les micro-organismes, phénomène de sorption, etc.). La vulnérabilité spécifique est utilisée pour la caractérisation d'une eau par rapport à un polluant particulier, ou par rapport à un groupe de polluants. Elle est directement liée à la présence d'une source de pollution et ne fournit qu'une photographie instantanée de l'état de la ressource ;

La vulnérabilité intrinsèque est utilisée pour caractériser de manière globale la sensibilité des eaux souterraines aux contaminations. Elle fera donc l'objet de ce paragraphe. Dans le cas de la délimitation des zones de protection, la cartographie de la vulnérabilité a pour but d'évaluer en tout point du bassin d'alimentation l'impact d'une pollution potentielle sur la qualité de l'eau du captage.

#### **2.1.1.1 Critères de vulnérabilité**

Les facteurs agissant sur la vulnérabilité d'une nappe ou d'une sont multiples. Ils sont présents dans trois zones : le sol, la zone non saturée et la zone saturée. L'emploi des différents critères de vulnérabilité dépend de la zone d'étude, de la méthodologie employée et des objectifs recherchés. Les critères suivants sont généralement utilisés :

##### **Critères relatifs au sol :**

- La topographie : Elle donne une idée de la partie ruisselée et de la partie infiltrée de l'eau de pluie sur le sol. Plus la pente de la surface du sol est forte et longue, plus le polluant s'éloignera de son point d'émission ;
- La couverture pédologique : Elle contient, de par sa nature, sa texture, et sa composition, les principaux procédés susceptibles d'atténuer une contamination.

##### **Critères relatifs à la zone non saturée (ZNS)**

- L'épaisseur de la ZNS conditionne le temps de transfert d'un polluant jusqu'à la nappe ;
- L'amplitude de battement de la nappe joue sur l'épaisseur de recouvrement de la nappe si elle est significative. Dans ce cas, elle devient donc un critère de vulnérabilité ;
- La perméabilité verticale de la ZNS influe directement sur le temps de transfert d'un polluant vers la nappe ;

- La structure de la ZNS est un critère important de par le faciès, les discontinuités, la texture et la teneur en argile et en matière organique de la ZNS.

### **Critères relatifs à la zone saturée**

- Le type de nappe : une nappe libre s'avère beaucoup plus vulnérable qu'une nappe captive, naturellement protégée par une ou des formations imperméables ;
- Les paramètres hydrodynamiques qui déterminent le temps de résidence d'un contaminant dans la nappe ;
- La piézométrie conditionne l'évolution des processus hydrodynamiques ;
- La direction et le sens d'écoulement déterminent les cibles atteintes par un polluant dans la nappe ;
- Le type de système hydrogéologique : à partir de la réactivité aux impulsions pluviométriques du système, et donc de son caractère transmissif ;
- Les relations nappe - cours d'eau qui peuvent de type drainage ou de type alimentation, fournissent des informations sur la possibilité de contamination ;
- L'épaisseur de l'aquifère détermine le stock d'eau et la dilution du polluant.

### **Critères communs à la zone non saturée et à la zone saturée**

- La fracturation : des discontinuités peuvent jouer le rôle de drains et augmenter la vitesse d'infiltration du polluant dans la nappe.
- La recharge conditionne la quantité d'eau atteignant la zone saturée et dépend de la pluie efficace s'infiltrant dans le sol puis dans la ZNS

#### ***2.1.1.2 Méthodes cartographiques de la vulnérabilité***

De nombreuses méthodes ont été développées et chaque méthode est adaptée à des conditions géologiques et hydrogéologiques bien déterminées et sont utilisées selon l'objectif recherché. Selon un classement du BRGM, il existe trois grandes catégories de méthodes :

- Les méthodes de cartographie à index, basées sur la combinaison de cartes unicritères (sol, géologie, profondeur de la nappe, perméabilité de la ZNS, ...), qui donnent un index numérique à chaque critère et leur attribuent un poids ; ce sont des méthodes quantitatives,

- Les modèles de simulation utilisant des équations mathématiques afin de modéliser les processus qui régissent le transport des polluants ; ces méthodes sont plus ou moins complexes, selon le nombre de transports ou le nombre de dimensions que l'on prend en compte,
- Les méthodes statistiques qui, en se basant sur une variable dépendant de la concentration en polluants, fournissent des caractéristiques sur les probabilités de contamination de la zone d'étude.

Les deux dernières méthodes étant basées sur le transport de polluants, elles sont plutôt utilisées dans le cadre de la vulnérabilité spécifique. Les méthodes de cartographie à index sont les plus utilisées dans le cadre de la vulnérabilité intrinsèque.

### **Méthodes de cartographie à index**

Les méthodes de cartographie à index se distinguent par trois types d'approche :

- Les méthodes à systèmes hiérarchisés comparent les conditions de vulnérabilité d'une zone donnée avec les critères d'autres zones ; elles sont plutôt utilisées pour l'étude de la vulnérabilité de contextes hydrogéologiques variés à l'échelle régionale ou nationale et donnent des résultats relativement qualitatifs,
- Les méthodes à index et relations analogiques sont basées sur la description mathématique des processus hydrogéologiques pour estimer surtout la vulnérabilité spécifique vis-à-vis de polluants,
- Les méthodes à systèmes paramétrés distinguant les méthodes à systèmes matriciels, les méthodes à systèmes indexés, les méthodes de pondération et d'indexation des critères. Ces méthodes reposent sur une même procédure : il faut choisir des critères représentatifs de la vulnérabilité possédant une gamme de variation de la sensibilité.

### **Méthodes à systèmes paramétrés**

- Les méthodes à systèmes matriciels utilisent au moins deux paramètres représentatifs de la zone étudiée (profondeur de la ZNS, ...) subdivisés en classes ; la combinaison des paramètres et de leur classe respective ( $X_n$  et  $Y_m$ ,  $n$  et  $m$  déterminant les classes respectives des critères  $X$  et  $Y$ ) calcule un degré de vulnérabilité, compris entre très faible et très fort par exemple. Ces méthodes à peu de paramètres s'utilisent pour des études à petite échelle.
- Les méthodes à systèmes indexés, avec des paramètres divisés en classe, additionnent les différents index des paramètres pour aboutir à une valeur numérique traduisant la

vulnérabilité. Cette dernière est également subdivisée en classes. Les méthodes suivantes sont dites « à index » :

- La méthode GOD (Foster, 1987) ;
  - La méthode « Pesticide Root Zone Model » (EPA, 1983) ;
  - Les méthodes GLA et PI (service géologique allemand) ;
  - La méthode AVI (Van Stempvoort et al., 1992) ;
  - La méthode ISIS (De Regibus, 1994).
- Les méthodes de pondération et d'indexation des paramètres utilisent la même approche que les méthodes à index mais rajoute un système de pondération pour les différents critères permettant, ainsi, de modifier le poids relatif de leur importance dans l'approche de la vulnérabilité :
- La méthode DRASTIC (annexe 1, pages 51 et 52) développée aux USA (EPA, Aller et al., 1985) ;
  - La méthode SYNTACS développée en Italie (Civita et Benacchio, 1988) ;
  - Les méthodes EPIK (Dörfliger, 1996), RISKE (Pételet-Giraud et al., 2000) et RISK (Dörfliger et al., 2004) spécifiques aux milieux karstiques ;
  - La méthode IDPR (BRGM) récemment développée pour les cartographies régionales.

Parmi les méthodes de cartographie à systèmes paramétrés, les méthodes de pondération et d'indexation des critères sont largement utilisées.

### **Limite des méthodes de pondération et d'indexation des critères**

Malgré les avantages certains de ces méthodes, à savoir leur facilité de mise en œuvre et de report cartographique grâce aux Systèmes d'Informations Géographiques (SIG), des difficultés apparaissent dans leur élaboration. La principale vient de l'attribution des critères, de leur notation et de leur poids. En effet, chaque étude étant différente, un paramètre important dans une étude peut ne pas apparaître dans une autre. De plus, lorsque le nombre de critères est élevé comme dans la méthode DRASTIC (sept critères), il est possible qu'un paramètre primordial soit masqué par les autres paramètres. Enfin, les critères concernant la zone saturée sont discutables, tout comme le faible poids attribué généralement au sol et à la topographie.

### 2.1.1.3 Evaluation de la vulnérabilité intrinsèque du bassin amont du Kou

La vulnérabilité du bassin du Kou a fait l'objet de plusieurs études. Les méthodes utilisées sont surtout les méthodes DRASTIC et DRASTIC modifiée. Nous allons établir la carte de vulnérabilité selon la méthodes GOD et la comparer aux autres résultats.

#### Présentation de la méthode

Le mot GOD est un acronyme des paramètres suivants :

- **G**roundwater occurrence (type d'aquifère) ;
- **O**verall aquifer class (caractéristiques de l'aquifère en terme de lithologie et de porosité) ;
- **D**epth of water table (profondeur à la nappe).

On calcule l'indice de vulnérabilité GOD de la manière suivante :

$I_{V_{GOD}} = C_A \times C_L \times C_D$  où :

$C_A$  = note du type d'Aquifère ;

$C_L$  = note de la Lithologie de la ZNS de l'aquifère ;

$C_D$  = note de la Profondeur (Depth) à la surface de la nappe.

Les notes utilisées pour chaque paramètre utilisé, varient entre 0 et 1. Les notations se font selon les critères énoncés dans les tableaux suivants :

<b>Nature lithologique</b>	<b>Note</b>
<b>Sol résiduel</b>	<b>0.4</b>
<b>Limon alluvial, argile, marne, calcaire fin</b>	<b>0.5</b>
<b>Sable éolien, siltite, tuf, roche ignée et métamorphique fracturée</b>	<b>0.6</b>
<b>Sable et gravier, grès, tuf</b>	<b>0.7</b>
<b>Gravier (colluvions)</b>	<b>0.8</b>
<b>Calcaire</b>	<b>0.9</b>
<b>Calcaire fracturé ou karstique</b>	<b>1</b>

Figure 2-1 : Notes de la lithologie de la ZNS

Type d'aquifère	Note
Aucun aquifère	0
Aquifère confiné et artésien	0.1
Aquifère confiné et non artésien	0.2
Aquifère semi-confiné	0.3
Aquifère avec couverture de surface assez perméable	0.4- 0.6
Aquifère non confiné	0.7- 1

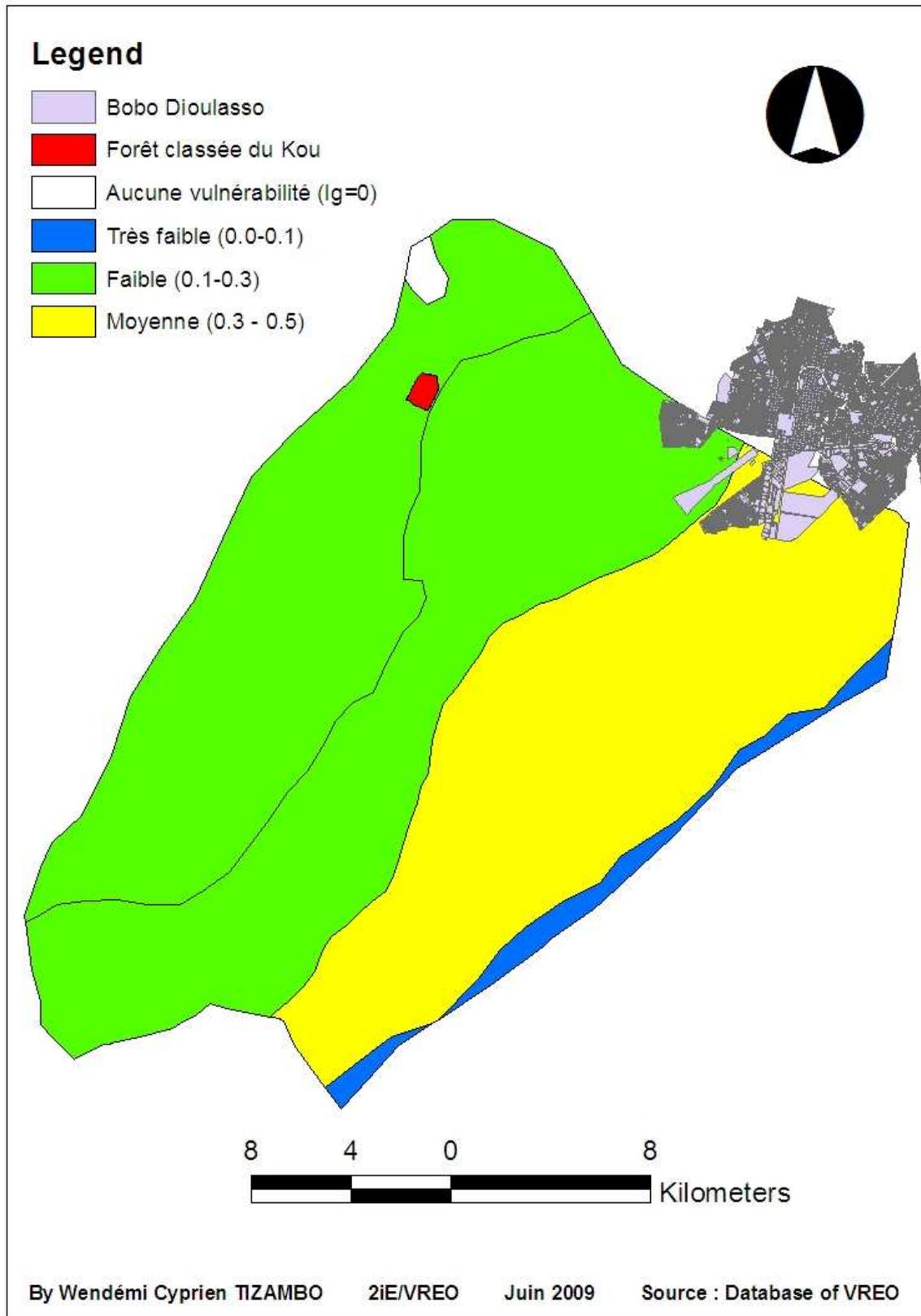
Figure 2-2 : Notes du type d'aquifère

Profondeur (m)	0 – 2	2 – 5	5-10	10-20	20-50	50-100	> 100
Note	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4

Figure 2-3 : Notes de la profondeur de la nappe par rapport au sol

Nature lithologique	Note attribuée	Profondeur nappe	Note attribuée	Type d'aquifère	Note attribuée	Note finale
GKS	0.7	5.9	0.8	Confiné artésien	0.1	0.056
GFG	0.7	15.5	0.6	Non confiné	0.75	0.315
GGQ	0.7	13.1	0.7	Couverture perméable	0.5	0.245
SAC1	0.5	10.8	0.7	Non confiné	0.75	0.263

Figure 2-4 : Caractéristiques finales des différents aquifères



Carte de vulnérabilité selon la méthode GOD

Il se remarque aisément qu'une partie de la ville se trouve dans une zone moyennement vulnérable, notamment la zone industrielle. Une pollution qui contaminerait cette zone peut ensuite se propager facilement dans les autres compte tenu des conditions favorables d'écoulement dans la nappe. A quelques différences près les mêmes les auteurs précédents ont abouti à des conclusions similaires.

## **2.2 Etude d'environnement**

### **2.2.5 Présentation du modèle d'analyse**

Le système d'indicateur DPSIR met en place une démarche, qui va de l'analyse des processus qui déterminent les impacts environnementaux (forces motrices et pressions), à la situation actuelle en matière d'environnement (état et impact) et aux actions que le système entreprend pour résoudre les problèmes mis en évidence (réponses). Le modèle DPSIR est une méthodologie développée par l'EEA (European Environmental Agency) décompose l'analyse en 5 étapes liées par des relations de causalité, et dont chacun est constitué par des indicateurs dont les caractéristiques générales indiquées ci-après :

D – Driving forces (Forces motrices). Ce sont des facteurs responsables d'activités génératrices de nuisances ou consommatrices de ressources (activités agropastorales, industrielles, transport, exploitations des aquifères...);

P – Pressure (Pression). Dans cette catégorie sont classés les indicateurs relatifs aux facteurs qui sont des sources directes de problèmes environnementaux, tels que les émissions de polluants, la production de déchets, etc. Ces éléments sont directement liés à l'état de l'environnement analysé puisqu'ils en sont responsables.

S – State (Etat). Ce module décrit l'état de l'environnement conditionné par les pressions qui s'exercent sur lui. Les indicateurs d'état, comme la concentration des polluants dans l'air ou dans les eaux ou le niveau d'acidification du sol, reflètent les effets des pressions exercées sur un ensemble territorial et sont les indicateurs ultimes de l'efficacité des réponses adoptées.

I – Impact (Impact). Ces indicateurs décrivent les changements de l'état de l'environnement qui se manifestent, par exemple, sous la forme d'une altération des écosystèmes ou de répercussions sur la santé.

R – Response (Réponse). Ces indicateurs recensent les actions entreprises pour remédier aux problèmes environnementaux identifiés et quantifiés grâce aux autres modules.

## **2.2.5 Les forces motrices (« DRIVERS »)**

### ***2.2.5.1 La démographie et la gestion urbaine***

Évaluée en 1985 à 231 157 habitants, la ville de Bobo Dioulasso comptait au dernier RGPH de l'INSD en 2006, 435 543 habitants et compterait en 2020, environ 600000 habitants. Cette évolution induit l'occupation de nouvelles terres et les développements de certaines activités socio-économiques.

Toutes les collectivités implantées dans la zone (Centre d'enseignement religieux, école diverses) qui pour la plus part ont leur propre forages, ne font aucune utilisation directe de l'eau de la rivière. Par ailleurs, les responsables de ces collectivités semblent être sensibles aux risques des pollutions des sources. L'utilisation des pesticides est très limitée et le lisier produit par les élevages est géré de façon contrôlée.

A titre d'exemple, l'université de Nasso dont le laboratoire de chimie a été construit juste au dessus de la nappe phréatique a dû suspendre ses activités en raison des risques de pollutions. Les manipulations nécessitant l'utilisation de produits polluants ont été délocalisées dans des locaux situés à Bobo.

### ***2.2.5.2 L'exploitation des sources et des aquifères***

Les eaux souterraines de la région de Bobo-Dioulasso sont diversement exploitées. Pour alimenter la ville en eau potable, l'ONEA exploite trois (3) captages dans la zone de Nasso. Ces ouvrages sont les forages ONEA F1 et F2, ainsi que la source ONEA 1 (Annexe 6). Dans la zone industrielle, certaines industries comme la SAP OLYMPIC, la SN-CITEC, la BRAKINA, la SOFITEX, la SONABHY disposent de leurs propres forages qu'ils exploitent. Si les prélèvements de l'ONEA peuvent être quantifiés, ce n'est pas le cas des industriels qui ne connaissent généralement pas les quantités qu'ils utilisent.

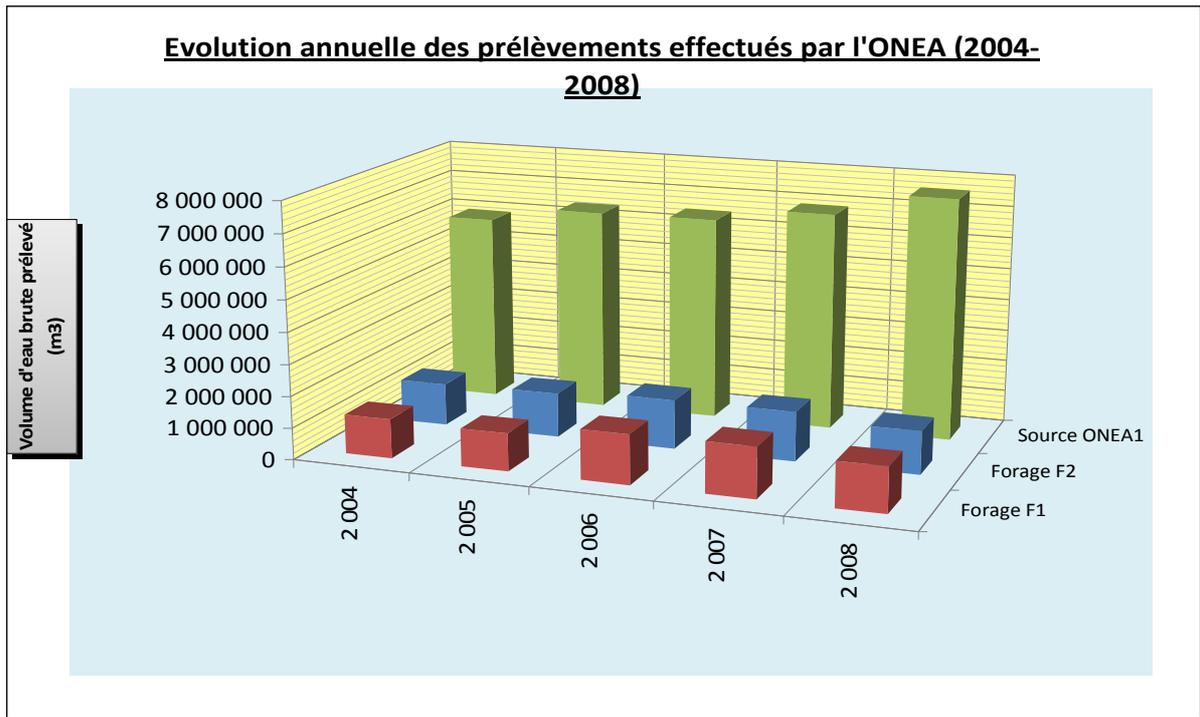


Figure 2-5 : quantification des prélèvements de l'ONEA

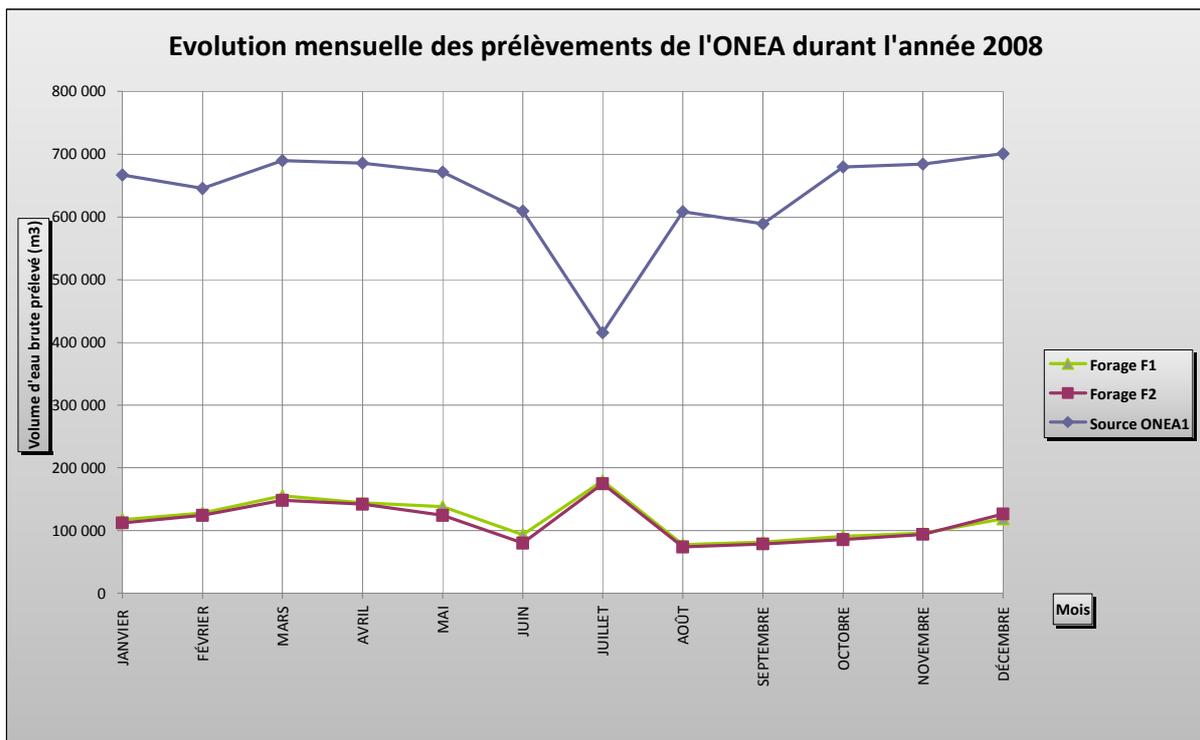


Figure 2-6 : Evolution des prélèvements de l'ONEA durant l'année 2008

### **2.2.5.3 Les activités agropastorales**

L'agriculture et l'élevage sont les principales activités des populations. Cependant d'autres activités non moins importantes rythment la vie des populations : l'artisanat, le commerce, l'apiculture, l'arboriculture fruitière...

#### **Les activités agricoles**

D'une manière générale, le bassin versant du Kou qui connaît une croissance démographique soutenue est caractérisé par une très forte activité agricole en amont et en aval des sources de Nasso. L'agriculture est surtout extensive malgré l'adoption de nouvelles techniques culturales : labour à la charrue, techniques de protection des sols contre l'érosion et de restauration de la fertilité des sols, utilisation d'engrais minéraux... les types d'exploitations sont : le champs de case proches des habitations (plantes de sauce), les champs de village ou campements réservés aux cultures (maïs, arachide), les champs de brousse (sésame, fonio, sorgho). Les productions sont essentiellement des céréales (mil, sorgho, maïs, riz et fonio), des cultures de rente (coton, arachide, sésame et rocelle : bissap) et d'autres productions vivrières comme le niébé, la patate, l'igname, le taro, manioc.

Dépendant essentiellement des revenus des villageois, donc variant d'un village à un autre, l'utilisation d'intrants agricoles pour les cultures pluviales est difficilement quantifiable. Il n'en demeure pas moins que la culture cotonnière, très exigeante en matière de fertilisants et produits de traitements phytosanitaires, ne cesse de se développer dans la région. Ce phénomène assez récent, qui est à l'image de l'augmentation continue de la production de coton sur l'ensemble du territoire Burkinabé, peut s'expliquer par les facilités d'acquisition des graines et autres intrants offertes par la SOFITEX aux petits producteurs.

Si l'agriculture intensive se développe ces dernières années, ce type d'exploitation agricole n'est pourtant pas récent dans la zone. Elle est pratiquée depuis près d'un demi siècle par les chercheurs du centre régional de recherche environnemental et agricole de Farakoba, qui sur 500 hectares effectuent des essais variétales de maïs, riz, manioc, coton... De même, les agriculteurs du Centre Agricole Polyvalent de Matourkou qui sur 1000 hectares cultivent des céréales à but instructif mais surtout commercial, ont eux aussi massivement recours aux intrants agricoles. Activité génératrice de revenus mais très consommatrice en engrais chimiques et autres pesticides, l'agriculture maraîchère est pratiquée le long des cours d'eau pérennes. La zone la plus cultivée est celle de Samagan suivit de Farakoba, Koumi, Logofourso ainsi qu'à Kodené où elle se fait en puisant l'eau des puits.

### **Le pastoralisme**

Difficilement quantifiable de part le caractère migrant des troupeaux, la présence des bovins le long des cours d'eau varie selon la saison. Elle est bien entendu beaucoup plus marquée en saison sèche, où elle s'accompagne souvent de conflits avec les agriculteurs dans une région où la pression sur le sol est forte. Il est indéniable que le passage répété d'un seul troupeau suffit à dégrader fortement en espace agricole. Le long des cours d'eau, les dégradations sont marquées sur les berges ainsi que sur la nature de l'eau, lorsque les bêtes rentrent s'y baigner. Au niveau de la Guinguette, la détérioration des berges engendrée par le passage régulier des troupeaux est visible au niveau du guet, bien que les travaux de construction du pont sur la nouvelle route reliant Nasso au village de Koumi, aient modifié les lieux où viennent s'abreuvoir les bœufs. Plus d'une dizaine de troupeaux sont menés quotidiennement vers un point d'eau situé au niveau d'un verger de manguiers, à quelques dizaines de mètres en aval de la forêt classée. Les séquelles environnementales y sont flagrantes. A noter que les élevages de porcs sont assez nombreux dans la région. En règle générale le lisier qui y est produit est collecté et utilisé comme engrais.

#### ***2.2.5.4 Les activités industrielles***

Les activités industrielles de la ville de Bobo Dioulasso, deuxième ville et capitale économique du pays sont pour l'essentiel localisées dans la zone industrielle. Cependant depuis quelques années, on observe l'émergence d'industries clandestines (agroalimentaires pour la plupart, notamment les huileries) à travers la ville.

Les déchets produits par ces établissements sont :

- Les effluents liquides domestiques et assimilables ayant les mêmes caractéristiques que ceux rejetés par les ménages. Ils sont issus notamment des cuisines, des WC, des douches, les eaux de ruissellement non contaminées... la pollution résultante est essentiellement organique ;
- Les effluents liquides non domestiques résultant de l'activité industrielle dont les caractéristiques sont très variées. En plus des matières organiques (dissous comme en suspension), ils peuvent contenir des produits toxiques, des hydrocarbures et huiles ou de métaux lourds ;
- Les déchets industriels solides banals comprenant les emballages (plastiques, cartons), déchets de bureau, des chutes de matières premières non dangereuses et des rebuts ;

- Les déchets solides industriels spéciaux dont les boues industriels, résidus de peinture, emballages contaminés, etc.

Pour tous ces déchets produits, différents traitements leur sont appliqués en vue non seulement leur dangerosité mais aussi leur quantité. Cependant, ces traitements ne sont pas souvent adaptés ou se révèlent quelquefois insuffisants (cf. annexe 9).

### **2.2.5.5 Le transport**

La présence dans le bassin de deux routes (route de Banfora et route d'Orodara) au trafic routier important, représente un risque potentiel de pollution. En effet de nombreux camions transportant des produits dangereux, tels que les hydrocarbures ou de l'engrais (SOFITEX), empruntent quotidiennement ces axes routiers. En cas d'accident, les dégradations sur les nappes phréatiques, voir sur les eaux de surfaces si cet événement arrivait près d'un cours d'eau, seraient non négligeables. De même, la création de la route reliant Dinderesso à Koumi en passant par la forêt classée du Kou a dors et déjà fortement modifié le paysage autour de la forêt. Dans ce périmètre proche des sources, l'intensification des dégradations engendrées par l'augmentation du trafic est donc prévisible.

### **2.2.5.6 L'assainissement**

#### **L'assainissement pluvial**

La ville de Bobo Dioulasso souffre d'une insuffisance cruciale d'infrastructures d'évacuation des eaux pluviales. Le réseau existant se compose de canaux à ciel ouvert en maçonnerie ou en terre. Cette situation est à l'origine de récurrentes inondations à chaque hivernage. Ces eaux de pluies drainent les déchets vers les forêts classées du Kou et de Dindéresso. Cependant d'importants travaux sont en cours de réalisation. Il s'agit notamment de la construction de canaux en béton armé à grand diamètre.

#### **La gestion des déchets solides**

Bobo Dioulasso est la ville la plus importante située en amont des sources. La gestion des déchets solides (DS), comme le stipule le décret n°98-323/PRES/PM/MEE/MATS/MIHU/MS/MTT du 28 Juillet 1998 portant réglementation de la collecte, du stockage, du transport, du traitement et de l'élimination des déchets urbains, est du ressort des collectivités locales. Ainsi donc, l'instar de la commune de Ouagadougou, la

commune de Bobo Dioulasso s'est doté également d'un Schéma Direction de Gestion des Déchets Solides (SDGDS), adopté par délibération du conseil municipal en 2002. La mise en œuvre est confiée à la Direction des Services Techniques Municipaux (DSTM) dont le Service de la Propreté Urbaine en assure l'exécution.

Le SDGDS de la ville de Bobo comporte trois (3) maillons, devant tous être privatisés : la pré-collecte, le transport et le Centre d'Enfouissement Technique (CET)

**La pré-collecte :** La ville de Bobo est subdivisée en neuf (9) zones de pré-collecte faisant chacune l'objet de contrat avec un concessionnaire. Chaque concessionnaire est chargé de collecter les ordures ménagères et des déchets assimilés des ménages et autres établissements (administrations commerces, marchés...) vers les centres de collecte. Ceux-ci, au nombre de quatorze (14), sont repartis à travers la ville.

**Le transport :** Ce maillon qui devrait également faire l'objet d'une privatisation n'a finalement été attribué par suite d'insuffisance de moyens financiers. Il est actuellement assuré par régie directe par les STM. Le parc auto qui n'a jamais fait l'objet d'un renouvellement, est passé de sept (7) camions multi-lève en 1995 à deux (2) qui sont actuellement en service.

**Centre d'Enfouissement Technique (CET) :** Dernier maillons du SDGDS, il 'est toujours pas fonctionnel malgré son importance dans importance dans le schéma. Ce qui conduit à la prolifération de décharge sauvage à travers toute la ville dont certaines ont été relevées en amont des sources voire à proximité (décharge, route de Nasso).

**Evaluation de la mise en œuvre :** On a constaté l'échec de la mise e œuvre du SDGDS à travers la privatisation. La résultante se traduit par un accroissement de l'état d'insalubrité de la ville faisant peser d'énormes risques sanitaires sur les populations et sur l'environnement. Il n'existe aucune perspective à court ou à moyes termes qui puisse faire fonctionner les maillons manquants, notamment le CET.

### **L'assainissement des eaux usées et excréta**

**L'assainissement autonome :** L'évacuation des eaux usées domestiques s'effectue à travers des latrines traditionnelles (majoritairement, des latrines VIP, des fosses septiques ou des

fosses étanches. Cependant, la majorité des eaux ménagères est évacuée dans les cours ou dans les caniveaux de drainage des eaux pluviales.

**L'assainissement collectif :** Récemment mis en service, le réseau d'égout prévoit collecter toutes les eaux usées de la zone industrielle pourtant son exécution accuse d'un retard. La phase dite d'urgence a été exécutée avec la connexion des gros pollueurs de la zone industrielle : BRAKINA, SN-CITEC, JOSSIRA INDUSTRIE (en arrêt de production mais actuellement exploitée par DEGRO), SOFIB HUILERIE. Cependant, la prolifération des industries agroalimentaires souvent clandestines risque de réduire les efforts déjà consentis car ceux-ci n'assurent pas un traitement adéquat de leurs eaux usées et de leurs déchets.

### **2.2.6 Les différentes pressions observées (PRESSURE)**

Les aquifères de la zone de Bobo Dioulasso sont vulnérables aux de pollution. Ces pollutions peuvent être soit permanentes, soit occasionnelles.

#### **Les pollutions occasionnelles**

Elles sont de type chimique et proviennent des accidents de route et de chemin de fer (camions, wagons) sur l'axe Banfora-Ouagadougou de transport d'hydrocarbures et de divers produits chimiques (pesticides, insecticides, engrais...). Elles sont difficilement maitrisables car le transport est le plus souvent nocturne et il n'y a pas d'équipement adéquat d'enlèvement des produits polluants.

#### **Les pollutions permanentes**

Ces pollutions sont de deux types : chimique et bactériologique. Elles proviennent d'une part des rejets non contrôlés d'eau usée d'origine domestique et industrielle et d'autre part, des dépôts sauvages et officiels d'ordures en ville et à sa périphérie. En effet, le réseau d'eau usée collecte toute sorte de produits et les achemine vers le réseau hydrographique avoisinant. Les points de décharge ne sont ni classés, ni étudiés et sont disséminés dans la ville. Ainsi, les cours d'eau et les nappes sont sérieusement menacés.

La production de l'eau potable pour la ville pourrait être mise en danger par :

- La pollution des eaux de surface pourrait occasionner une pollution des sources qui constituent ;

- La pollution des eaux souterraines : pollution lente mais presque irréversible qui rendrait inutilisables aussi bien les sources que les forages pour l'AEP de la ville et dans une certaine mesure, des risques sanitaires liées à leur utilisation en aval pour l'agriculture maraîchère ;
- Les pollutions agricoles : l'utilisation des intrants chimiques et des produits phytosanitaires constitue un risque énorme pour les eaux (souterraines ou de surface, surtout les sources qui sont exploitées) ;
- Les transports solides résultant de la dégradation des terres ;
- La surexploitation de l'aquifère consécutivement à la pression démographique et au développement des activités socio-économiques et partant, la baisse du niveau piézométrique des nappes ;
- La baisse de débit des sources : Dans 30 ans il restera environ 900l/s. donc 28 millions de m<sup>3</sup> par année. Ce qui constitue une menace pour les aménagements rizières et les cultures maraîchères en aval des sources.

### 2.2.7 L'état (STATE)

Les activités anthropiques ont d'ores et déjà modifié l'état de l'environnement. De nombreux problèmes apparaissent consécutivement à ces faits. On note :

- Les décharges qui servent de dépotoirs de toute sorte : rejet d'eaux usées et des boues industrielles non traitées, épandage de boues de vidanges des fosses septiques, lieux d'incinération de produits dangereux ;
- Les déchets solides de la ville qui se retrouvent après les crues dans la forêt : indication que toute pollution y passe. Cette pollution devient une pollution immédiate car il entre dans la zone de protection immédiate.
- Crues : l'eau de la ville, y inclus la zone industrielle passe directement dans la forêt et inonde les sources. Aucune protection, contre la pollution industrielle ou urbaine.
- Pollution par les villages dans le bassin de Kou (Koumi, Kokoroé, Nasso...), les centres et écoles de même que certaines industries qui s'y trouvent ;
- Erosion des berges de la forêt, disparition de la rive entre sources principales et le Kou. La résultante est son ensablement ;
- Seules 4 de la douzaine de sources inventoriées dans les années 1970-80 sont aujourd'hui opérationnelles. Le tarissement des sources est très préoccupant ;

- Le débit des sources baisse depuis une trentaine d'années : de 3200 l/s à 1750 l/s de 1974 – 2006. A ce rythme les sources auront un débit de 900l/s en 2040.

## **2.2.8 L'impact (IMPACT)**

L'impact des activités anthropiques sur l'état de l'environnement et des ressources en eau se décline sous plusieurs aspects

### ***2.2.5.1 La dégradation des terres***

#### **La dégradation du couvert végétal**

Elle est directement liée à la pression foncière, aux feux de brousse, à la surpâturation et à la coupe abusive du bois. La végétation naturelle est remplacée par une végétation secondaire. La régression du couvert végétal a favorisé l'érosion en nappe, ensuite en griffes d'érosion sur les glacis provoquant la baisse de la fertilité des sols et la diminution des superficies de terres agricoles.

#### **La dégradation des sols**

C'est une dégradation physique dont principale cause est l'érosion qui provoque une déchéance physique du sol en les appauvrissant. L'érosion de surface est aussi importante compte tenu des pratiques agricoles inappropriées. L'érosion des berges semble la plus sévère et se remarque sur tout le parcours des cours d'eau (Farako-ba, Kiéné, Guinguette, Kou)

### ***2.2.5.2 L'assèchement des sources et des cours d'eau***

Le tarissement des sources, l'assèchement des cours d'eau et la baisse de la nappe phréatique sont des conséquences de la dégradation des terres. Le nombre des sources a fortement diminué (de 10 à 4 à nos jours) et le Kou ne coule plus pendant tout son parcours durant tout l'année. Ses affluents tarissent rapidement dès le début de la saison sèche.

### **2.2.5.3 Les pollutions**

#### **La pollution agricole**

Le drainage excessif des terres agricoles et l'érosion, conséquence de la vulnérabilité accrue des sols, favorisent le lessivage et le transport de matières polluantes vers les cours d'eau et les nappes phréatiques. Bien que cette pollution semble négligeable dans le sous bassin de Farakoba du fait de la faible utilisation des intrants chimiques par les populations rurales, il faut rester vigilant. En effet, les activités génératrices de revenus comme les cultures maraîchères sont en pleine expansion et pratiquées sur les berges des cours d'eau. Ce qui induit de plus en plus l'utilisation de produits phytosanitaires et des fertilisants chimiques pour accroître les rendements. De plus les centres de recherches installés dans la zone depuis près d'un demi-siècle et les fermes agropastorales sont également de sources de pollution.

#### **La pollution industrielle**

Ce sont les sources de pollution les plus remarquables du fait des diverses activités de transformation et de production. L'élimination des déchets n'est pas approprié car suivant le même circuit que les ordures ménagères.

#### **La pollution urbaine**

L'épandage des gadoues et des boues résiduaires provenant des fosses septiques et les caniveaux de la ville. Le déversement des déchets ménagers dans les champs et les sites maraîchers comme de la fumure organique. L'incinération des produits prohibés (médicaments, drogues) par les services de la police et/ou de la douane. Ces déchets présentent d'énormes risques de contamination chimique et organique des eaux et des sols.

### **2.2.9 Les mesures déjà prises avant l'étude (RESPONSE)**

Le constat de la dégradation de l'état de l'environnement n'est pas récent. Des mesures conservatoires ont été prises dont la présente étude est la continuité :

- Déplacement de la zone de baignade de la Guinguette en dehors de la forêt donc hors des sources ;
- Clôture de la forêt dont la gestion fut attribuée à un comité villageois ;

- Assainissement de la zone industrielle, ce qui a permis de supprimer le fameux canal de la BRAKINA qui drainait toutes les eaux usées aussi bien industrielles que domestiques vers les affluents du Kou

Malgré ces mesures, la situation devenait de plus en plus préoccupante et la définition d'aires de protection devenait alors une nécessité pour préserver les ressources en eau.

### **2.3 Conclusion**

Véritable levier économique pour la ville de Bobo Dioulasso et les localités environnantes, la rivière Kou et ses célèbres sources sont menacées de pollution et de tarissement. Les aquifères abondant qui les alimentent connaissent une baisse de leur niveau piézométrique. Vulnérables et soumis à des pressions multiformes, il importait qu'un diagnostic soit réalisé afin de prendre des mesures de protection appropriées.

## CHAPITRE 3 : MESURES DE PROTECTION ET DE GESTION DES SOURCES DE NASSO ET DES FORAGES ONEA

### 3.1 *Rôles des périmètres de protection des ressources en eau*

L'eau est une ressource précieuse et rare. Sa protection, plus que nécessaire est vitale car de sa disponibilité et de sa qualité sont étroitement liées au développement socioéconomique des régions. La protection des ressources en eau au Burkina, notamment la protection des captages, répond à trois impératifs :

- Impératif réglementaire : C'est une disposition de la loi d'orientation relative à la gestion de l'eau en son article 32 qui exige que des mesures de protection soient prises autour des captages. Dès lors, la réglementation répond à ces objectifs :
  - ✓ La répartition quantitative de la ressource entre usagers ;
  - ✓ La protection qualitative du point d'eau en fixant autour de celui-ci des périmètres de protection à l'intérieur desquels les activités sont réglementées. Cette protection concerne les pollutions accidentelles et chroniques et si possible les pollutions diffuses, plus difficiles à appréhender ;
- Impératif prospectif qui concerne la gestion de l'espace. En effet, la protection durable de la ressource exigerait des actions à tous les niveaux :
  - ✓ Zonage des activités à travers des Plans d'Occupation des Sols bien élaborés (POS) avec des possibilités de remembrements ;
  - ✓ Engager avec les agriculteurs des actions de promotion de pratiques agricoles renforçant la protection de l'eau ;
  - ✓ Veiller à l'application des réglementations (déchets, stockages, constructions : SDAU...)
- Impératif de sécurité assurant la qualité et la continuité du service d'eau.

### 3.2 *Délimitation des périmètres*

Les périmètres de protection sont des zonages établis autour des captages d'eau généralement destinés à la consommation humaine. Ils sont définis pour renforcer la protection de la ressource contre les pollutions de toute nature. Ils se traduisent par l'instauration de servitudes. La législation nationale définit trois types de périmètres :

- Le Périmètre de Protection Immédiate (PPI) ;
- Le Périmètre de Protection Rapprochée (PPR) ;
- Le Périmètre de Protection Eloignée (PPE).

### **Le périmètre de protection immédiate :**

Il a pour fonction la protection de l'environnement immédiat du captage en empêchant sa détérioration et en évitant les déversements ou les infiltrations d'éléments polluants. Toutes activités autres que celles indispensables à l'exploitation de l'ouvrage et à son entretien y sont interdites.

### **Le périmètre de protection rapprochée**

Il doit protéger efficacement le captage sur les plans quantitatif et qualitatif en évitant la migration aussi bien souterraine que superficielle de substances polluantes. Les activités constituant un risque de pollution y sont interdites ou réglementées. Il est défini sur des bases rigoureuses pour maîtriser correctement les risques de pollutions accidentelles.

### **Le périmètre de protection éloignée**

Il correspond à la zone d'alimentation du captage et prolonge le périmètre de protection rapprochée pour renforcer la protection contre les pollutions ponctuelles et diffuses. Certaines activités peuvent être uniquement réglementées. Il est facultatif.

## **3.2.1 Etudes complémentaires**

Malgré les multiples études dont elles ont déjà fait l'objet, les sources de Nasso sont toujours mal connues sur le plan hydrogéologique. Aussi, pour approfondir nos connaissances des propriétés hydrogéologiques des aquifères qui les alimentent, des études complémentaires ont été réalisées. Il s'agit des essais de traçage et de la prospection géophysique.

### ***3.2.1.1 Essais de traçage***

#### **Définition et objectifs et choix du traceur**

L'essai de traçage en eau souterraine consiste à injecter une substance (traceur) dans l'eau souterraine et à la suivre en différents points de l'aquifère. Parmi les principaux objectifs des essais de traçage en eau souterraine, on distingue :

- La détermination de la vitesse d'écoulement de l'eau souterraine (temps de transfert) ;
- L'évaluation des propriétés hydro-dispersives du milieu (dispersivité, porosité efficace...);
- La détermination des directions d'écoulement ;
- La vérification des liens hydrauliques entre différents points déterminés d'un milieu aquifère.

Pour la présente étude, cet essai avait pour objectif d'identifier les éventuelles connexions entre les piézomètres Pz15 et Pz16 d'une part et les forages ONEA F1 et F2 ainsi que les sources ONEA1 et ONEA2 d'autre part, puis d'estimer les propriétés hydro-dispersives de l'aquifère. Un test d'injection sans traceur a été réalisé au piézomètre Pz15 avant l'essai. L'objectif recherché était de vérifier la capacité de l'ouvrage à absorber un volume d'eau équivalent ou volume de solution traçante qui sera injecté au cours de l'essai. Le test fut concluant.

Ces informations obtenues ont ensuite été utilisées pour élaborer un modèle mathématique prévisionnel de transport de polluant.

Le principal objectif d'un traçage étant de suivre le déplacement des molécules d'eau, il faut choisir un traceur qui soit :

- chimiquement stable et inerte vis à vis des minéraux constituant les roches de l'aquifère pour éviter d'éventuelles réactions de sorption ;
- encore décelable en très grande dilution, ce qui permet de suivre son déplacement sur de longues distances ;
- non toxique pour l'homme et le milieu naturel.

L'uranine (ou fluorescéine), le traceur que nous avons utilisé répondait au mieux à ces critères, de plus il est largement utilisé compte tenu qu'il a en plus un bon rapport qualité/prix.

### **Déroulement des essais de traçage**

Des trois (3) essais initialement prévus, finalement deux (2) ont été réalisés pour cause de non disponibilité à temps de traceur. Le traceur choisi est la fluorescéine, produit industriel dont la substance chimique active est l'uranine. Ce traceur est fluorescent et présente l'avantage d'être facilement détectable, de ne pas être adsorbant et dispersif.

L'ONEA a assuré la stabilité de l'essai en effectuant un pompage continu et quasiment constant au niveau du forage F1 durant les huit (8) premiers jours.

La concentration naturelle en traceur de l'aquifère a été déterminée en commençant l'échantillonnage avant le début des essais.

Il faut cependant noter que l'essai s'est déroulé pendant une période que l'on qualifierait de basses eaux ; ce qui pourrait biaiser les résultats car les hautes favorisent les écoulements, ce qui traduit la situation la plus défavorable.

Les caractéristiques du déroulement des essais sont présentées dans le tableau 3-1.

Piézomètre d'injection	Pz15	Piézomètre d'injection	Pz16
Points d'échantillonnage	ONEA F1, ONEA F2, Sources ONEA1 et Source ONEA2	Points d'échantillonnage	ONEA F1, ONEA F2, Source ONEA1 et Source ONEA2
Débit de pompage à ONEA F1	Environ 200 m <sup>3</sup> /h	Débit de pompage à ONEA F1 et ONEA F2	Environ 200 m <sup>3</sup> /h sur chaque ouvrage, de façon intermittente
Distance Pz15 - ONEA F1	80 m	Distance Pz16 - ONEA F1	335 m
Distance Pz15 - ONEA F2	350 m	Distance Pz16 - ONEA F2	498 m
Distance Pz15 - Source ONEA1		Distance Pz16 - Source ONEA1	
Distance Pz15 - Source ONEA2		Distance Pz16 - Source ONEA2	
Rayon Pz15 $r_w$	0.056 m	Rayon Pz16 $r_w$	0.056 m
Profondeur Pz15 $d_w$	156 m	Profondeur Pz16 $d_w$	52 m
Hauteur crépinée Pz15	140 m	Hauteur crépinée Pz16	44 m
Traceur	Fluorescéine	Traceur	Fluorescéine
Date d'injection	Jeudi 9 avril 2009	Date d'injection	Mardi 21 avril 2009
Début d'échantillonnage	Jeudi 09 avril à 8h00	Début d'échantillonnage	Mardi 21 avril 2009
Fin d'échantillonnage	Lundi 20 avril à 15h00	Fin d'échantillonnage	Samedi 16 mai
Méthode d'échantillonnage	Fluorimètre (F1) et manuel	Méthode d'échantillonnage	Manuel pour tous
Pas de temps	5 mn (F1 seul) et 1 jour	Pas de temps	un jour pour tous
Volume injecté $V_{inj}$	0.5 m <sup>3</sup>	Volume injecté $V_{inj}$	0.5 m <sup>3</sup>
Masse injectée $M_{inj}$	0.5 kg	Masse injectée $M_{inj}$	1 kg
Durée d'injection	13 minutes	Durée d'injection	13 minutes
Débit d'injection	2,31 m <sup>3</sup> /h	Débit d'injection	2,31 m <sup>3</sup> /h
Volume de la chasse	Environ 1,0 m <sup>3</sup>	Volume de la chasse	Environ 3,0 m <sup>3</sup>
Durée de la chasse	47 minutes	Durée de la chasse	57 minutes
Débit de la chasse	1,28 m <sup>3</sup> /h	Débit de la chasse	3,16 m <sup>3</sup> /h

**Tableau 3-1 : Caractéristiques des injections effectuées aux piézomètres Pz15 et Pz16**

### **Résultats et interprétations**

Nous avons émis des hypothèses simplificatrices : nous avons considéré l'injection instantanée, négliger la dispersion verticale et la dispersion transversale devant la dispersion longitudinale mais aussi les retards dus aux éventuelles réactions de sorption.

Pour ce qui concerne l'injection au niveau du piézomètre PZ15, seule une restitution au forage ONEA F1 a été observée, les autres points d'échantillonnage n'ont pas été atteints pendant la période de l'étude. La courbe de restitution est présentée à la figure 3-1 ci-après.

Par contre, l'injection du traceur dans le piézomètre PZ16 n'a fournit aucune restitution. Cette absence de résultats pourrait s'expliquer par une la faible intensité des écoulements qui traversent le Pz16. En effet, 25 jours après l'injection, la concentration de fluorescéine dans le Pz16 est de près de 1.000 ppb (pour rappel, la concentration en fluorescéine mesurée dans le Pz15 lors du premier essai n'a pas dépassé 110 ppb et elle était inférieure à 100 ppb 50 h après l'injection).

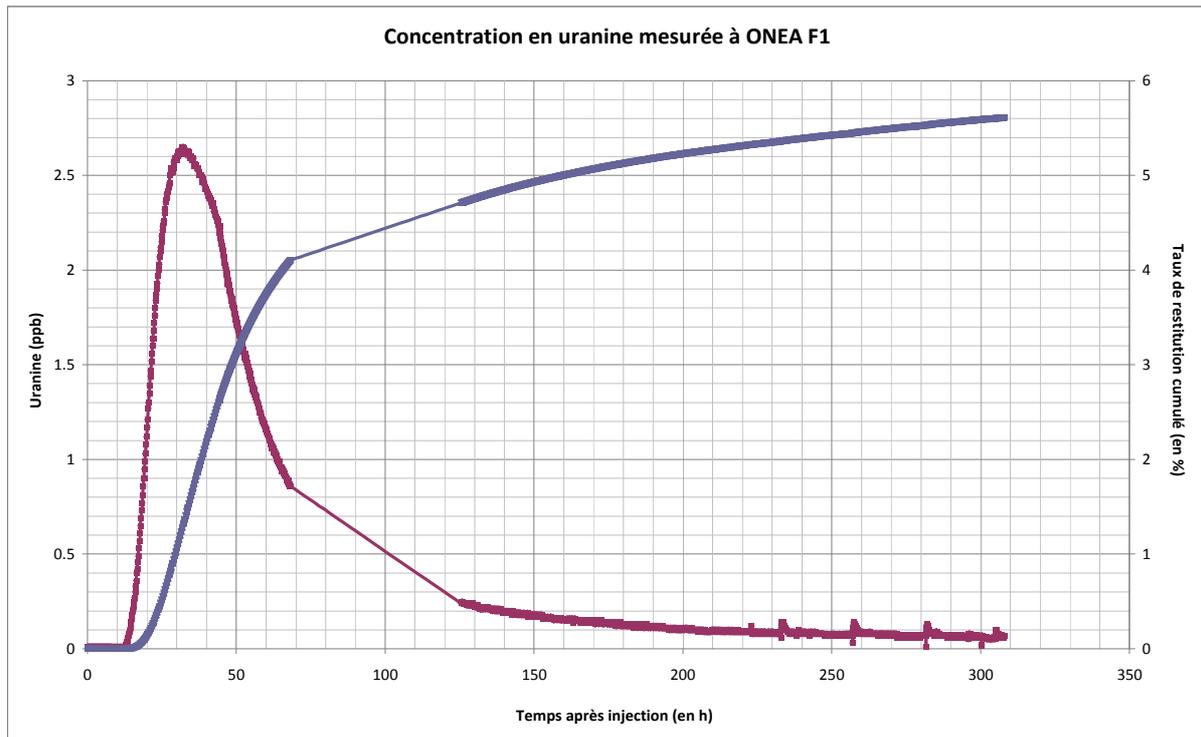


Figure 3-1 : Courbe de restitution du forage ONEA F1

<i>Echantillonnage</i>	$T_{min} (h)$	$V_{max} (m.h^{-1})$	$T_{mod} (h)$	$V_{mod} (m.h^{-1})$	$R_{rec} (%)$
Forage ONEA F1	9.45	8.47	30.4	2.63	4.18

Tableau 3-2 : Valeurs caractéristiques de la courbe de restitution de la fluorescéine au forage ONEA F1

$T_{min}$  = temps de la première arrivée de traceur ;

$V_{max}$  = vitesse de la première arrivée de traceur ;

$T_{mod}$  = temps modal d'arrivée du traceur ;

$V_{mod}$  = vitesse modale du traceur ;

$R_{rec}$  = taux de restitution de traceur.

### **Détermination des paramètres de transport**

Pour estimer les paramètres de transport (vitesse effective, porosité efficace, dispersion longitudinale) on utilise logiciel CATTI (Sauty et al., 92). Nous obtenons à la suite de cette interprétation, la porosité efficace  $n_e = 6,1\%$  et la dispersivité longitudinale  $\alpha_L = 10,1m$

### **Limite des essais de traçage**

Alors que la preuve de l'existence d'une liaison hydraulique est un fait bien clair, le contraire n'est pas forcément vrai. En effet, une expérience de traçage à résultat négatif (aucune récupération), on ne peut pas forcément conclure à une absence de liaison hydraulique entre les deux points étudiés. Les résultats négatifs obtenus peuvent être dus :

- A une période d'observation trop courte ;
- A une trop faible quantité injectée ;
- A des conditions hydrologiques défavorables (basses eaux).

#### ***3.2.1.2 Prospection géophysique***

### **Définition et objectifs**

La prospection géophysique a pour objectif de connaître suffisamment les anomalies (failles, effondrement géologique, soubassement...) pour pouvoir déterminer les directions d'écoulement privilégiées dans la zone des sources et de comprendre le mécanisme de leur alimentation. Ces directions seront ensuite utilisées pour analyser l'aire d'alimentation du captage d'eau souterraine et établir des périmètres de protection. Cependant, compte tenu du temps imparti à l'étude et de l'insuffisance de l'enveloppe financière et de l'inaccessibilité de certaines zones, tous les profils prévus n'ont pas pu être réalisés. Néanmoins, nous avons réalisé six (6) profils géophysique dont quatre (4) à l'intérieur de la forêt, autour des sources, et les deux autres (2) à l'extérieur mais proches des forages ONAE1 et ONEA2.

### **Déroulement des levées géoélectriques**

Les levées ont été réalisées par des traînés électriques à l'aide de l'ABEM TERRAMETER SAS 300 C selon le dispositif Schlumberger. Nous avons ainsi réalisé les profils qui se présentent comme l'indique la figure 3-2 présenté ci-contre.

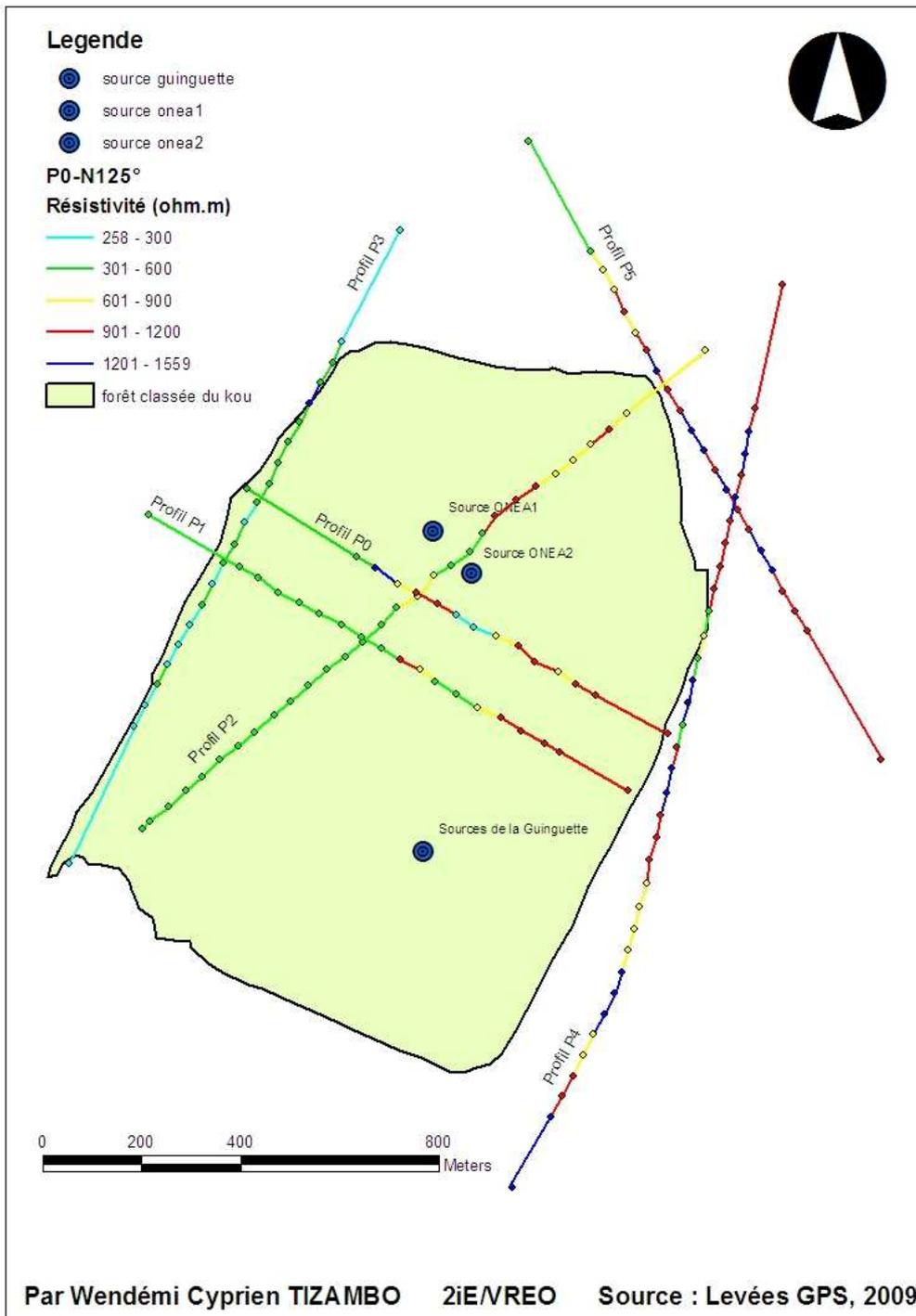


Figure 3-2 : Profils de levées géoélectriques dans la zones des sources

### Résultats et interprétations

Deux types d'investigations ont été menés. La première se base sur une ligne de courant AB=400m avec des pas de mesure de 50m a permis de réaliser les deux premiers

profils P0 et P1. La seconde a servi aux mesures des quatre derniers profils sur une ligne de courant AB=550m sur des pas de mesure de 50m.

***Ligne de courant AB=400m, des pas de mesure de 50m***

Le premier profil mesuré (P0) à travers le croisement Kou – Guinguette révèle une zone de cisaillement large d'au moins 100m au sein des grès entre les stations 425SE et 575SE. Au sein de cette zone, une importante faille est localisée à la station 500 E marquée par la plus faible valeur de résistivité apparente 258 ohm.m (Voir Profil P0 Azimut = N125°). De direction Nord-Sud, cette faille semble marquer le croisement des deux sources.

A 150m au Sud du P0, le profil parallèle P1 révèle que la zone de cisaillement a été affectée par une fracture qui déporte l'axe de la zone plus à l'Est (station 525 à 575 SE). C'est sur cette dernière station que le profil P1 recoupe la meilleure faille grâce à une faible résistivité de 312 ohm.m. Cette zone de cisaillement est comportée à l'ouest de grès rose également fracturé dans son extension latérale par une faille Nord-Sud (Voir carte d'isorésistivité apparente). A l'Est (de la station 625SE), les grès semblent beaucoup plus homogènes qu'à l'Ouest. Au regard de la profondeur d'investigation du dispositif utilisé (entre 100 et 150m), un important effondrement pourrait être à l'origine de ces deux (2) sources entre les stations 425 et 575 SE des deux profils.

***Ligne de Courant AB=550m, pas de mesure de 50m***

La zone des sources a été investiguée plus en profondeur (plus de 150m) à l'aide des profils P2 (Coté Est) et P3 (Coté Ouest). Le profil P2 long de 1375m dans la direction N50°E a recoupé deux failles :

- Une première faille à la station 25 NE marquée par une résistivité de 340 ohm.m au sein des grès roses fracturés
- Une seconde faille importante à la station 875-925 NE marquée par la plus faible valeur de résistivité du profil : 332 ohm.m (station 875 NE). Nous sommes ici en présence de la cause des sources ONEA1 et ONEA2. Cette faille débouche directement sur la station de pompage et des deux (2) piézomètres à coté de l'ancien bâtiment abandonné. Au delà de la station 975 NE (571 ohm.m), le profil P2 montre des grès très résistants.

Le profil P3 qui longe la piste Nord-Sud à l'Ouest des sources recoupe à la station 75 NE la meilleure faille caractérisée par la plus faible valeur de résistivité 252 ohm.m à proximité du mur Sud-Ouest. Cette faille (Ouest-Est) qui se dirige vers les sources du Kou et

de la Guinguette pourrait apporter sa contribution dans leur alimentation. La seconde faille a été recoupée à la station 524NE marquée par une résistivité de 290 ohm.m. Ce profil (quasi rectiligne) a visiblement été mesuré dans l'axe de la faille Nord-Sud affectant l'affleurement des grès du coté ouest. C'est seulement à la station 825 NE qu'un axe résistant (1285 ohm.m) est observé dans des éboulis de grès. Il pourrait s'agir du passage d'un filon ou dyke que le profil aurait recoupé perpendiculairement. La dernière station (975NE) du profil P3 (mur Nord Ouest) est marquée par une faible résistivité de 298 ohm.m dans les grès roses très fracturés.

A l'Est de la forêt les deux derniers profils mesurés sont les profils P4 et P5. Long de 1600m, le profil P4 dont l'azimut est N15° E a recoupé trois zones faillées :

- Une première faille à la station 575 SW (-575) caractérisée par une résistivité de 611 ohm.m ;
- Une seconde faille à la station 175 NE marquée par la plus faible résistivité de 390m.Elle se dirige vers le forage F2
- Une troisième faille à la station 425NE marquée par une résistivité de 512 ohm.m et qui se poursuivrait dans la forêt en direction du Kou. Le reste du profil est marqué par de fortes valeurs de résistivité trahissant la présence de grès sains jusqu'au verger jonché de bois sec.

Le dernier profil mesuré est le P5 dans la direction N335°, direction certainement parallèle à une faille observable sur le terrain. La station 125 NW au voisinage du forage F1 est caractérisée par une forte résistivité de 1185 ohm.m. Ce n'est qu'à l'extrême Nord (Nord de la rivière Kou) que la plus faible valeur de résistivité a été enregistrée à la station 975NW : 562 ohm.m. La rivière elle-même étant marquée par une résistivité de 757 ohm.m à la station 925NW du P5. Une direction Est-ouest aurait permis une meilleure localisation de la faille du Forage F1.

Les trainés électriques réalisés ont permis de mettre en évidence la présence de failles importante au voisinage des sources de Nasso. Cependant, vu le nombre de profils mesurés et l'insuffisance de couverture de la zone, nous ne pouvons pour tirer des conclusions définitives. Il est donc souhaitable au regard de ce qui précède, de poursuivre poursuite des travaux d'investigations géophysiques afin d'établir une situation nette et une connaissance plus approfondie de l'hydrogéologie des sources.

### 3.2.2 Méthodes de délimitation des périmètres de protection

La délimitation des périmètres de protection se base sur le temps de transfert en zone saturée dans notre cas car nous n'avons pas tenu compte du temps de transfert dans la zone non saturée. Les périmètres de protection sont déterminés ainsi qu'il suit :

- La zone de protection immédiate : Dans cette zone, l'établissement des périmètres est basé sur un temps de transfert 24 heures ;
- La zone de protection rapprochée : Le périmètre de protection est basé sur un temps de transfert 50 jours ;
- La zone de protection éloignée comprend le bassin d'alimentation hydrologique et le bassin hydrogéologique du captage si ceux-ci sont différents en considérant le bassin le plus grand en termes de superficie.

Pour déterminer les périmètres, une modélisation de transport de polluants a été simulée à partir de cinq (5) points de pollution supposés autour des sources ONEA1, ONEA2 et des forages ONEA F1 et ONEA F2

### 3.2.3 Description de la méthode adoptée

La méthode fait appel à une série de modélisations :

- La modélisation des écoulements souterrains pour la détermination des directions d'écoulement. Elle a été réalisée à l'aide du logiciel Visual Modflow en reprenant le modèle déjà réalisé en 2006 par DEROUANE J. en prélude à ce projet ;
- La modélisation du transport de polluants à la de MT3D. Elle estime le temps de transfert d'une pollution dans la nappe, jusqu'au captage, c'est à dire le temps qu'il faut à un polluant pour se déplacer du point d'entrée dans la nappe jusqu'à l'arrivée au captage avec les incertitudes que cela comporte. Dans le cas d'une pollution se produisant à la surface du sol, le temps de transfert inclut le temps de migration verticale dans la zone non saturée puis le temps de migration horizontale dans la nappe vers le captage. Cependant, dans le périmètre de protection immédiat, on considère que la pollution atteint directement la nappe. C'est la situation la plus défavorable qui induit les précautions à prendre.

#### 3.3.3.1 Modélisation des écoulements souterrains

La modélisation a tenu compte des conditions aux limites suivantes :

- Condition aux frontières du modèle :
  - Condition de flux nul (Falaise de Banfora)
  - Condition de Dirichlet (hauteur piézométrique)
  - Condition de Fourier (les cours d'eau en amont sont représentés par la condition type drain avec une conductance imposé)
- Sollicitation :
  - Pompage de l'ONEA
- Recharge (40 mm/an)
- Sources (guinguette)
- Fracturation (perméabilité de fissure faille)

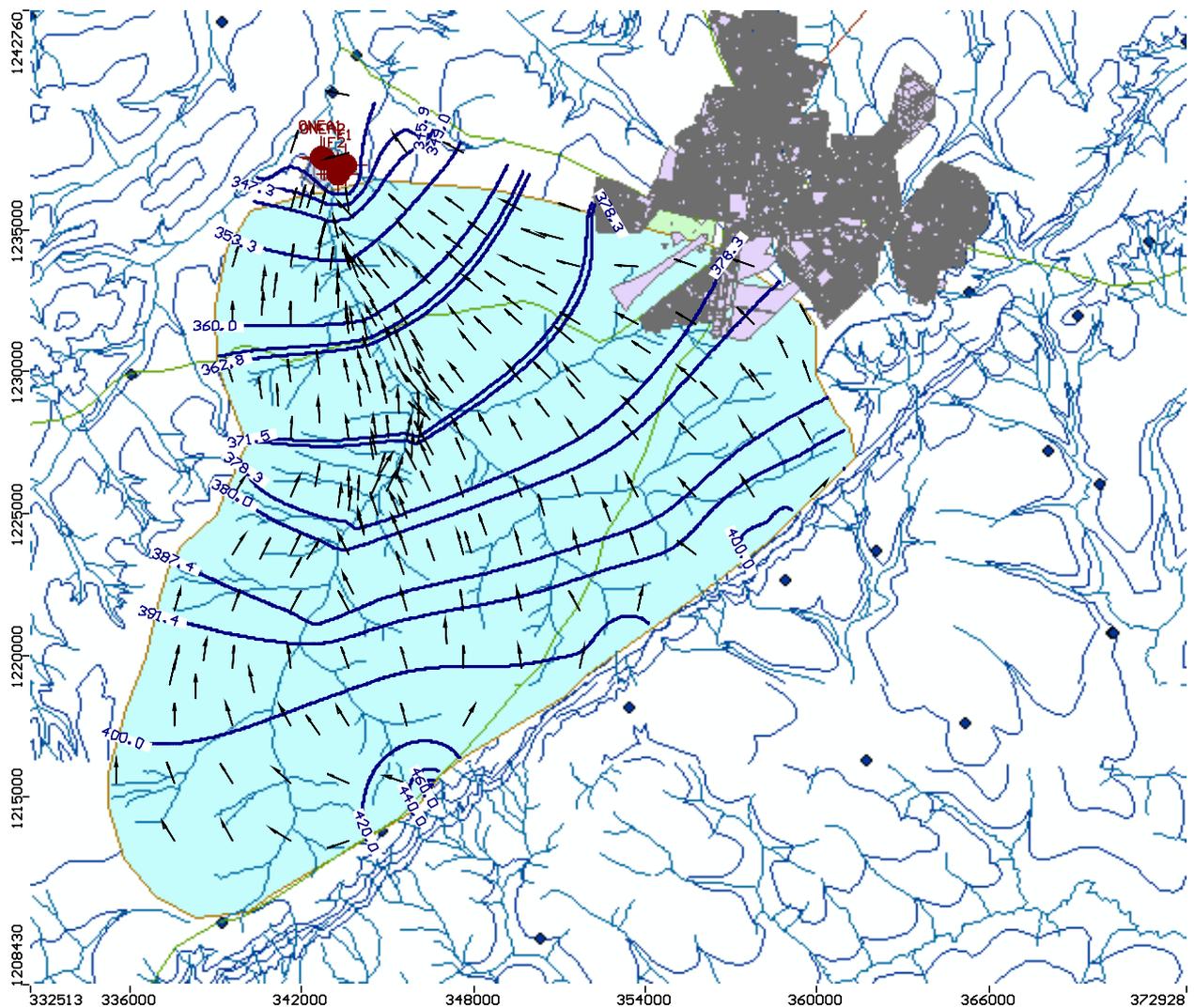


Figure 3-3 : Sens d'écoulement des eaux dans les aquifères

### 3.3.3.2 Simulation et estimation et estimation du temps d'arrivée

La modélisation du transport de polluant a été réalisée dans le cas d'un polluant conservatif, à l'image du choix du traceur.

#### Périmètre de protection immédiate

Cinq (5) points de pollution ont été simulés autour des forages ONEA et des sources de Nasso. Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux et figures qui suivent :

Points	Distance -ONEA 1 (Km)	Distance -F1 (Km)	Distance -F2 (Km)	Points	temps d'arrivée	Zone de protection
P1	1	1.8	1.8	P1	~ 38 h	> 24h
P2	0.6	1.7	0.6	P2	~ 22 h	< 24 h
P3	1	0.6	0.35	P3	~ 15 h	< 24 h
P4	1.15	0.25	0.9	P4	~18h	< 24 h
P5	1.4	0.7	1.4	P5	~ 26h	> 24h

Tableau 3-3 : Caractéristiques des points de simulation et des temps d'arrivée (PPI)

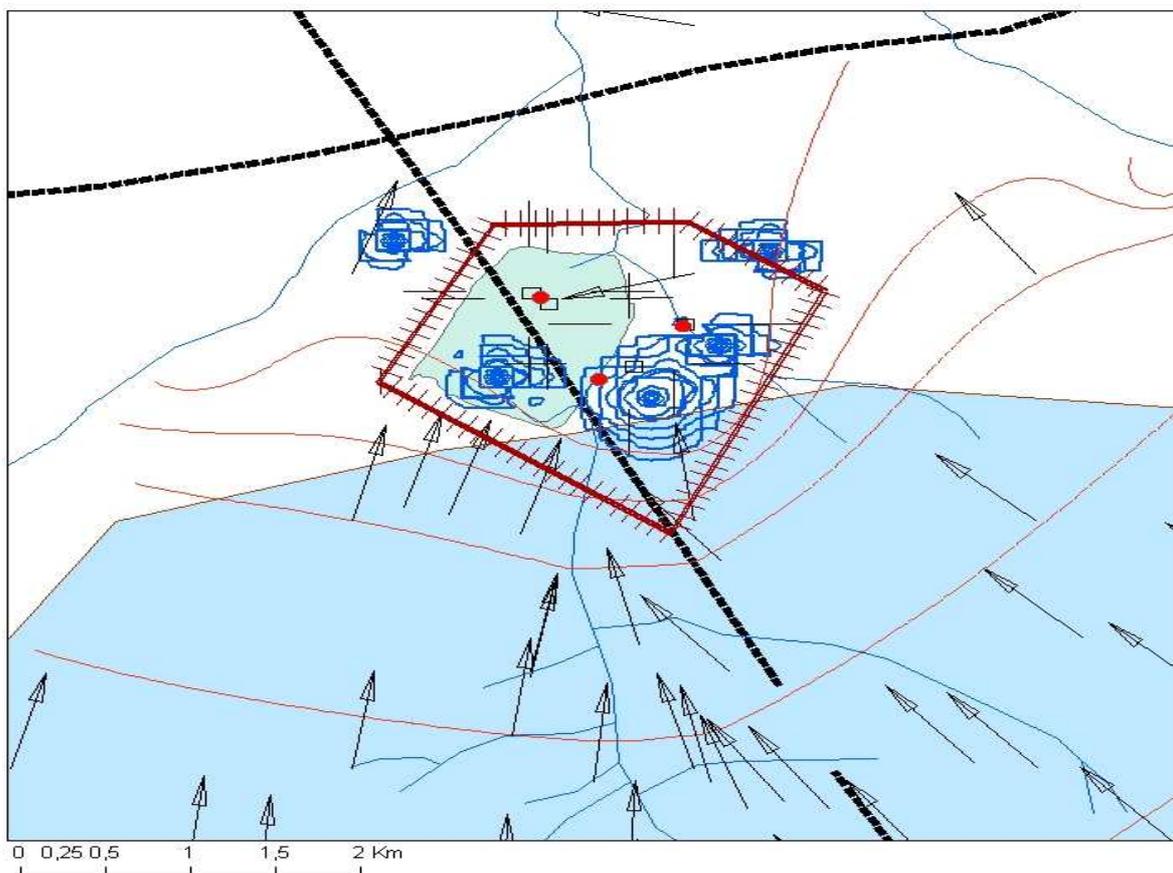


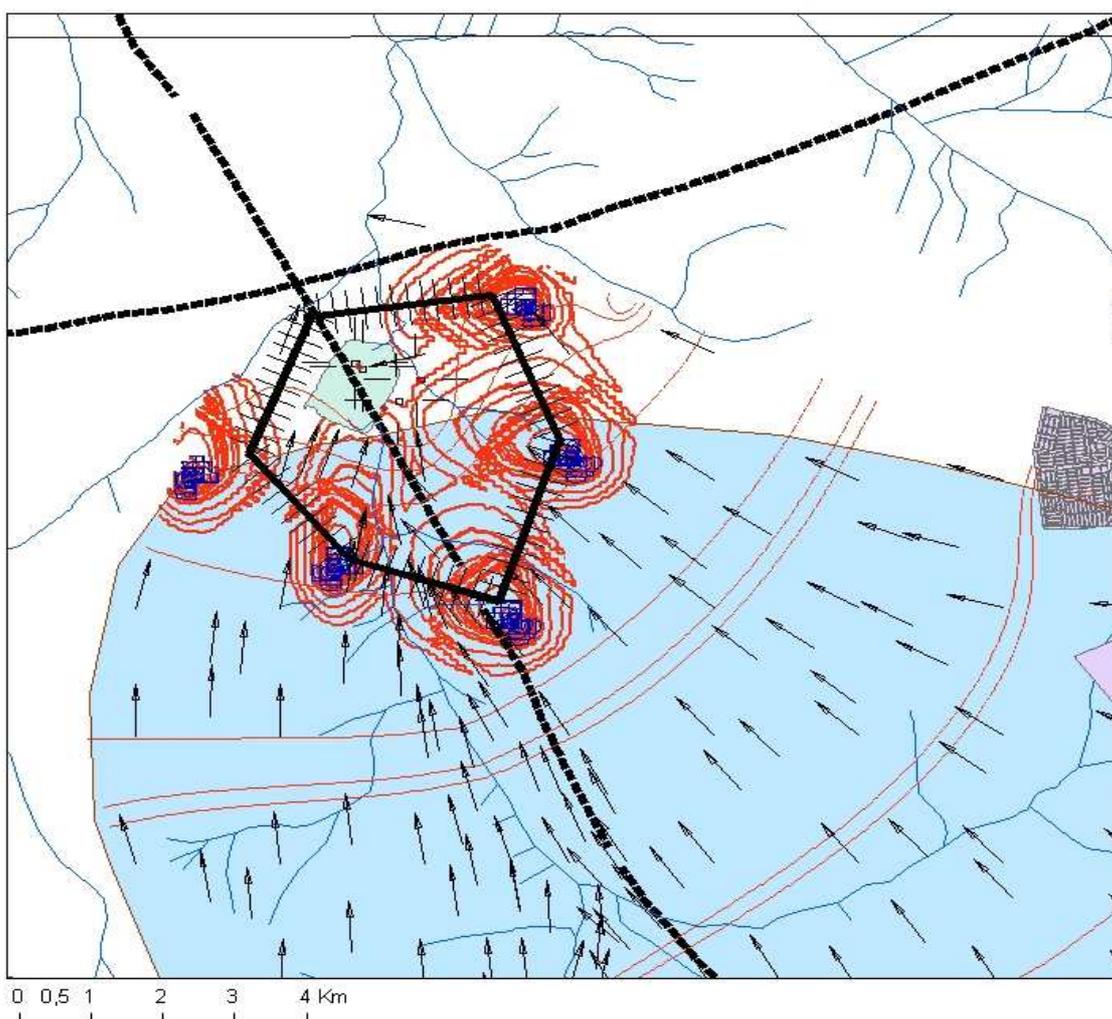
Figure 3-4 : Limites du périmètre de protection immédiate

**Périmètre de protection rapprochée**

Cinq (5) points de pollution ont également été simulés autour des forages ONEA et des sources de Nasso. Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux et figures qui suivent :

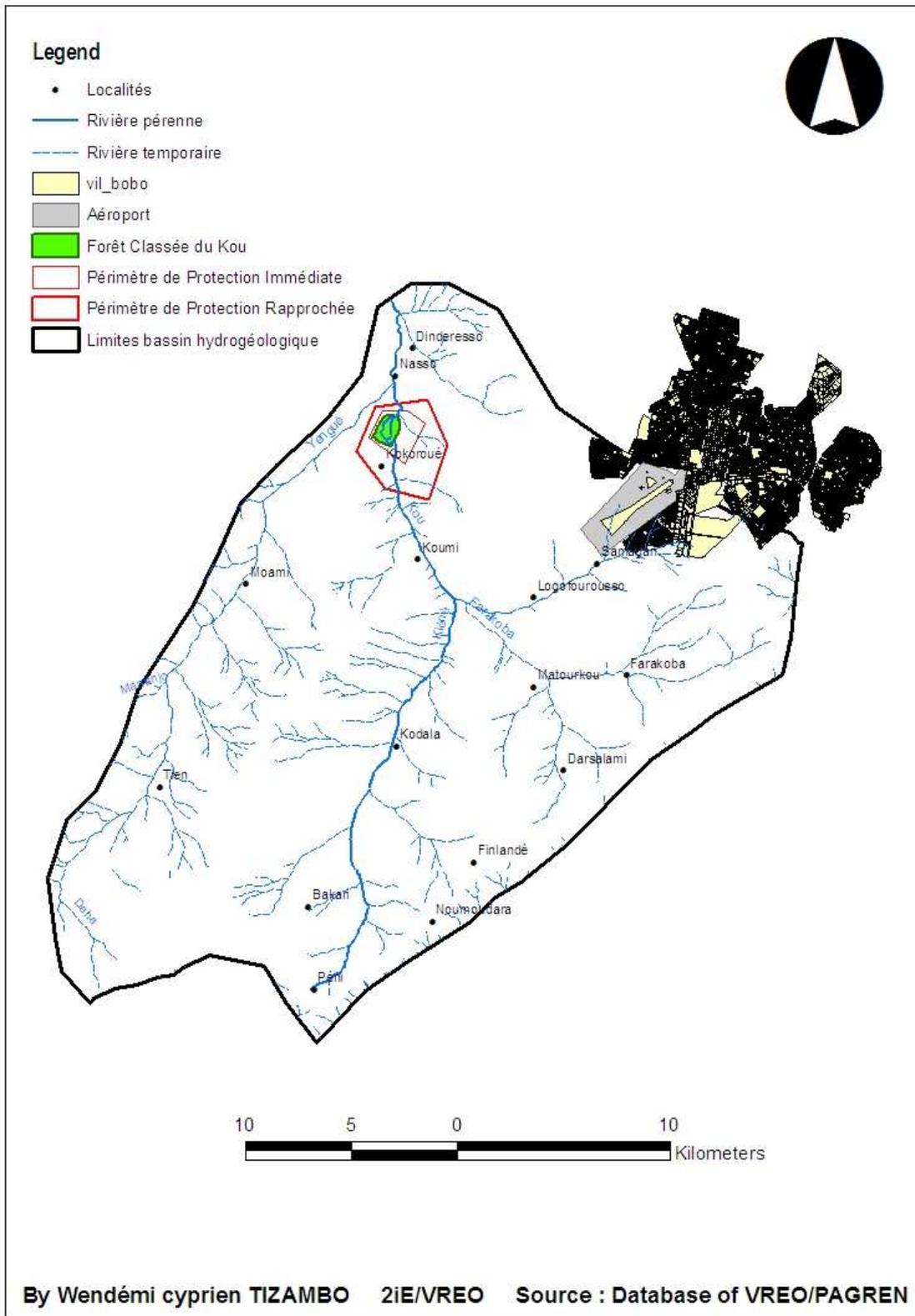
Points	Distance -ONEA 1 (Km)	Distance -F1 (Km)	Distance -F2 (Km)	Points	temps d'arrivé (Jour)	Zone de protection
P6	2.8	3.5	3	P6	~ 62 jours	> 50 jours
P7	3.1	3.2	2.4	P7	~ 40 jours	< 50 jours
P8	4.6	3.9	3.7	P8	~ 50 jours	< 50 jours
P9	3.3	2.5	2.8	P9	~40 jours	< 50 jours
P10	2.65	1.9	2.8	P10	~ 54 jours	> 50 jours

**Tableau 3-4 : Caractéristiques des points de simulation et des temps d'arrivée (PPR)**



**Figure 3-5 : Limites du périmètre de protection rapprochée**

La figure 3-6 traduit l'ensemble des périmètres définis à l'échelle du bassin.



**Figure 3-6 : Localisation des différents périmètres de protection**

### **3.3 Prescriptions réglementaires et recommandations**

Les eaux souterraines représentent généralement une excellente source d'approvisionnement en eau potable. Le filtre naturel constitué par les matériaux géologiques produit le plus souvent une eau de grande qualité, avec notamment de très faibles teneurs en micro-organismes et autres substances en suspension. Il en résulte que l'exploitation des eaux souterraines présente des avantages économiques appréciables, du fait qu'elles ne nécessitent que peu de traitement voire aucun traitement avant leur distribution dans un réseau d'eau potable. Le maintien de cet avantage relatif requiert cependant que des mesures soient prises pour préserver de façon durable la qualité de la source d'approvisionnement.

#### **3.2.1 Législation nationale**

La législation en matière de protection des captages d'eau de consommation est relativement récente mais si l'on reconnaissait le droit à tous pour une eau de bonne qualité. C'est le décret d'application de l'article 33 de la loi d'orientation relative à la gestion de l'eau. Il porte le N°2004-581/PRES/PMMAHRH/MFB portant définition des procédures de délimitation des périmètres de protection d'eau destinée à la consommation humaine.

#### **3.2.2 Prescriptions relatives aux périmètres**

La rédaction des activités dans les périmètres de protection des captages s'inscrit nécessairement dans le cadre de la réglementation générale. Celle-ci doit être utilisée avec la plus grande efficacité. Les réglementations spécifiques ne s'imposent qu'en cas de lacunes ou insuffisances de la réglementation générale. Elle permet ainsi :

- d'interdire des activités réglementées ;
- d'abaisser des seuils de réglementation ;
- d'interdire ou de réglementer des activités libres...

Les actions de prévention

- Appliquer la réglementation générale conduit, par définition, à réduire les risques de pollution et à obtenir, de ce fait, un bon niveau de protection de la ressource en eau.
- On peut citer :

- pour les habitations : un dispositif d'assainissement autonome correct ou le raccordement à un réseau collectif,
- pour les bâtiments d'élevages : une gestion correcte des effluents avec des capacités de stockages suffisantes,
- pour les déchets : une élimination selon des modalités ou des circuits agréés,
- pour le stockage des produits toxiques ou dangereux : des emplacements minimisant les risques, des installations aux normes (avec cuvettes de rétention) et régulièrement entretenues.
- Développer de bonnes pratiques culturales permet de réduire les risques de pollution accidentelle et d'atténuer l'impact des pollutions diffuses d'origine agricole

Exemple : le raisonnement de la fertilisation, le bon emploi des produits phytosanitaires.

### ***3.3.3.1 Prescriptions particulières à l'intérieur du périmètre de protection immédiate***

Dans ce périmètre sont strictement interdites toutes sortes d'activités exception fait celles entrant dans le cadre de l'exploitation et la maintenance des captages.

### ***3.3.3.2 Prescriptions particulières à l'intérieur du périmètre de protection rapprochée***

Les activités suivantes doivent être strictement interdites :

- le forage de puits, sauf pour l'alimentation en eau potable (ou la création de forages ou de puits dans le même aquifère, sauf pour l'alimentation en eau potable) ;
- les puits filtrants pour évacuation d'eaux usées ou même d'eaux pluviales ;
- les bassins d'infiltration d'eaux pluviales ;
- l'ouverture et l'exploitation de carrières ou de gravières ;
- l'implantation d'ouvrages de transports des eaux usées d'origine domestique ou industrielle, qu'elles soient brutes ou épurées ;
- l'implantation de canalisations d'hydrocarbures liquides ou de tous autres produits liquides ou gazeux polluants ;
- le stockage de déchets quels qu'ils soient et de produits chimiques ;
- le stockage d'hydrocarbures et liquides inflammables ;
- le stockage d'effluents domestiques collectifs et d'effluents d'élevage ;
- le stockage de fertilisants minéraux et organiques (purins, lisiers, fientes...), ou chimique ;

- le stockage de produits pour la lutte contre les ennemis des cultures ;
- le stockage d'effluents industriels ou d'élevage
- le stockage des matières fermentescibles destinées à l'alimentation du bétail
- la création de systèmes de traitement d'eaux résiduaires urbaines
- la création de bâtiments d'élevage, d'engraissement ou d'hébergement pour animaux
- la création de camping, et le stationnement (même provisoire) ;
- l'épandage ou l'infiltration de fumier, lisiers produits organiques en général (fientes, compost...);
- l'épandage ou l'infiltration de matières de vidange ou de boues de stations d'épuration ;
- la création de cimetières ;
- l'implantation d'activités artisanales et industrielles ;

Les autres activités feront l'objet de réglementation, au besoin, une étude pourra se faire au cas par cas.

### 3.2.3 Conclusion et recommandations

La prospection géophysique a révélé l'existence de fractures qui alimentent les sources de Nasso, les différents forages et le Kou. Cela confirme les hypothèses déjà émises mais renforce davantage la nécessité de définir des périmètres de protection car une pollution contaminerait rapidement ces ressources en eau qui alimentent non seulement la ville de Bobo mais aussi ses villages environnements. Pour cela, quelques mesures de gestion et de restauration peuvent être prises :

- Sensibiliser les populations au principe des périmètres de protection et à l'utilisation de bonnes pratiques agricoles ;
- Entreprendre des actions de boisement des zones fortement érodés et régénérer ou créer les parcs agroforestiers ;
- Protéger les terres cultivables par des diguettes antiérosives qui favorisent l'infiltration des eaux afin de réduire l'érosion ;
- Stabiliser les arrachements en tête de ravine au niveau des rivières et renforcer les berges des cours d'eau par une plantation intensive d'arbres afin de réduire leur dégradation ;
- réhabiliter les ouvrages de régulation des seuils pour éviter les inondations lors des crues ;

- Déplacer les maraîchers installés aux abords immédiats des berges sur des sites aménagés ;
- Assurer (ou faire assurer) le suivi et la protection des captages existant dans les zones même ceux qui sont abandonnés ;
- Créer et assurer un suivi régulier une ceinture piézométrique autour de la zone industrielle qui présente un risque accru de pollution.

La mise en œuvre des recommandations ne supprimerait pas totalement les risques mais présente le double avantage de les réduire significativement mais aussi de connaître les mesures à prendre au cas où surviendrait une pollution. C'est en cela qu'elle est salubre.

## CONCLUSION GENERALE

Le bassin du Kou, situé entièrement dans la bordure Sud-Est de la zone sédimentaire de Taoudéni, est pour l'essentiel constitué de formations gréseuses et de carbonates regorgeant d'aquifère très productifs. En effet, ces aquifères alimentent de nombreuses sources à gros débits (sources de Nasso, de Pessa, de Samogohiri) au fonctionnement hydrogéologique toujours mal connu. Pourtant, ces aquifères sont cependant vulnérables aux pollutions car aucune couche imperméable ne les protège. En effet, la forte anthropisation du bassin du Kou est à l'origine des nombreuses menaces identifiées : ensablement des principaux cours d'eau, baisse du niveau piézométrique, tarissement des sources. Ce qui a pour corollaire de mettre en péril le développement socio-économique de la région.

A travers des études complémentaires (géophysique et essais de traçage) cette vulnérabilité a été confirmée compte tenu de l'existence de réseau de fractures pouvant constituer des chemins préférentiels en cas de pollution.

La modélisation des écoulements et du transport de polluant a permis également la définition des périmètres de protections pour les sources de Nasso et les forages ONEA. Même si la démarche adoptée évalue par excès les superficies des périmètres de protection, cela confère une plus grande marge de sécurité compte tenu de la lenteur souvent constatée dans la prise de mesures conservatoires. Les périmètres de protection immédiate et rapprochée ainsi définis ont respectivement une superficie de 4 km<sup>2</sup> et 16 km<sup>2</sup>.

A l'aide du modèle DPSIR qui a permis l'identification et l'analyse des différentes sources de pollution potentielle ou effective, des prescriptions et des recommandations ont pu être proposées pour une meilleure gestion de ces périmètres. Une attention particulière doit être portée à la surveillance de la zone industrielle car il a été relevé des concentrations élevées de certains éléments (conductivité, manganèse, zinc) dans les eaux souterraines de la zone même si cette « contamination » ne semble pas s'être étendue. Il reste cependant qu'il faut être vigilant car l'exploitation des eaux souterraines présente des avantages économiques appréciables, du fait qu'elles ne nécessitent que peu de traitement avant leur distribution dans un réseau d'eau potable. Le maintien de cet avantage relatif requiert cependant que des mesures soient prises pour préserver de façon durable la qualité de la source d'approvisionnement.

Les ressources en eau sont en quantité limitée, comme les sécheresses de ces dernières années l'ont particulièrement mis en évidence. Leur préservation est un enjeu essentiel car les activités humaines et la vie naturelle en dépendent.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**BIEUPOUDÉ G. P., 2008.** Mapping groundwater intrinsic vulnerability using a new physically based modelling in Kou basin (Bobo Dioulasso, Burkina Faso). Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur de l'Equipement Rural. Institut International de l'Eau et de l'Environnement (2iE). 83 p.

**N'DIAYE D., 2008.** *Description et évaluation de la réalimentation des aquifères de la région de Bobo-Dioulasso par les précipitations météorologiques.* Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur de l'Equipement Rural. Institut International de l'Eau et de l'Environnement (2iE). 83 p.

**KAM M.A., Décembre 2007.** *Caractérisation des sources de pollution agricoles dans le bassin du Kou et première ébauche de cartographie de la vulnérabilité des aquifères,* APEFE (ESO), rapport de stage, 68p.

**VERNOUX J.F., WUILLEUMIER A., SEGUIN J.J. et DÖRFLIGER N., Septembre 2007.** *Méthodologie de délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses.* Guide méthodologique, Rapport BRGM/RP-55874-FR, 75 p., 14 illustrations

**LNAE, 2007.** *Rapport de la campagne d'analyse des eaux résiduaires industrielles de la ville de Bobo Dioulasso du 12 au 15 mars 2007,* DGACV, MECV, 10p.

**DEROUANE J. et DAKOURE D., 2006.** *Etude hydrogéologique et modélisation mathématique du système aquifère du bassin sédimentaire de Taoudéni au Burkina Faso.* International Symposium Darcy, Aquifers Systems Management. 17p.

**LUKACS Q., Avril 2006.** *Inventaire des risques de pollution des sources de Nasso et de Pessou,* AT/SOFRECO – SAWES, Programme VREO, 40p.

**MAMADOU CHERIF I., 2006.** Bilan en eau et étude comparative des écoulements du bassin versant du Kou. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur de l'équipement rural, groupe des écoles EIER-ETSHER.

**OUEDRAOGO C., Octobre 2006.** *Synthèse géologique de la région ouest du Burkina Faso*, AT/SOFRECO – SAWES, Programme VREO, 46p.

**MARDHEL V., PINSON S., GRAVIER A., Décembre 2005.** *Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines en région Nord-Pas-de-Calais*, BRGM/RP-54238-FR, 113p.

**LNAE, 2005.** *Rapport du constat et d'enquête sur la pollution du marigot Houet le 21 juin 2005*, DGACV, MECV, 21p.

**DEDEWANOU M., Novembre 2005.** *Nivellement topographique au GPS différentiel des points d'eau de la zone sédimentaire du programme VREO*, SOFRECO-SAWES, 53p

**DEROUANE J., Octobre 2005.** Rapport de modélisation des eaux souterraines de la série sédimentaire dans la zone d'intervention du Programme VREO au Burkina Faso pour l'Assistance Technique SOFRECO- SAWES, Partie 1, MAHRH, DGAEP Programme VREO.

**GKW CONSULT, Février 2005.** *Etude pour l'assainissement de la ville de Bobo Dioulasso et l'alimentation en eau potable des centres secondaires – Assainissement de la ville de Bobo Dioulasso – Phase II : Etudes techniques détaillées et plan d'exécution – APD : Mémoire technique (version définitive), Financement : Gouvernement du Burkina Faso et Banque Africaine de Développement.*

**GKW CONSULT, Février 2005.** *Etudes pour l'assainissement de la ville de Bobo Dioulasso et l'alimentation en eau potable des centres secondaires – Assainissement de la ville de Bobo Dioulasso – Phase II : Etudes techniques détaillées et plan d'exécution – APD : Etude d'impact sur l'environnement (version définitive), Financement : Gouvernement du Burkina Faso et Banque Africaine de Développement.*

**JOURDA J.P et al., 2005.** *Gestion et protection des ressources en eau souterraine : contribution d'un SIG à la carte de Vulnérabilité à la pollution des aquifères fissurés de Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire) selon la méthode DRASTIC*, Environnement/Eau, Communication SIG, 14p.

**BARRO S. E., 2004.** *Etude morpho pédologique du bassin versant de la vallée du Kou*, Projet GE/Eau, DRAHRH, 13p.

**SANON K. B. et SANON A., Janvier 2004.** *Etude du niveau d'agression des forêts classées de Dindéresso et du Kou par les déchets de la ville de Bobo Dioulasso (version finale)*, BKF/007 – PAFDK, DGEF, MECV, 48p.

**DAKOURE D., 2003.** *Etude hydrogéologique et géochimique de la bordure Sud Est du bassin sédimentaire (Burkina Faso-Mali)- Essai de modélisation*, Thèse de Doctorat Université Paris VI - Pierre et Marie Curie, 256p

**VAN ELLEN T., Avril 1999.** *Proposition pour la mise en œuvre d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux dans la zone du programme RESO*, Rapport final, AT/IWACO-BURGEAP, Programme RESO, 64p.

**GOMBERT P., Juillet 1998.** *Synthèse sur la géologie et l'hydrogéologie de la série sédimentaire du Sud Ouest du Burkina Faso*, Tome 1, Assistance technique IWACO - BURGEAP, programme RESO, 57p.

**ONEA, Mai 1997.** *Plan stratégique d'assainissement de la ville de Bobo Dioulasso, analyse de situation*, rapport de discussion, financement Banque Mondiale

**TRAORE S., GOMBERT P., 1997.** Variations des débits interannuels de la source de la Guinguette. Ministère de l'Environnement et de l'Eau, Secrétariat Général, Direction Générale de l'Hydraulique des Hauts-Bassins.

**SOGREAH Ingénierie, 1994.** *Etude des ressources en eau souterraine de la zone sédimentaire de la région de Bobo-Dioulasso*, rapport final texte, 187p.

# *ANNEXES*

## **Annexe 1 : Termes de références**

**Thème : Contribution a l'étude pour la mise en place des mesures de délimitation et de gestion des périmètres de protection des sources de la guinguette et des captages ONEA à Nasso (Bobo Dioulasso, Burkina Faso).**

### **Contexte**

Les sources de Nasso, situées à 15 kilomètres à l'Ouest de la ville de Bobo-Dioulasso consistent trois grandes sources : la Guinguette (1670 l/s), l'ONEA I (240 l/s) et l'ONEA II (150 l/s) ; La ville de Bobo-Dioulasso est alimentée par la source de l'ONEA I, la source de l'ONEA II n'intervient qu'en période de pointe ou en cas de pannes.

Les sources de Nasso revêtent une importance capitale dans l'alimentation en eau potable de ville de Bobo Dioulasso.

La forêt classée du Kou où naissent les sources, est importante pour la conservation de la biodiversité. Le lieu attire de nombreux touristes. Pour des raisons de préservation, la baignade qui se trouvait à l'intérieur de la forêt a été déplacée. La forêt est protégée par un mur construit par le Projet RESO

L'hydrogéologie des sources n'est pas encore bien connue. Les sources ONEA I et ONEA II qui sont très proches l'une de l'autre proviennent certainement de nappes souterraines différentes : le pH est différent et aussi la conductivité y est différente. Le premier modèle (lequel ?) hydrogéologique qui a été calé n'a pas tenu compte de la présence très probable de plusieurs nappes séparées, et a considéré au contraire une seule nappe depuis Bobo jusqu'aux sources. De telle sorte que le modèle conçu à l'époque n'a pas bien fonctionné et qu'il ne fonctionne même plus du tout.

Les quatre sous-bassins versants se partageant la superficie de la ville sont :

- Le sous-bassin versant du Kou (sources de la Guinguette, ONEA I et ONEA II),
- Le sous-bassin versant du Bingbéle,
- Le sous-bassin versant du Houet (présence de poissons sacrés),
- Le sous-bassin versant du Niamé (sources de Pessou).

Le Bingbéle, le Houet et le Niamé sont des affluents du Kou.

Aucune couche imperméable ne protège les aquifères sur lesquels la ville de Bobo-Dioulasso est située et qui alimentent les sources. Une certaine valeur protectrice peut être attribuée aux altérites et aux latérites qui couvrent les aquifères. L'amplitude de la protection dépend

directement de l'épaisseur de celle-ci. Dans la zone des sources, des carrières artisanales de sable sont exploitées et diminuent grandement la couche déjà peu protectrice (sable). Des carrières de latérite abandonnées en bordure de la ville de Bobo servent de décharges sauvages. Ici aussi la couche protectrice est sérieusement laminée.

La vitesse de l'eau souterraine peut varier entre 0,1 m/mois (grès fins, non fracturés) et plus de 100 m/mois (zones fracturées). Ainsi le temps requis pour qu'une contamination de la nappe de Bobo-Dioulasso atteigne les sources de Nasso peut varier de 12 ans à 1500 ans vu la distance qui sépare la ville des sources.

L'âge de l'eau émergente aux sources de Nasso est estimé entre 300 et 500 ans.

Un faible pourcentage (environ 10 %) de l'eau pourrait avoir un âge de moins de 30 ans. Par conséquent les sources exploitées par l'ONEA pour l'AEP de la ville de Bobo-Dioulasso ne sont pas du tout à l'abri d'une pollution brutale ou accidentelle qui se propagerait rapidement. De même une pollution actuelle pourrait se révéler bien plus tard dans une quarantaine d'années et plus. Il existe encore de nombreuses incertitudes à ce sujet.

Face à toute cette situation de dégradation fulgurante de l'environnement en général, et des conditions naturelles protectrices des aquifères des sources en particulier, le Programme VREO préconise des mesures de protection et de délimitation.

Les menaces aux sources sont multiples :

- Pollution par les eaux de surface venant de la zone industrielle de Bobo
- Pollution par les eaux souterraines
- Dégradation de l'environnement où sont situées les sources
- Baisse importante de débit d'étiage par une diminution de la recharge des aquifères

### **Objectif général**

Protéger les ressources en eau de la zone de la Guinguette par des mesures d'interdiction d'activités et de déversement de déchets pouvant entraîner toutes pollutions diverses de la nappe.

### **Consistance des études**

#### *1. Recherches documentaires (connaissances de la ressource) :*

- caractéristiques hydrologiques, géologiques et hydrogéologiques de la zone d'étude et des sources en particulier ;

- limites de l'aire d'alimentation et du fonctionnement hydrodynamique et hydrochimique.

2. Etude diagnostic sur l'aire d'alimentation :

- cartographie des sources de pollutions ;
- cartographie de la vulnérabilité en fonction des données disponibles sur les différents paramètres mis en jeu ;
- état initial de la qualité des eaux captées ;
- évaluation des risques d'altération ;
- prise en compte du système AEP et des possibilités d'équipements complémentaires.

3. Stratégie de protection et de gestion :

- objectifs de qualité pour les eaux brutes et les eaux distribuées ;
- proposition de définition des périmètres de protection ;
- prescriptions réglementaires dans les périmètres de protection ;
- actions de réduction des risques dans l'aire d'alimentation ;
- équipements complémentaires ;
- etc.

### **Résultats attendus**

Les périmètres de protection sont déterminés afin de protéger les sources contre les différentes pollutions :

- un périmètre de protection immédiate ;
- un périmètre de protection rapprochée ;
- un périmètre de protection éloignée.

Des prescriptions et un mode de gestion sont également définis à l'intérieur de ces périmètres

### **Partenaire(s) technique(s)**

Le Programme de Valorisation des Ressources en Eau de l'Ouest du Burkina Faso (Programme VREO) constitue la deuxième phase du Programme RESO. Les objectifs et activités du programme VREO visent à consolider les capacités institutionnelles et de gestion des intervenants dans le secteur de l'eau.

**Encadreur pédagogique**

Angelbert BIAOU, Enseignant au 2iE

**Encadreurs professionnels**

Nestor Fiacre COMPAORE, Ingénieur du Génie Rural

Med TALBAOUI, Expert Hydrogéologue Géotechnicien

**Lieu du stage : Bobo Dioulasso**

**Annexe 2 : Cadre logique**

<b>Objectifs spécifiques</b>	<b>Activités</b>	<b>Méthodologie et outils utilisés</b>	<b>Résultats attendus</b>
OS N°1 : Faire un état des lieux des connaissances sur les sources et définir la zone d'étude	Compilation documentaire	Revue bibliographique des études antérieures	La fiche de caractérisation des sources est établie
	Sorties sur la zone des sources et identification des périmètres existants	Constats de terrain et levées GPS	L'aire d'alimentation des sources est identifiée et délimitée
	Prospection géophysique de la forêt classée du Kou	Traîné électrique par le Schlumberger à l'ABEM TERRAMETER SAS 300C	L'hydrogéologie des sources est complétée
OS N°2 : Inventorier et analyser les risques de pollution dans le bassin du Kou	Inventaire des sources de pollution potentielles et effectives et description des activités polluantes	Synthèse documentaire Sorties et enquêtes de terrain et levées GPS	L'inventaire des sources potentielles de pollution est complété et les activités polluantes décrites
	Analyse qualitative des risques de pollution potentielle	Constats de terrain, entretiens et levées GPS	La carte des risques de pollution est établie
	Cartographie des risques de pollution	Cartographie des risques à l'aide du SIG ArcGis	
OS N°3 : Etablir la vulnérabilité des sources dans l'aire d'alimentation	Synthèse des différentes méthodes de caractérisation de la vulnérabilité	Compilation documentaire	Les méthodes à utiliser sont retenues
	Caractérisation de la vulnérabilité des sources	Cartographie de vulnérabilité intrinsèque à l'aide du SIG ArcGis	La carte de vulnérabilité des sources est établie
	Analyse de la vulnérabilité des sources	Sorties de terrain et entretiens	Les zones vulnérables sont identifiées
OS N°4 : Définir les périmètres de protection et les mesures de gestion	Définition des périmètres de protection (PPI, PPR et PPE)	Essais de traçage et modélisation du transport de polluants (Visual Modflow, MT3D)	Les périmètres de protection sont définis et une carte est établie
	Identification des prescriptions réglementaires dans les périmètres	Analyse des risques et comparaison avec des périmètres déjà établis	Les prescriptions à l'intérieur des périmètres et un mode de gestion sont proposées
	Formulation de propositions de mise en œuvre et de gestion		

**Annexe 3 : Chronogramme des activités**

Mois	Février				Mars				Avril				Mai				Juin			
Semaine	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recherches documentaires																				
Elaboration des fiches d'enquêtes, sorties de reconnaissance																				
Enquêtes zone industrielle																				
Dépouillement des résultats et traitement des données																				
Mesures de terrain, levées GPS																				
Essais de traçage, prospection géophysique																				
Rédaction et corrections																				
Présoutenance au VREO																				
Finalisation du mémoire et dépôt																				

## Annexe 4 : Guide d'enquête et d'entretien dans la zone industrielle de Bobo Dioulasso

### I. INFORMATIONS GENERALES

Dénomination de la structure : -----  
-----

Coordonnées géographiques :

Longitude : ----- Latitude : ----- Cote : -----

Type de structure : -----

Description sommaire des principales activités : -----  
-----

Disposez-vous de forages ?  Oui  Non

Si oui, nombre de forages fonctionnels ----- nombre de forage hors service -----

(Remplir la fiche de caractérisation de forage à la troisième page)

### II. CONNAISSANCES DES SOURCES ET DE LA REGLEMENTATION

Connaissez-vous les sources de Nasso ?  Oui  Non

Savez-vous qu'elles servent de captages pour l'alimentation en eau potable de la ville de Bobo Dioulasso, pour l'irrigation et à la baignade ?  Oui  Non

Savez-vous que vous êtes situés dans le bassin versant qui alimente ces sources ?

Oui  Non

Si oui, pensez-vous que vos activités pourraient être à l'origine de leur pollution ?

Oui  Non  Ne sait pas

Si cela devait arriver, que feriez-vous pour l'éviter ? -----  
-----

Avez-vous connaissance de la réglementation en matière de gestion des déchets au Burkina Faso ?  Oui  Non

Selon vous, qui est responsable des déchets produits par votre structure ?

Votre structure  La commune  Ne sait pas

### III. PRODUCTION DE DECHETS

Production d'effluents liquides ?  Oui  Non  Ne sait pas

Si oui, de quel type ?  Domestiques  Industriels  Ne sait pas

Risques de contamination des sols et l'eau ?  Oui  Non  Ne sait pas

Si oui, veuillez :

Préciser quels sont, à votre connaissance, les principaux polluants susceptibles de contaminer

les sols et l'eau -----

-----

Préciser le mode de traitement appliqué :

Ne sait pas  Rejet dans la nature sans traitement  Stockage puis enlèvement

Stockage sans enlèvement

Description le réservoir (structure, étanchéité, volume, durée de stockage) : -----

-----

Rejet dans la nature après traitement -----

Rejet dans un égout (sans ou après traitement) : -----

Production de déchets solides dangereux ?  Oui  Non  Ne sait pas

Si oui, veuillez :

Préciser quelles sont, à votre connaissance, les principales substances contenues dans ces

déchets : -----

-----

Préciser quel est, à votre connaissance, le traitement ou la destination finale de ces déchets

Ne sait pas  Stockage sur place  Traitement sur place

Contrat d'enlèvement et de traitement (décrire) : -----

----- Destination finale -----

Production de déchets solides non dangereux ?  Oui  Non  Ne sait pas

Si oui, veuillez :

Préciser les types de déchets et éventuellement les quantités produites ? -----  
-----

Préciser quel est, à votre connaissance, le devenir de ces déchets ?

Ne sait pas     Stockage sur place     Traitement (décrire) sur place

Contrat d'enlèvement et de traitement (décrire) : -----  
-----

*Commentaires éventuels :* -----  
-----  
-----

### FICHE DE CARACTERISATION DE FORAGE

Dénomination de la structure exploitante : -----  
-----

Préciser les coordonnées géographiques du forage :

Longitude : ----- Latitude : ----- Cote : -----

Diamètre (mm) : -----

Profondeur totale (m) : -----

Profondeur cimentée : ----- Profondeur crépine : -----

Débit disponible (m<sup>3</sup>/h) : ----- Débit exploité (m<sup>3</sup>/h) : -----

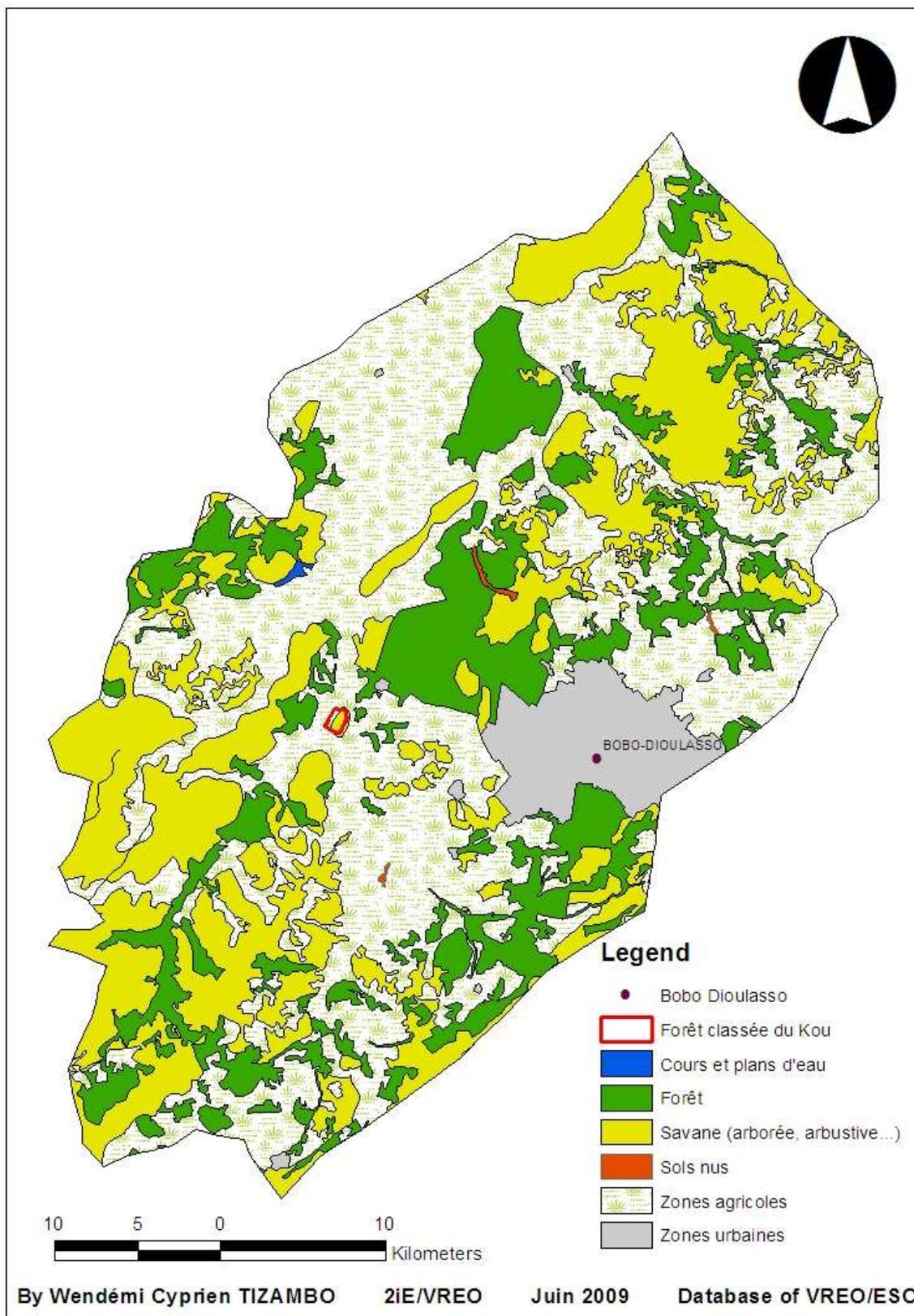
Volume moyen exploité par jour (m<sup>3</sup>) : -----

Le forage est-il protégé ? -----

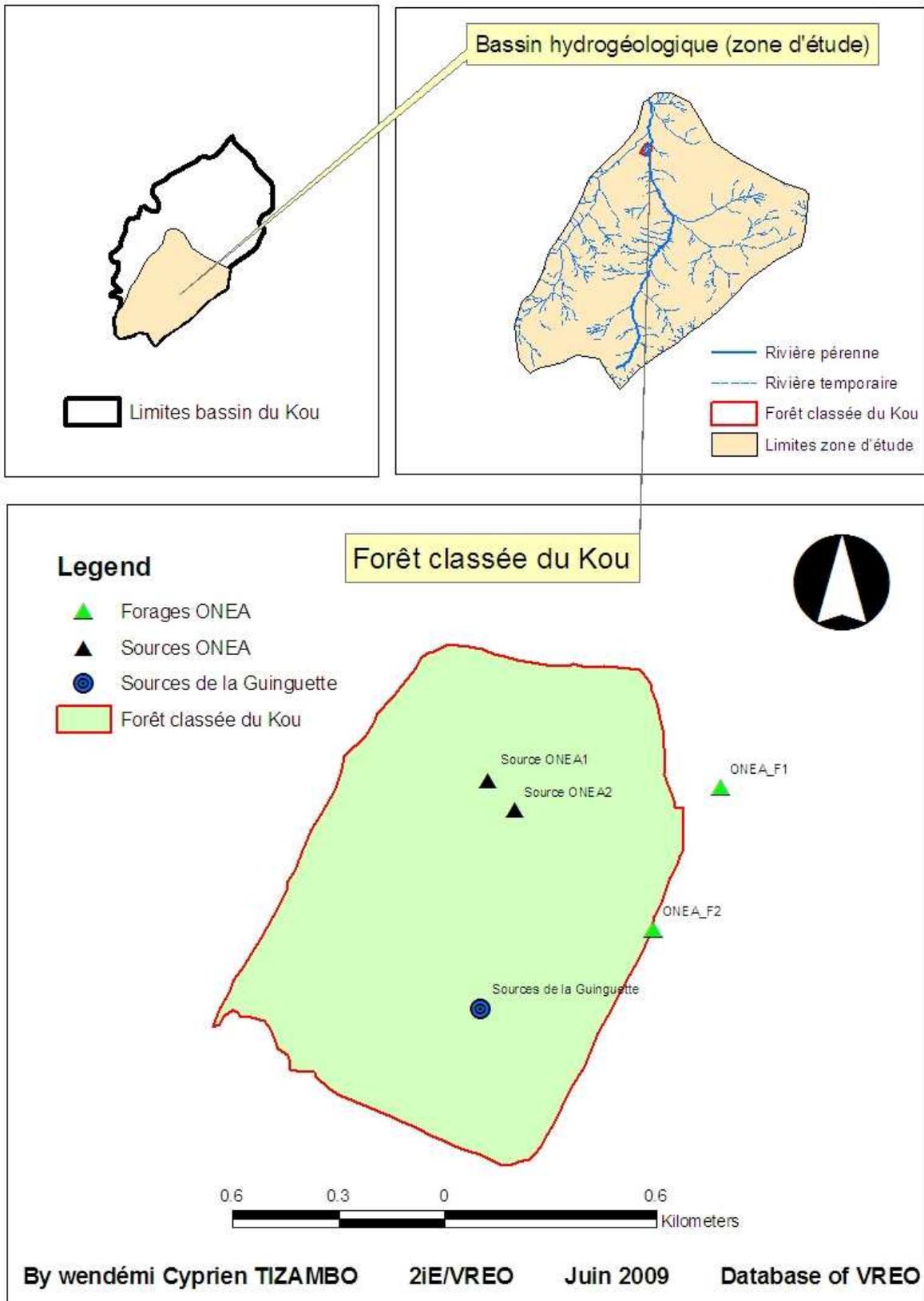
Si oui, comment ? -----  
-----

A quelle utilisation est destinée l'eau ? -----

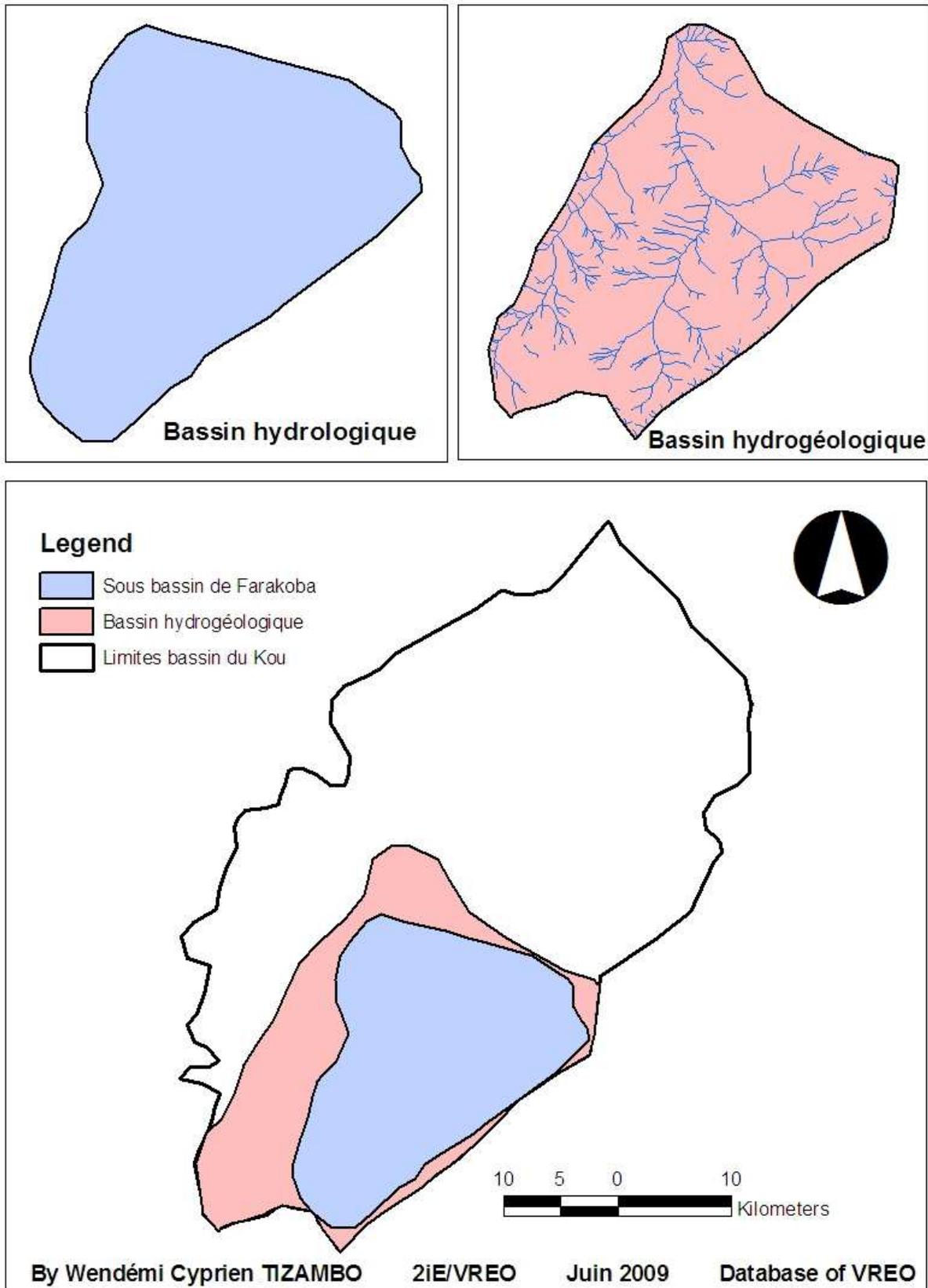
**Annexe 5 : Carte de l'occupation des terres du bassin du Kou**



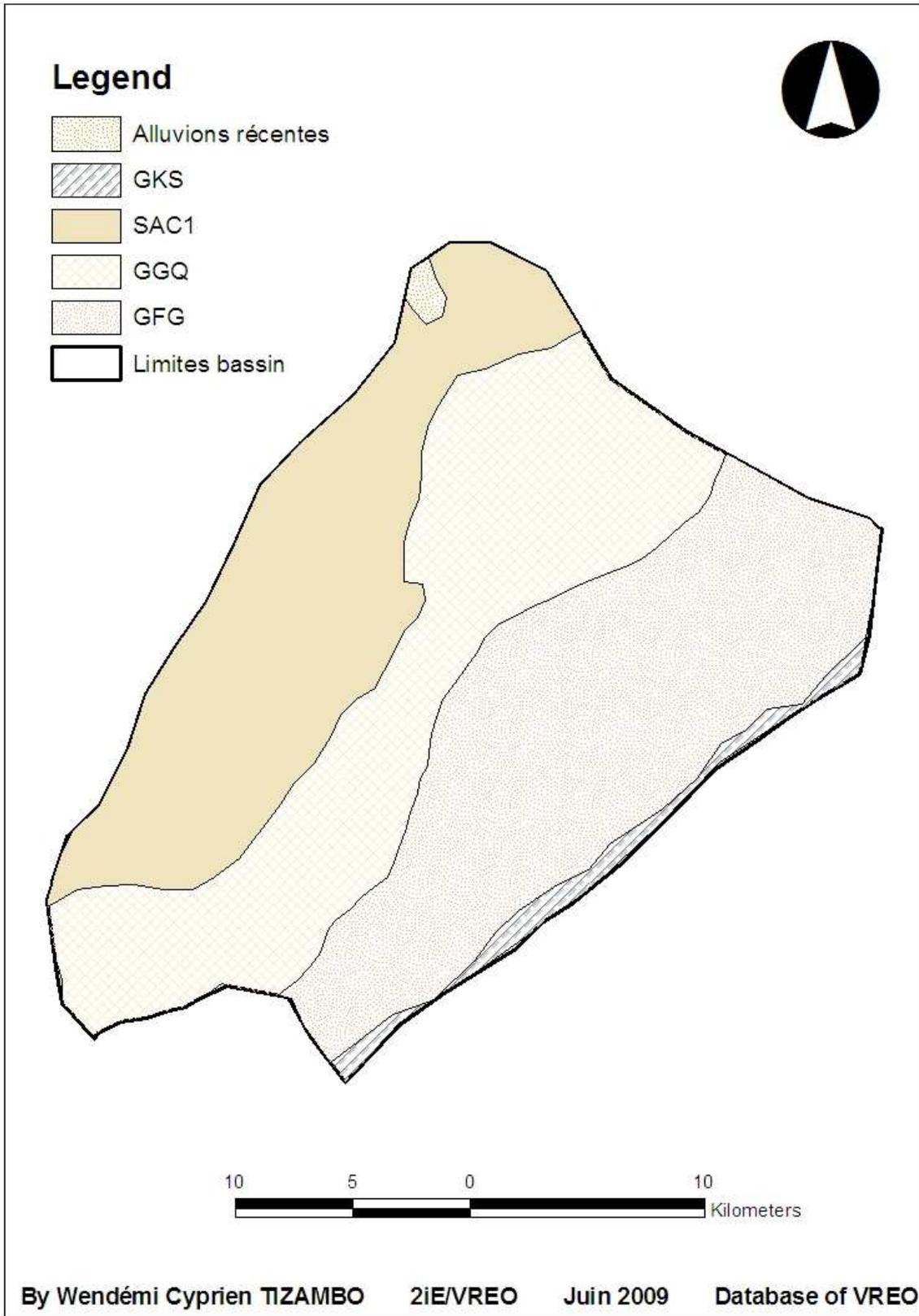
**Annexe 6 : Carte de situation des sources de Nasso et des forages ONEA**



**Annexe 7 : Localisation des bassins hydrographiques de la zone d'étude**



**Annexe 8 : Géologie de la zone d'étude**



**Annexe 9 : Caractéristiques des activités industrielles et leurs rejets**

Dénomination	Activités (actuelles et en projet)	Déchets générés		Principales menaces	Traitement effectués et destination finale		Risques résiduels
		Effluents liquides	Déchets solides		Effluents liquides	Déchets solides	
<b>Société Africaine de Produits Phytosanitaire et d'insecticides (SAPHYTO)</b>	Production et conditionnement d'insecticides	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eaux usées domestiques et assimilables</li> <li>- Eaux usées (nettoyage et décontamination) comportant des produits chimiques toxiques</li> <li>- Produits périmés et déclassés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emballages (métalliques, plastique, papier et cartons) contaminés et non contaminés</li> <li>- Boues chimiques des lagunes de traitement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contamination chimique des aquifères et des eaux superficielles</li> <li>- Contamination des aquifères en agents pathogènes et en éléments nutritifs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traitement des eaux usées (craquage et évaporation) dans des lagunes tapissées de géomembrane</li> <li>- Vidange des fosses septiques par des entreprises privées et déversement des boues dans des décharges sauvages</li> <li>- Etanchéification de la périphérie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incinération des boues en Europe</li> <li>- Décontamination des emballages</li> <li>- Broyage et récupération des emballages plastique par des plasticiens</li> <li>- Enlèvement et/ou incinération à l'interne des autres déchets</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risques d'infiltration en cas de détérioration de l'échantéité</li> <li>- Transfert de pollution : risque de contamination chimique et organique des eaux superficielles et des nappes aussi bien lors du stockage que dans les sites provisoires de dépôt</li> </ul>
<b>Société Nationale Burkinabé des Hydrocarbures (SONABHY)</b>	Réception, stockage et livraison d'hydrocarbures	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eaux usées domestiques et assimilables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boues de curage (tous les 10 ans) des cuves de stockage</li> <li>- Déchets de bureau et de nettoyage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contamination des eaux superficielles et des aquifères en cas de déversement accidentel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vidange des fosses par des entreprises privées et déversement des boues dans des décharges sauvages</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enfouissement des boues de curage dans le CET</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transfert de la pollution domestique</li> <li>- Risques d'accident (incendie, déversement accidentel d'hydrocarbures) et contamination des eaux superficielles et des aquifères le cas échéant</li> </ul>

<p><b>STATIONS SERVICE (PETROFA, SHELL, TOTAL)</b></p>	<p>- Stockage et distribution d'hydrocarbures- Lavage et vidange de véhicules</p>	<p>- Eaux de lavage et de nettoyage des véhicules- Huiles usagées</p>	<p>- Déchets assimilables aux ordures ménagères- Boues diverses (curage des cuves, nettoyage et lavage des véhicules)</p>	<p>- Contamination chimique et organique des eaux superficielles et des aquifères</p>	<p>- Stockage des huiles usagées dans des cuves métalliques et récupération par la maison mère- Eaux de lavage drainées dans un caniveau (mais rejoignant probablement les caniveaux d'eaux pluviales)- Infiltration des eaux vannes dans des puits perdus</p>	<p>- Contrat d'enlèvement par une entreprise privée</p>	<p>- Risques d'infiltration et contamination chimique et organique des aquifères le cas échéant</p>
<p><b>WINNER INDUSTRIE</b></p>	<p>Fabrication de piles</p>	<p>- Eaux usées chargées en zinc et manganèse - Eaux usées domestiques et assimilables</p>	<p>- Papier, emballages (plastiques et carton) - Déchets de piles - Poudre de manganèse et de zinc - Charbon de piles</p>	<p>- Contamination chimique des eaux superficielles et des nappes par du manganèse et du zinc - Contamination organique des aquifères</p>	<p>- Récupération du zinc rejet direct dans les caniveaux - Vidange des fosses par des entreprises privées et déversement des boues dans des décharges sauvages</p>	<p>- Stockage au sol et contrat d'enlèvement par une société privée</p>	<p>- Contamination chimique et organique des aquifères et des eaux superficielles</p>

Dénomination	Activités (actuelles et en projet)	Déchets générés		Principales menaces	Traitement effectués et destination finale		Risques résiduels
		Effluents liquides	Déchets solides		Effluents liquides	Déchets solides	
<b>Société Africaine de Pneumatique (SAP OLYMPIC)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabrication et commercialisation de pneus et chambres à air pour engins à deux roues</li> <li>- Exploitation d'un forage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Effluents domestiques et assimilables</li> <li>- Eaux de nettoyage et de refroidissement contenant du talc végétal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pneus déclassés</li> <li>- Chambres à air non-conformes</li> <li>- Résidus de caoutchouc</li> <li>- Poudre de talc</li> <li>- Déchets de bureau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contamination des aquifères en agents pathogènes et en éléments nutritifs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vidange des fosses par des entreprises privées et déversement des boues dans des décharges sauvages</li> <li>- Drainage des eaux de nettoyage et de refroidissement dans des caniveaux d'eaux pluviales en terre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Récupération des pneus par des commerçants</li> <li>- Stockage, enlèvement et incinération des autres déchets dans les décharges sauvages</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transfert de pollution : risque de contamination organique des eaux superficielles et des nappes aussi bien lors du stockage que dans les sites provisoires de dépôt</li> </ul>
<b>Société de Plastique du Faso (FASOPLAST)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabrication de sacs plastique et des bidons de 20 litres</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eaux usées domestiques et assimilables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déchets de bureau</li> <li>- Emballages perdus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contamination des aquifères par des agents pathogènes, des éléments nutritifs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vidange des fosses par des entreprises privées et déversement des boues dans des décharges sauvages</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incinération et contrat d'enlèvement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transfert de pollution : risque de contamination organique des eaux superficielles et des nappes aussi bien lors du stockage que dans les sites provisoires de dépôt</li> </ul>

Dénomination	Activités (actuelles et en projet)	Déchets générés		Principales menaces	Traitement effectués et destination finale		Risques résiduels
		Effluents liquides	Déchets solides		Effluents liquides	Déchets solides	
Compagnie Villageoise d'Extraction minière (COVEMI)	Extraction, fabrication de carreaux et d'amendement agricole à base de calcaire	- Eaux usées domestiques (fosses septiques) et assimilables (puits perdus) - Huiles de vidange	- Déchets de bureaux et d'emballages	- Contamination des aquifères par des agents pathogènes, des éléments nutritifs - Suspension poussiéreuse	- Huiles de vidange récupérées par des particuliers - Vidange des fosses par des entreprises privées et déversement des boues dans des décharges sauvages	- Incinérés à l'interne	- Transfert de la pollution organique dans les décharges sauvages - Suspension poussiéreuse atténuée par une humidification des matériaux
Société Industrielle du Faso (SIFA)	Assemblage sur chaîne de cycles (motorisés et non motorisés), soudure et peinture	- Eaux usées domestiques et assimilables - Eaux usées industrielles contenant des produits chimiques (produits de peinture, acide, soude, cyanures)	- Résidus de peinture - Emballages perdus (papier, cartons, caisse en bois) - Rechute de tubes métalliques	- Contamination chimique et organique des eaux superficielles et des aquifères	- Neutralisation des eaux à la neutraline ou à la soude avant rejet - Vidange des fosses par des entreprises privées et déversement des boues dans des décharges sauvages	- Contrat d'enlèvement des ordures assimilables aux ordures ménagères - Récupération des résidus de peinture tubes métalliques par des particuliers	- Contamination chimique et organique des eaux superficielles et des aquifères

<p>Société National d'Electricité du Burkina (SONABEL BOBO II)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Production d'électricité</li> <li>- Exploitation d'un forage</li> <li>- La centrale thermique est mise en réserve froide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eaux usées domestiques et assimilables</li> <li>- Eaux usées industrielles contenant des hydrocarbures et des huiles</li> <li>- Huiles usagées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déchets assimilables aux ordures ménagères</li> <li>- Chifons de nettoyage souillés (huiles &amp; hydrocarbures)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contamination chimique et organique des eaux superficielles et des aquifères</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Décantation sérielle et récupération des huiles, des hydrocarbures et des boues puis incinération</li> <li>- Vidange des fosses par des entreprises privées et déversement des boues dans des décharges</li> <li>- Les usées sont rejetées dans la nature par un canal en terre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les déchets souillés sont incinérés avec les huiles et hydrocarbures</li> <li>- Les cendres et mâchefers sont rejetés dans la nature</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le risque de contamination chimique et organique des eaux superficielles et des aquifères demeure car la qualité des rejets ne sont pas connus mais aux dires de la direction, l'élimination est quasi-totale</li> </ul>
--	--	--	--	--	---	--	---

Dénomination	Activités (actuelles et en projet)	Déchets générés		Principales menaces	Traitement effectués et destination finale		Risques résiduels
		Effluents liquides	Déchets solides		Effluents liquides	Déchets solides	
Filature du Sahel (FILSAH)	- Fabrication de fils à partir du coton fibre et de toiles (sacs, serpillières) - Exploitation d'un forage	- Eaux usées domestiques et assimilables (fosses septiques)	- Poussières et résidus de coton - Déchets de fils et d'emballage - Cendres provenant de l'incinération	- Contamination des aquifères par des agents pathogènes, des éléments nutritifs	- Vidange des fosses par des entreprises privées et déversement des boues dans des décharges sauvages	- Stockés et incinérés dans les décharges sauvages	- Transfert de la pollution organique (boues de vidange dans les décharges sauvages)
Manufacture Burkinabé de la Cigarette (MABUCIG)	Fabrication des cigarettes	- Eau de nettoyage avec résidu de colle - Eaux usées domestiques et assimilables	- Poussières de tabac - Emballages perdus (cartons, palettes, plastiques, fûts plastiques)	- Contamination des aquifères en agents pathogènes et en éléments nutritifs	- Infiltration des eaux de nettoyage et des eaux domestiques dans des puits perdus	- Vente de la poussière de tabac et des emballages - Contrat d'enlèvement et incinération des papiers à la décharge	- Transfert de pollution : contamination des aquifères en agents pathogènes et en éléments nutritifs
NOVATEX	Importation de textile et fabrication de matelas	- Eaux usées domestiques et assimilables	- Emballages divers - Chutes de produits (mousse notamment)	- Contamination des aquifères en agents pathogènes et en éléments nutritifs - Déversement accidentel ou mauvaise utilisation des matières premières dangereuses (toluène isocyanate, chlorure de méthylène, silicone...)	- Vidange des fosses par des entreprises privées et déversement des boues dans des décharges sauvages	- Récupération des déchets ou incinération en décharge sauvage	- Transfert de pollution : contamination des aquifères en agents pathogènes et en éléments nutritifs - Risques mineurs quant à la pollution des eaux par les matières premières

<p>Société des Fibres Textiles (SOFITEX BOBO I, II et III)</p>	<p>- Egrenage de coton graine- Exploitation d'un forage pour la prévention d'incendie- L'unité de délintage chimique (fabrication d'engrais agricole) de Bobo III est fermée depuis 2007</p>	<p>- Eaux de nettoyage et de refroidissement chargées en calcaire (faible débit)- Eaux usées domestiques et assimilables- Huiles usagées</p>	<p>- Poussières de nettoyage- Emballages plastique- Fragments et amandes de coton, graines immatures- Rébuts de coton</p>	<p>- Contamination des aquifères en agents pathogènes et en éléments nutritifs</p>	<p>- Vidange des fosses septiques par une société privée vers une décharge sauvage- Infiltration des eaux de nettoyage et de refroidissement à travers un puits perdu- Récupération et vente des huiles usagées</p>	<p>- Récupération des déchets de coton comme amendement agricole- Stockage des autres déchets et enlèvement par une société privée</p>	<p>- Transfert de pollution : risque de contamination organique des eaux superficielles et des nappes aussi bien lors du stockage que dans les sites provisoires de dépôt</p>
<p>Société SONACEB</p>	<p>Fabrication et impression d'emballages en carton à partir de carton brut importé</p>	<p>- Eaux usées domestiques et assimilés</p>	<p>- Emballages divers (carons, papier, plastique) et déchets de bureau</p>	<p>- Contamination des aquifères en agents pathogènes et en éléments nutritifs</p>	<p>- Vidange des fosses par des entreprises privées et déversement des boues dans des décharges sauvages</p>	<p>- Stockés et incinérés dans une maisonnette</p>	<p>- Transfert de pollution domestique : contamination des aquifères en agents pathogènes et en éléments nutritifs</p>