

**BURKINA FASO**



**SECRETARIAT PERMANENT DU PLAN**

**D'ACTION POUR LA GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU**

**(SP/PAGIRE)**

=====

**AGENCE DE L'EAU DU MOUHOUN**

=====

**AGENCE DE L'EAU DES CASCADES**



---

**RAPPORT DE L'ETUDE D'IDENTIFICATION, DE  
LOCALISATION ET DE CARACTERISATION PHYSIQUE  
DES SOURCES D'EAU DANS LES ESPACES DE GESTION  
DES AGENCES DE L'EAU DU MOUHOUN ET DES  
CASCADES**

---

*Rapport provisoire*

Novembre 2014

I	Introduction.....	8
II	Rappel des Termes de Références du Consultant (TDR).....	10
II.1	Objectif général de l'étude.....	10
II.2	Objectifs spécifiques.....	10
II.3	Résultat attendus .....	10
II.4	Mandat de l'expert.....	11
III	Cadre physiographique .....	12
III.1	Zone de l'étude.....	12
III.2	Géographie physique du bassin du Mouhoun .....	14
III.2.1	Présentation générale du bassin .....	14
III.2.2	Hydrographie du bassin du Mouhoun.....	16
III.2.3	Occupation des sols du bassin du Mouhoun.....	17
III.2.4	Données climatiques .....	21
III.3	Géographie physique de la Comoé .....	23
III.3.1	Présentation générale du bassin.....	23
III.3.2	Hydrographie du bassin de la Comoé.....	26
III.3.3	Données climatiques .....	27
III.3.4	Relief – sols – végétation – faune.....	28
III.3.4.1	Le relief .....	28
III.3.4.2	Les sols.....	29
III.3.4.3	La végétation .....	30
III.3.4.4	La faune .....	31
III.3.4.5	L'occupation des sols du bassin.....	31
IV	Contexte géologique et géologie .....	34
IV.1	Contexte géologique général .....	34
IV.1.1	Contexte géologique de la zone d'étude.....	36
IV.2	Géologie.....	36
IV.2.1	Géologie du Bassin du Mouhoun .....	36

IV.2.2	Géologie du Bassin de la Comoé .....	41
V	Contexte hydrogéologique et Hydrogéologie .....	42
V.1	Contexte Hydrogéologique général .....	42
V.1.1	Contexte Hydrogéologique de la zone d'étude.....	42
V.1.2	Hydrogéologie du bassin du Mouhoun .....	43
V.1.2.1	La zone sédimentaire .....	43
	o Les unités hydrogéologiques .....	44
V.1.2.2	La zone du socle .....	46
	o Les unités hydrogéologiques .....	46
V.1.3	Hydrogéologie du bassin de la Comoé.....	47
VI	Présentation des résultats de l'inventaire des sources du Programme RESO .....	48
VI.1	Les sources du bassin du Mouhoun .....	48
VI.2	Les sources du bassin de la Comoé .....	50
VII	Travaux réalisés .....	52
VII.1	Généralités sur les sources.....	52
VII.1.1	Types d'eau souterraine .....	53
VII.1.1.1	Nappes libres .....	53
VII.1.1.2	Nappes captives.....	55
VII.2	Méthodologie et Acquisition des données.....	56
VII.2.1	Enoncé du problème .....	56
VII.2.2	Méthodologie générale .....	57
VII.2.2.1	Sélections des sources à inventorier .....	60
VII.2.2.2	Formation des agents des agences de l'eau à la prise en main d'un GPS.....	64
VII.2.2.3	Travaux de terrain et acquisition des données .....	65
VII.3	Traitement et Analyses des données .....	66
VII.3.1	Stockage, analyse et gestion des données d'inventaire.....	66
VII.3.1.1	Processus général et principes clés de saisie des données .....	68
VII.3.1.2	Analyse et interprétation des données .....	68

VII.3.2	Cartographie thématique .....	83
VII.3.3	Type de valorisation des sources inventoriées .....	84
VII.3.4	Pérennité des sources .....	84
VIII	Démarche méthodologique pour la protection des sources .....	85
VIII.1	Généralités sur la protection des eaux souterraines .....	85
VIII.2	Analyse des risques .....	86
VIII.2.1	ÉLÉMENTS D'ANALYSE DU CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL .....	87
IX	Conclusion. ....	91
X	Recommandations.....	93
XI	BIB LIOGRAPHIE .....	94
XII	ANNEXES.....	95

## TABLE DES FIGURES

## TABLE DES ABREVIATIONS

## SIGLES ET ABREVIATIONS

# I Introduction

Le Burkina Faso a entrepris au milieu des années 90 un processus de réforme du cadre institutionnel du secteur de l'eau qui consacra la *Gestion Intégrée des Ressources en Eau* (GIRE) comme voie de résolution des questions liées à l'eau. Les grandes étapes de ce processus ont été marquées par l'adoption par le Gouvernement en juillet 1998 du document intitulé « Politique et stratégie en matière d'eau », le lancement du programme GIRE en 1999, l'adoption en février 2001 par le Parlement de la « Loi d'orientation relative à la gestion de l'eau » faisant de la GIRE le fondement de la stratégie globale de rénovation de l'action publique dans le domaine de l'eau. Le Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (PAGIRE) adopté en mars 2003 a confirmé la volonté du Gouvernement de traduire en dispositions concrètes la décentralisation en matière de gestion de l'eau et le désengagement de l'Etat des secteurs de production pour se recentrer sur ses missions de souveraineté.<sup>1</sup>

L'adoption de ce plan a abouti à l'érection en cinq (05) espaces de Gestion des ressources en eau et qui partagent les quatre bassins hydrographiques nationaux. Les structures de gestion à mettre en place dans ces espaces sont les Agences de l'Eau. Ainsi ont été créées cinq (05) Agences de l'eau sur le territoire national entre 2007 et 2011 dont l'Agence de l'eau du Mouhoun (AEM) et l'Agence de l'eau des Cascades (AEC) créées respectivement le 23 janvier 2010 et le 22 mars 2010.

Les espaces de gestion de l'AEM et de l'AEC sont les parties les plus arrosées du pays. Ils sont confrontés cependant aux changements climatiques, à une pression démographique importante, à un surpâturage et à des mauvaises pratiques agricoles ainsi qu'à des pollutions minières et industrielles, ce qui affecte négativement l'environnement en général et les ressources en eau en particulier. En effet, on remarque depuis quelques années déjà, la dégradation des sols et du couvert végétal, la dégradation des cours d'eau et des plans d'eau (envasement, ensablement et érosion des

---

<sup>1</sup> Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau du Burkina Faso. (PAGIRE). Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique. Mars 2003.

berges) ce qui induit *une disparition des émergences d'eau qui entraîne une diminution drastique des débits des cours d'eau en période d'étiage*. Il est à noter que les émergences d'eau dans leur majorité ne bénéficient d'aucune protection. Elles sont de ce fait fortement dégradées à cause de l'érosion et des actions anthropiques.

C'est au regard de cette situation de dégradation de l'environnement et des conditions naturelles protectrices qu'un inventaire des sources dans les espaces de gestion de l'AEM et de l'AEC a été entrepris.

Il est à souligner que la présente étude constitue le début d'un processus d'identification, de caractérisation et de suivi des sources ; ce processus sera poursuivi et approfondi au cours des prochaines années. Il s'agit donc, dans un premier temps de développer une méthodologie d'intervention et de former du personnel des deux agences de l'eau à ce type de travail. Les résultats obtenus serviront de base pour lancer au cours des prochaines années des travaux supplémentaires permettant d'approfondir le fonctionnement des sources les plus représentatives.

Ainsi, ce rapport fait le point de l'inventaire qui a été mené par les deux agences de l'eau ci-dessus citées sous la conduite du Bureau d'Etudes COWI.

Ce rapport situe en premier point le contexte de l'étude, en deuxième partie il fait un rappel des termes de références du prestataire de service, les troisième, quatrième et cinquième parties sont consacrées au cadre physiographique, à la géologie et à l'hydrogéologie de la zone d'étude, la sixième partie fait une revue de l'inventaire de 1996 conduit par le programme RESO. Le septième chapitre aborde la méthodologie de l'étude et à l'interprétation des données, la partie huit se rapporte aux pistes à prendre pour la protection des sources, le neuvième point traite de la conclusion suivi par les recommandations en dixième partie.

## **II Rappel des Termes de Références du Consultant (TDR)**

### **II.1 Objectif général de l'étude**

L'objectif global de l'étude est de « disposer d'un inventaire et d'une caractérisation physique<sup>2</sup> des émergences d'eau<sup>3</sup> dans l'espace de gestion de l'AEM et de l'AEC ainsi que des recommandations de mesures à mettre en place pour les protéger et les suivre».

### **II.2 Objectifs spécifiques**

De façon spécifique, il s'agit de :

- faire un inventaire des sources et de les localiser ;
- réaliser une caractérisation physique de ces sources ;
- proposer des mesures de protection de ces mêmes sources et surtout les plus vulnérables ;
- proposer un mécanisme de suivi de la qualité de ces émergences d'eau.

### **II.3 Résultat attendus**

Les résultats attendus sont :

- les sources sont recensées et localisées dans les espaces de gestion de l'AEM et de l'AEC;
- des mesures de protection de ces sources sont proposées ;
- une caractérisation physique des sources est réalisée ;
- un mécanisme de suivi de la qualité des sources est proposé.

---

<sup>2</sup> *Caractérisation physique = description du milieu environnemental, caractéristiques physico-chimiques (ph, conductivité, taux de nitrate, température, ...)*

<sup>3</sup> *Dans le cadre de la présente étude, le terme « source d'eau » est défini comme « l'émergence naturelle de l'eau souterraine en un point de la surface du sol ». On peut distinguer selon leur origine au moins 4 grands types de sources<sup>3</sup> : source d'émergence, source de déversement, source de débordement et source artésienne. Principes et méthodes de l'hydrogéologie. G. Castany.*

## **II.4 Mandat de l'expert**

Le rôle principal de l'expert est d'appuyer les agences de l'eau du Mouhoun et des Cascades à identifier, à localiser et à caractériser les sources d'eau de leur espace de gestion et à proposer des mesures de protection. Pour cela l'expert agira à titre de formateur-encadreur et de conseiller. Il appuiera la définition d'une méthodologie d'intervention et participera sur le terrain à l'identification et la caractérisation d'un certain nombre de sources afin d'une part, de former le personnel des deux agences de l'eau à cette opération et, d'autre part, de préciser et d'affiner la méthodologie définie. Il interviendra pour la suite de l'enquête d'identification de sources à titre d'encadreur/conseiller des équipes des agences de l'eau.

### **III Cadre physiographique**

#### **III.1 Zone de l'étude**

La zone d'étude couvre les bassins hydrographiques du Mouhoun et de la Comoé où des cours d'eau permanents se rencontrent de nos jours contrairement à d'autres parties du Burkina Faso. Vient s'ajouter à ces deux bassins versants, le sous-bassin du Banifing qui relève hydrologiquement du bassin du Niger mais vu son isolement par le territoire malien, il a été rattaché au Bassin du Mouhoun pour en faciliter la gestion. Cette portion du territoire renferme plus de 80% des ressources en eau souterraine du pays à cause de l'extension du bassin sédimentaire de Taoudéni, ensemble géologique et hydrogéologique favorable à la rétention d'immenses ressources en souterraines. L'ensemble de ces trois unités hydrologiques couvre 114 067 km<sup>2</sup> du territoire burkinabè.



Figure 1: Zone d'étude de l'inventaire des sources

## III.2 Géographie physique du bassin du Mouhoun

### III.2.1 Présentation générale du bassin

D'une superficie totale de 91 036 km<sup>2</sup> au Burkina Faso, soit 22,32% du bassin du fleuve Volta, le bassin du Mouhoun est partagé par le Mali au nord (Sourou), la Côte d'Ivoire et le Ghana au sud. Le réseau hydrographique du cours d'eau comporte neuf (9) principaux affluents et 27 sous-bassins.

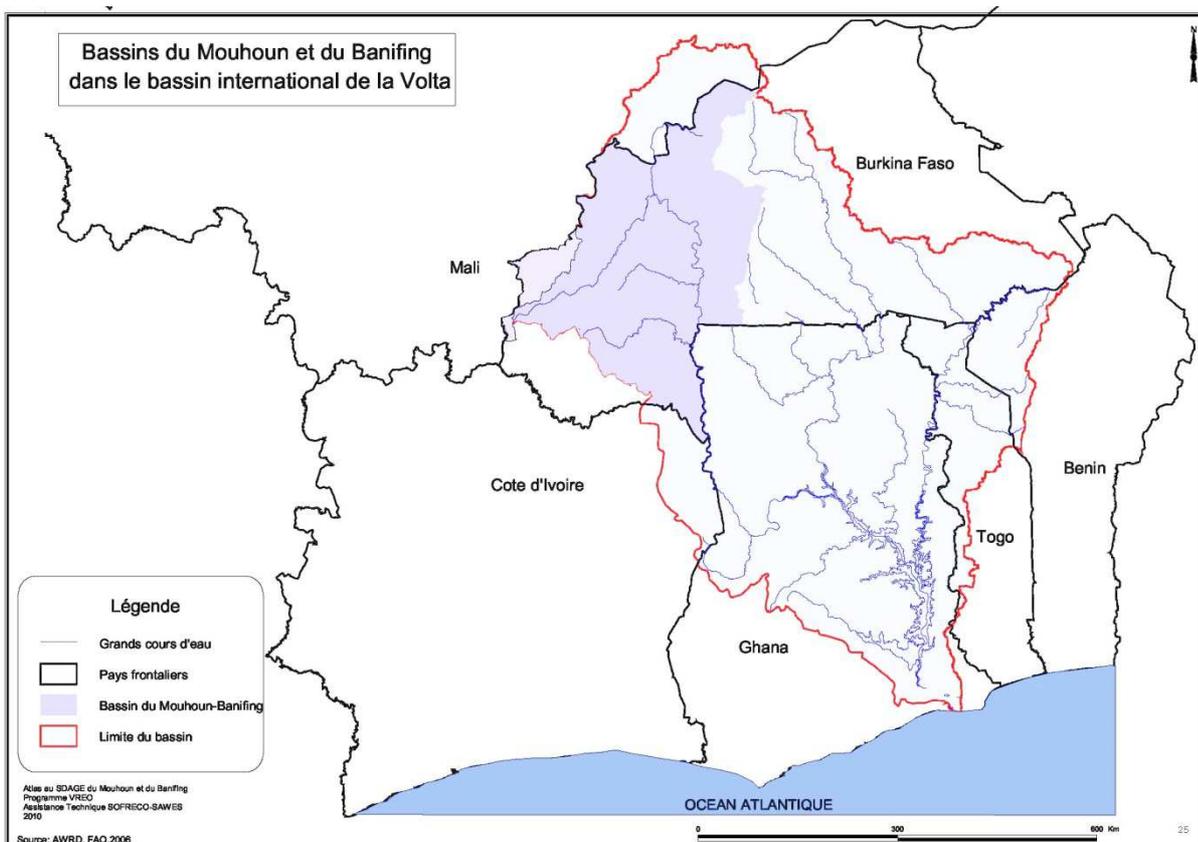


Figure 2: Bassin du Mouhoun dans le bassin de la Volta

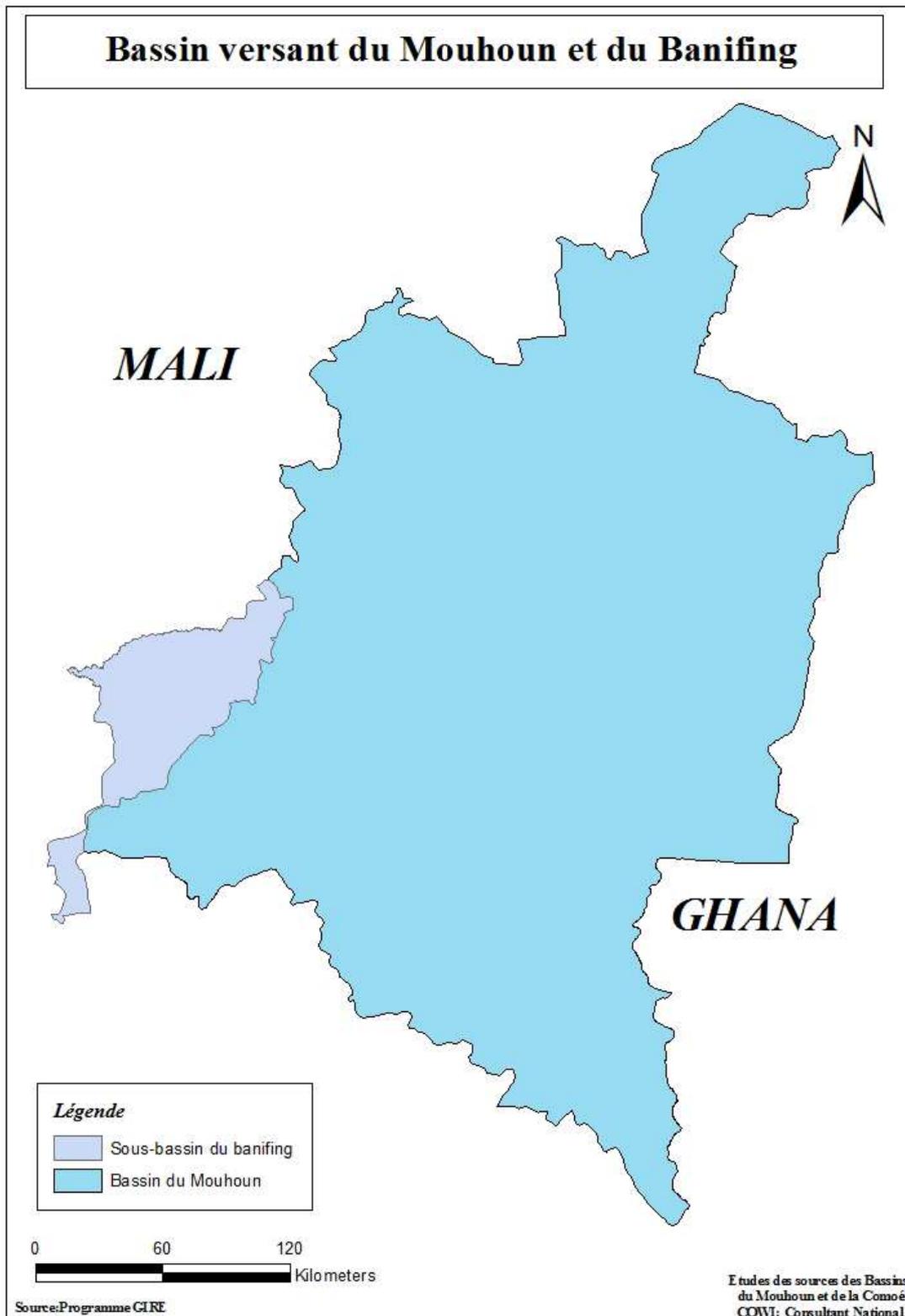


Figure 3: Espace de gestion du Mouhoun

### III.2.2 Hydrographie du bassin du Mouhoun

D'une longueur totale d'environ 1 000 km au Burkina Faso, le Mouhoun draine inégalement au niveau national les territoires de 6 régions<sup>4</sup>. Les derniers affluents en rive gauche du Mouhoun proviennent de sous-bassins versants ghanéens et ivoiriens.



<sup>4</sup> La Boucle du Mouhoun, les Hauts-Bassins, le Sud-Ouest, le Centre-Ouest, le Nord et les Cascades

Figure 4: Hydrographie et relief du Mouhoun et du Banifing

De par cette configuration géographique, le Mouhoun occupe une position particulière par rapport aux axes d'échanges avec notamment la Côte d'Ivoire, le Mali, le Ghana d'une part et d'autre part avec le plateau central et la capitale Ouagadougou.

En outre le régime pérenne du Mouhoun, les ressources forestières, les sols et le climat de son bassin, en font un espace hydrographique qui offre de nombreuses potentialités de développement socioéconomiques.

Ce positionnement et ce caractère transfrontalier du Mouhoun placent le fleuve et son bassin, au centre d'un enjeu géopolitique majeur.

Fort heureusement, à nos jours, la mise en place de l'Autorité du Bassin de la Volta (ABV) dont le siège est à Ouagadougou, constitue un important pas franchi en matière de gestion partagée et de valorisation concertée des ressources en eau du fleuve Volta entre les 6 Etats membres (SDAGE VREO, 2010).

### **III.2.3 Occupation des sols du bassin du Mouhoun**

La foresterie du bassin du Mouhoun est marquée par une végétation composite, une diversité de faune et par de nombreuses zones humides.

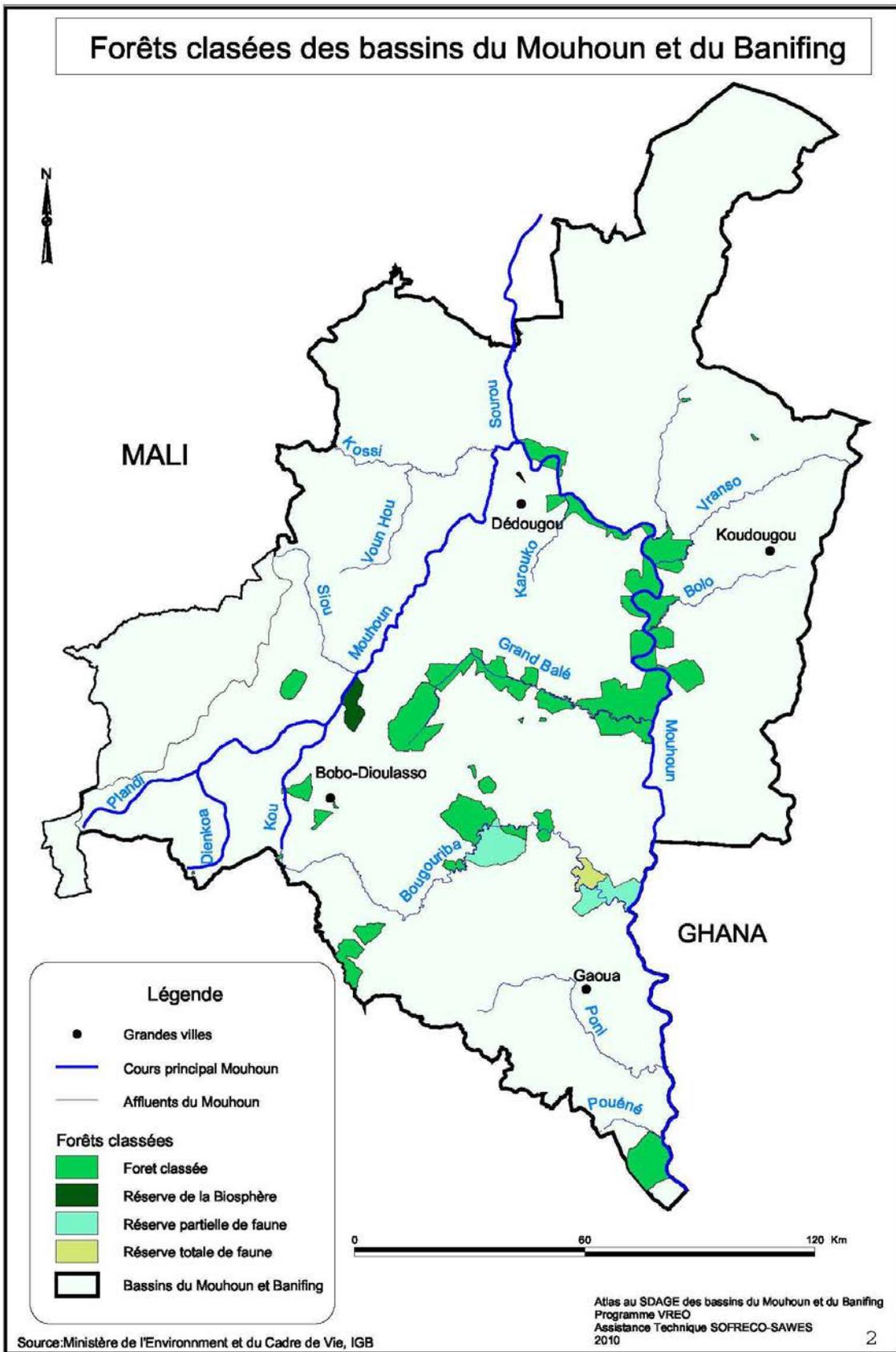


Figure 5: Forêts classées du bassin du Mouhoun et du Banifong

La couverture végétale du bassin est essentiellement constituée de savanes boisées, de forêts claires et de galeries forestières le long des cours d'eau permanents et dont la largeur augmente au fur et à mesure que l'on descend vers le sud.

Au niveau du Sourou en particulier, la *végétation* est caractérisée par le passage de la steppe arbustive à la steppe arborée, parsemée de minces forêts claires ripicoles. C'est la zone où coexistent de nombreuses espèces sahéliennes et soudaniennes. Le tapis herbacé est dominé par *Loudetia togoensis*, *Andropogon ascinodis* et *Pennisetum pedicellatum*.

L'extrême nord du bassin (dans la région du Nord) abrite une végétation typique sahélienne faite de savane arbustive, de forêts-galeries et d'épineux.

Au niveau du Banifing, les sols exondés portent une savane arborée plus ou moins dégradée et faite en majeure partie de néré, de karité et de caïlcédrat. Les zones partiellement ou en permanence inondées portent une végétation arbustive avec un tapis herbacé important. Le Banifing n'abrite aucune forêt classée.

La végétation est associée à de nombreuses forêts et zones humides d'intérêts écologiques, culturels et touristiques importants, au nombre desquels on peut citer :

- la mare aux hippopotames (classée réserve de biosphère par l'UNESCO en 1987) et la mare aux crocodiles de Sabou (site sacré) ;
- la Forêt galerie de la Guinguette (sous-bassin du Kou), la mare aux Hippopotames (Mouhoun supérieur) de Satiri et le cône d'épandage de Banh (Sourou) ;
- des forêts classées dont environ 62 317 ha sont aménagées ou en voie de l'être dans la région de la Boucle du Mouhoun, 76 000 ha dans la région des Hauts-bassins et 71 000 ha dans la région du Sud – Ouest ;
- La forêt classée du Sourou (dernière zone naturelle classée de la vallée) ;
- La concession de petite chasse de la Mou dans la Commune rurale de Koumbia (région des Hauts-bassins), d'une superficie de 34 000 ha ;

- La concession de petite chasse de Sa-Sourou dans la Boucle du Mouhoun (20 000ha)

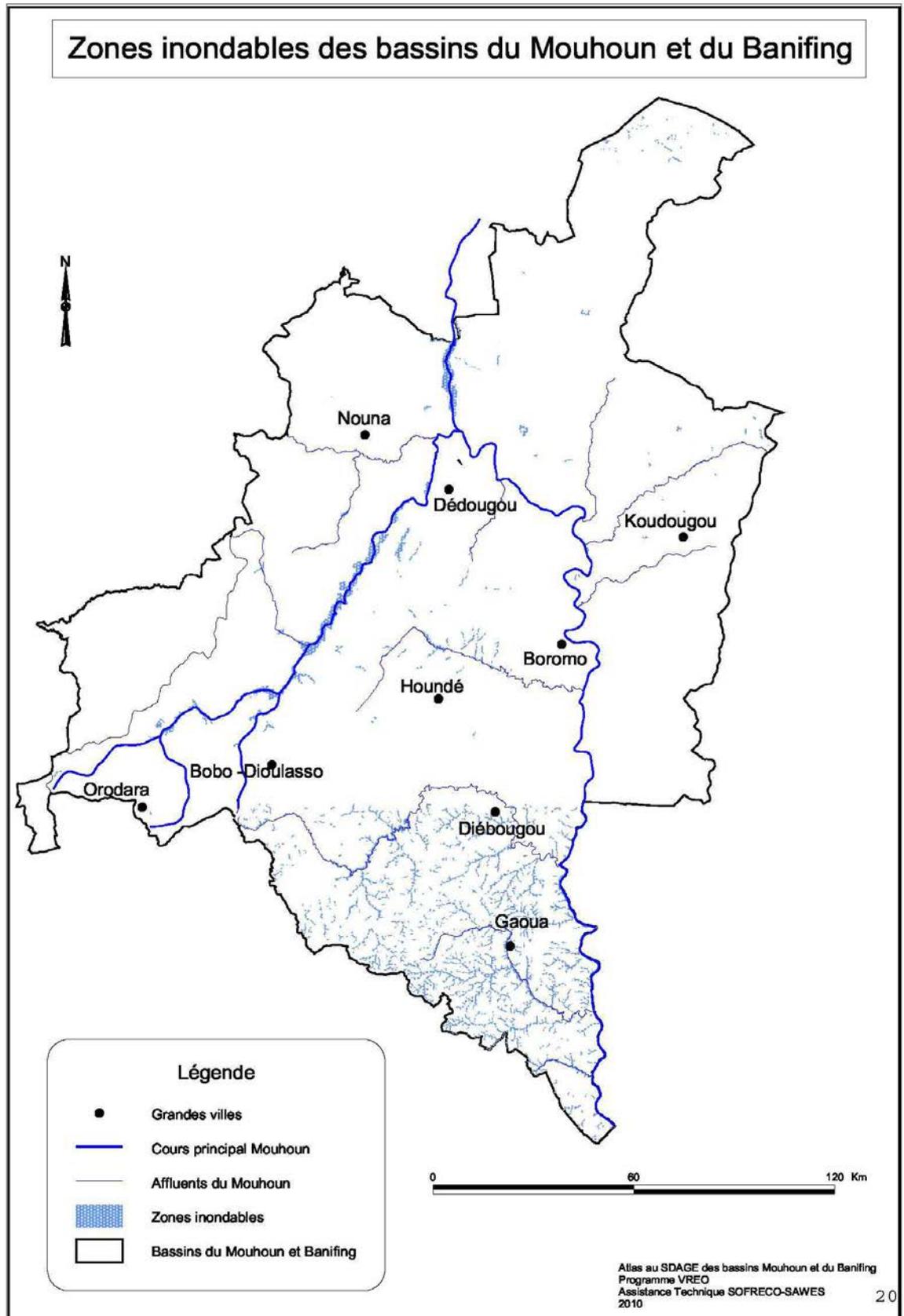


Figure 6: Zones inondables du bassin du Mouhoun et du Banifing

La végétation assure de nombreuses fonctions économiques et vitales aussi bien pour les humains que pour le cheptel domestique comme sauvage. Elle sert en particulier de source d'alimentation, de soins, d'abris et de lieux de reproduction pour la faune notamment aviaire et animale sauvage mais en plus, elle joue à travers les tapis herbacés, un rôle de filtre qui réduit fortement l'érosion hydrique et éolienne tout en améliorant l'infiltration des eaux de pluie. Elle produit également une biomasse essentielle à même de contribuer au développement d'une agriculture assise sur le patrimoine naturel.

Cet important capital dont bénéficie encore le bassin, reste insuffisamment protégé et fragilisé aussi bien par les activités anthropiques que par la dégradation du climat malgré les efforts fournis jusque là pour sa préservation (14 900 ha de sites antiérosifs aménagés soit environ à 0,5% des superficies agricoles utiles).

#### **III.2.4 Données climatiques**

Le bassin du Mouhoun est couvert par trois zones climatiques :

- La zone sud soudanien, avec une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 1.000 et 1.300 mm, une saison des pluies de 6 à 7 mois, et des amplitudes thermiques modérées. Cette zone concerne les groupements de sous-bassins du Mouhoun inférieur et du Mouhoun supérieur ;
- La zone nord soudanien, avec une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 1.000 et 700 mm, et une saison des pluies de 4 à 5 mois. Cette zone concerne le groupement de sous-bassins du Moyen Mouhoun ;
- La zone sud sahélien, avec une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 700 et à 600 mm, une saison des pluies de 3 à 4 mois, une forte évaporation, et des amplitudes thermiques très fortes. Cette zone concerne la partie nord du bassin du Sourou.

Le bassin du Mouhoun est situé entre les isohyètes 600 et 1.300 mm. La pluie interannuelle calculée depuis l'origine jusqu'en 2004 est estimée à 1.000 mm.

La température moyenne annuelle dans le bassin du Mouhoun est de 28 ° C, avec un minimum de 27 et un maximum de 29.

L'humidité relative interannuelle est de 55 %, avec un minimum de 25 % en janvier et un maximum de 81 % en août. La tension de vapeur interannuelle est de 21,7 millibars, avec un minimum de 8,5 millibars en janvier et un maximum de 26 millibars en août

L'évaporation et l'évapotranspiration sont des pertes d'eau sous forme de vapeur d'eau se produisant au niveau des nappes d'eau libres, des lacs, des cours d'eau, des mares, des barrages et aussi par la transpiration des végétaux.

L'évaporation moyenne annuelle (Ev) sur bac classe A dans le bassin du Mouhoun est de 2.670 mm avec un minimum de 1.800 mm et un maximum de 3.500 mm. L'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle (ETP) selon Penman est de 1980 mm, avec un minimum de 1.500 mm et un maximum de 2.500 mm.

La durée moyenne de l'insolation dans le bassin du Mouhoun est de 8 h par jour, avec un minimum 6 h en août et un maximum de 9 h en novembre. La vitesse moyenne du vent dans le bassin du Mouhoun est de 2,7 m / s, avec un minimum de 1,8 m / s en septembre et un maximum de 3,5 m / s en mai.

### **III.3 Géographie physique de la Comoé**

#### **III.3.1 Présentation générale du bassin.**

Le bassin de la Comoé a une superficie de 17.590 km<sup>2</sup>, couvrant tout ou partie des provinces de la Comoé, de la Léraba, du Kéné Dougou, du Houet et du Poni. Il est encadré par les latitudes 9° 35' N et 11° 05' N et les longitudes 3° 30' W et 5° 30' W. Il est constitué de cinq (05) sous-bassins principaux qui sont :

- ✓ La Comoé : 9.800 km<sup>2</sup>,
- ✓ La Léraba : 4.288 km<sup>2</sup>,
- ✓ Le Kodoun : 1.117 km<sup>2</sup>,
- ✓ Le Baoulé : 1.555 km<sup>2</sup>,
- ✓ L'Iroungou : 830 km<sup>2</sup>.

Un cours d'eau qui sert de frontière naturelle entre le Burkina Faso et la Côte d'Ivoire sur plus de 373 km et qui met à l'ordre du jour, la nécessité d'ouvrages communs

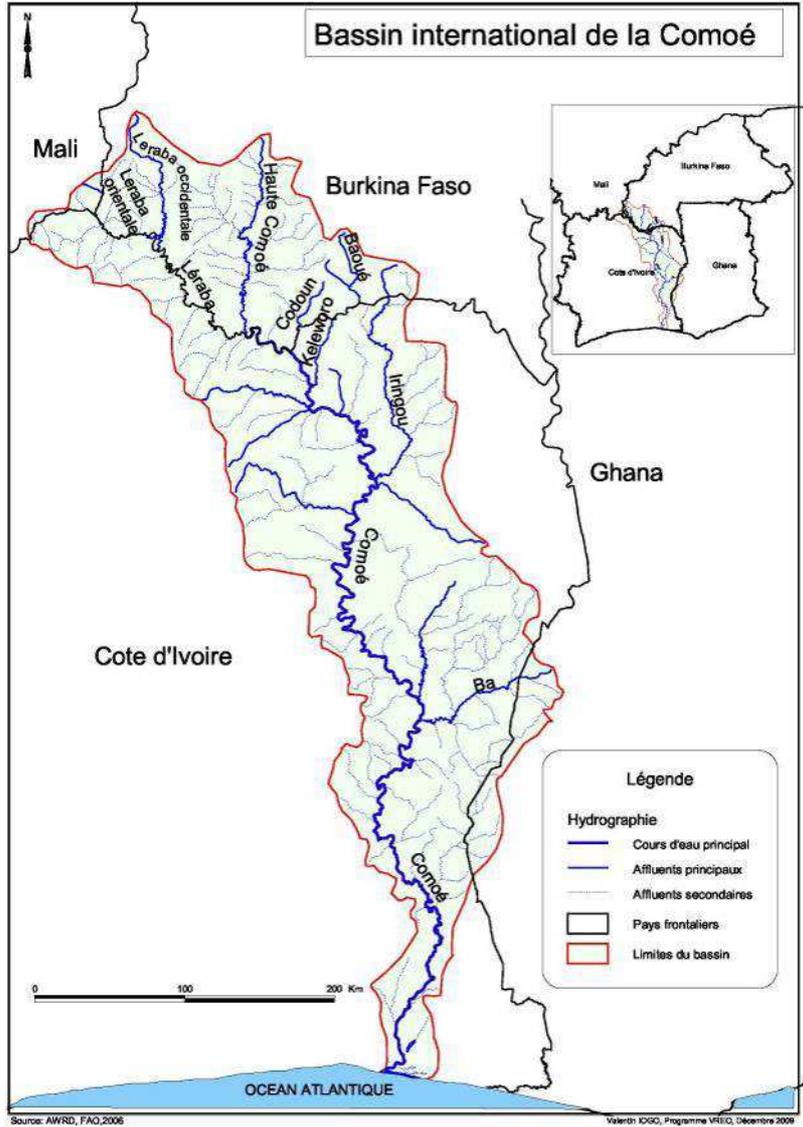
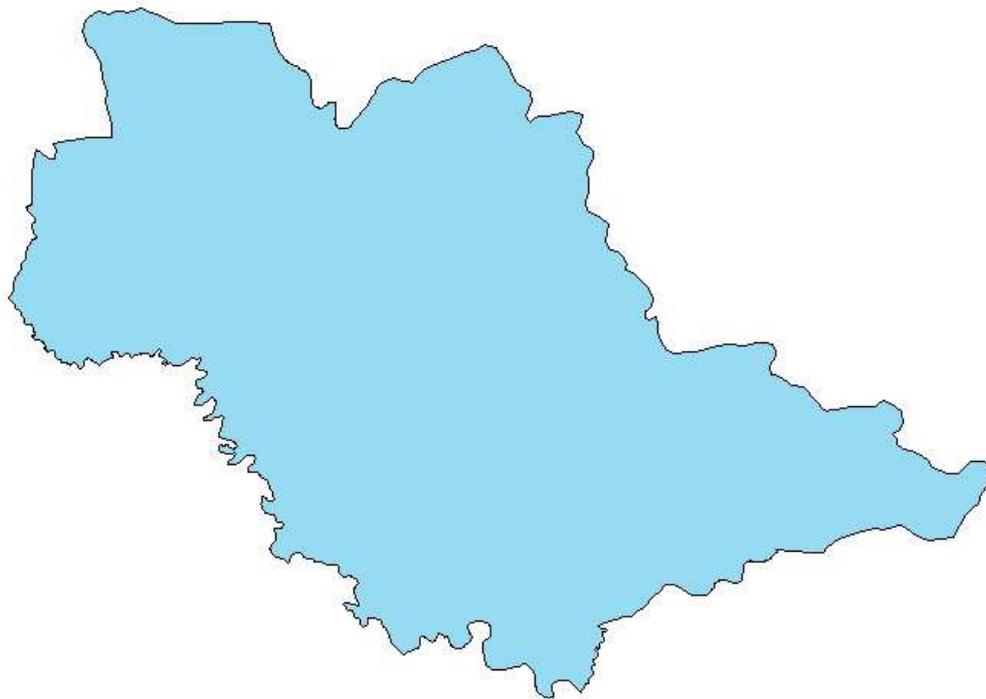


Figure 7: Bassin international de la Comoé

# Bassin hydrographique de la Comoé



## Légende

 Bassin de la Comoé

0 20 40  
 Kilometers

Source: Programme CI RE

Etudes des sources des Bassins  
du Mouhoun et de la Comoé  
COWI: Consultant National

Figure 8: Bassin national de la Comoé

### III.3.2 Hydrographie du bassin de la Comoé

La Comoé est un cours d'eau partagé en grande majorité par la Côte d'Ivoire et le Burkina Faso et dans une très moindre mesure par le Mali et le Ghana. Elle prend sa source au Burkina Faso et draine au total un bassin d'environ 95 590 km<sup>2</sup> occupé à près de 79,29% par la Côte d'Ivoire, 18,39% par le Burkina Faso, 1,98% par le Ghana et 0,43% par le Mali.

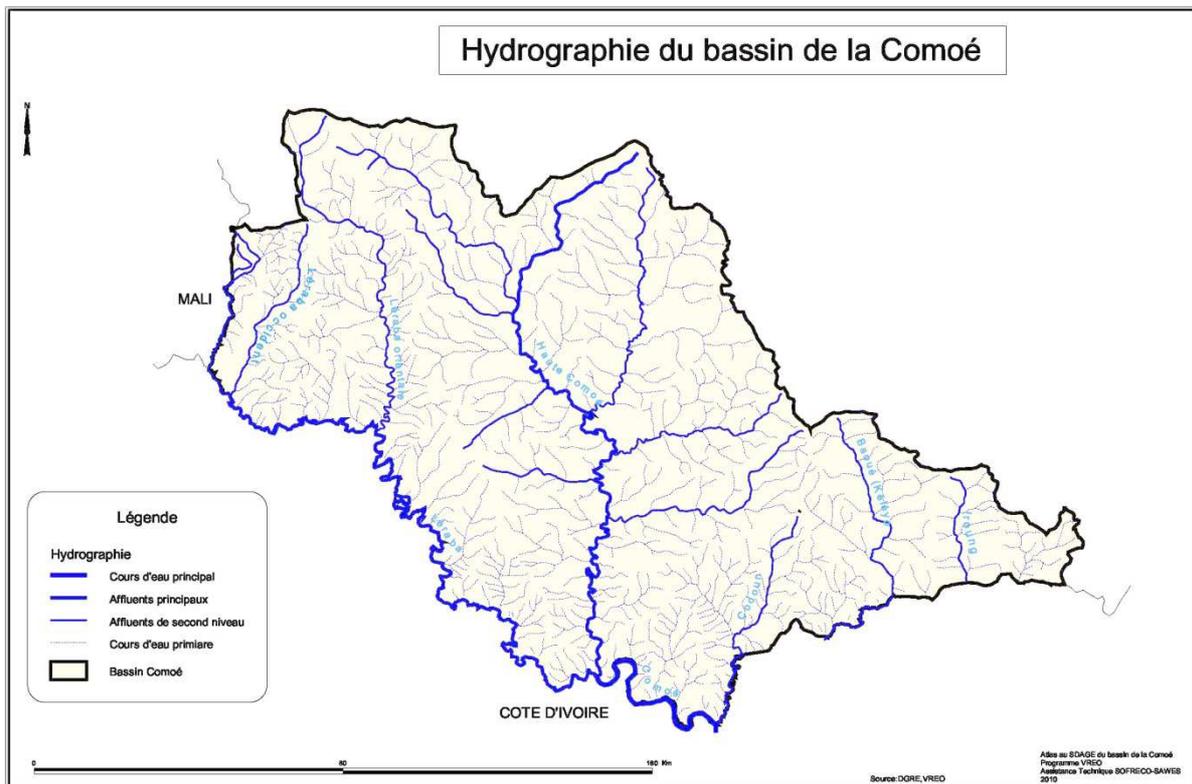


Figure 9: Réseau hydrographique de la Comoé

Le bassin de la Comoé a de ce fait, cette particularité de bénéficier à la fois d'une configuration administrative locale simple au Burkina Faso (la région des Cascades principalement et marginalement celles du Sud-Ouest et des Hauts-Bassins) et au niveau sous-régional d'un espace géopolitique également simple du point de vue de la coopération inter-Etats en matière d'eau (la Côte d'Ivoire principalement et marginalement avec le Mali et le Ghana).

La deuxième particularité du bassin est qu'au Burkina Faso, il sert de frontière avec la Côte d'Ivoire sur environ 450 km (environ 77% de la totalité

de la frontière Côte d'Ivoire-Burkina Faso) dont 373 km soit 84%, sont naturellement délimités par le cours de la Comoé. Son affluent burkinabé, la Léraba sert également de frontière commune sur près de 24 km soit 55% de la totalité de la frontière du bassin avec le Mali.

### **III.3.3 Données climatiques**

Le bassin de la Comoé est, selon le découpage phytogéographique fait par Fontès et Guinko (1995), dominé par l'influence du climat de type Sud-soudanien, caractérisé par deux grandes saisons: une saison humide d'avril à octobre et une saison sèche de novembre à mars. A l'intérieur de ces deux grandes saisons, il existe de petites variations climatiques qui sont une période fraîche (décembre à février); une période chaude (mars à mai); une petite période fraîche (juin à septembre) ; une petite période chaude (septembre à novembre). Les températures moyennes annuelles sont de 34,44°C pour la moyenne maximale et de 22,43°C pour la moyenne minimale. Soit une amplitude thermique de 12,01 pour l'année 2005. Pour la même année 2005 la pluviométrie était de 843,12 mm. Durant les dix dernières années (2003 à 2012), un maximum de 1359,7 mm a été enregistré en 2006 et un minimum de 648,2 mm enregistré en 2009. La vitesse du vent est estimée à 72,4 km/h, l'évaporation de 6,9 et l'humidité relative interannuelle est de 55 %, avec un minimum de 25 % en janvier et un maximum de 81 % en août. La tension de vapeur interannuelle est de 21,7 millibars, avec un minimum de 8,5 millibars en janvier et un maximum de 26 millibars en août selon la direction nationale de la météorologie. La figure 10 montre la variation de la pluviométrie durant les dix dernières années.

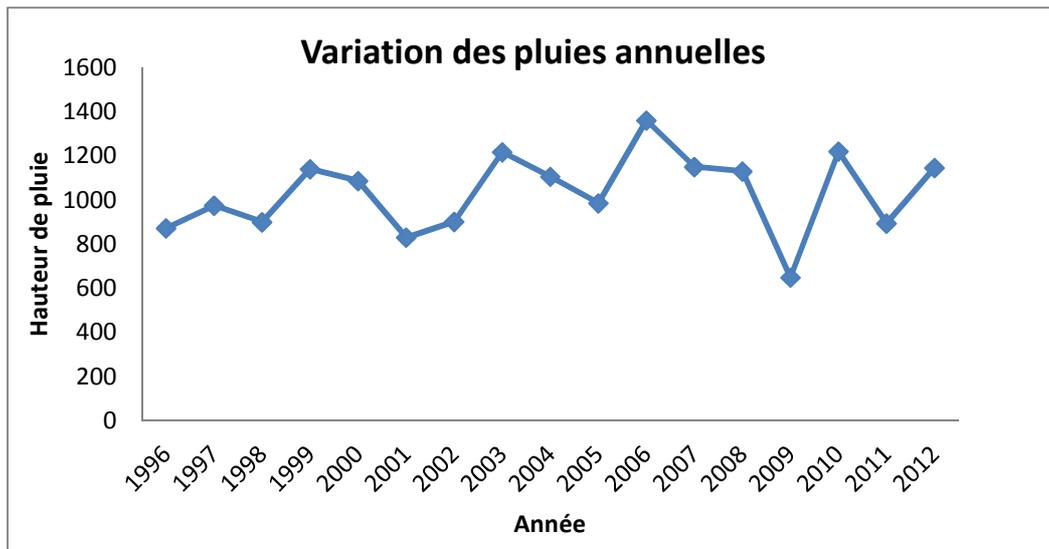


Figure 10: Variations des pluies annuelles au cours des dix dernières années

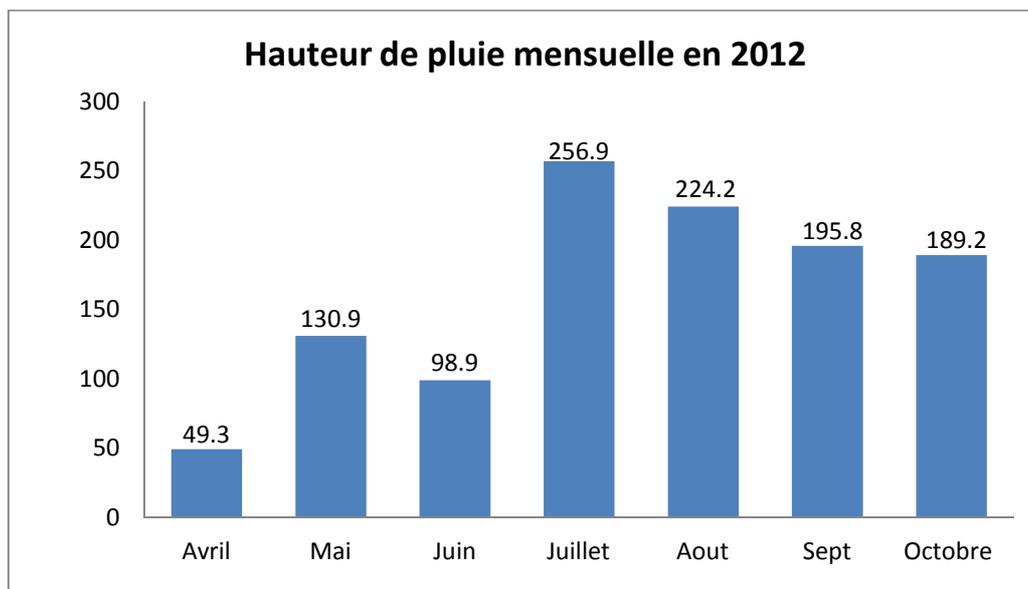


Figure 11: Variations des pluies pour l'année 2012

### III.3.4 Relief - sols - végétation - faune

#### III.3.4.1 Le relief

La partie nord du bassin de la Comoé a une altitude comprise entre 400 et 749 m. C'est dans cette zone que se trouvent la falaise de Banfora et les chutes de Karfiguéla ainsi que celles de Tourni, le point le plus culminant du Burkina, le Téna Kourou avec 749 m d'altitude. La partie sud, constituée

d'une vaste plaine, présente un relief plus monotone. La pente moyenne y est faible (0,70 m/km), et l'altitude est généralement inférieure à 400 m. Le point le plus bas est atteint sur le Kodoun, à la sortie du territoire burkinabè, avec 215 m d'altitude.

#### **III.3.4.2 Les sols**

La superficie agricole utile (SAU) du bassin de la Comoé est estimée à 586.000 ha occupés à 75 %. On a recensé sept (07) types de sols dans le bassin de la Comoé qui se sont développés sur les différents terrains géologiques compte tenu du climat et du relief :

- Les sols minéraux bruts et les sols peu évolués d'apport, très caillouteux et peu profonds, n'ont pratiquement aucun intérêt agronomique. Superficie couverte ;
- Les vertisols, de couleur noire, sont intéressants pour l'agriculture, mais ils nécessitent généralement une mécanisation et l'emploi de pratiques culturales spécifiques pour pouvoir être travaillés. Superficie couverte;
- Les sols bruns tropicaux ont une bonne fertilité chimique mais se développent souvent sur des terrains en pente ; ce qui limite leur intérêt pour une mise en culture à grande échelle. Superficie couverte ;
- Les sols ferrugineux, de couleur rouge, ont besoin d'engrais et d'amendements organiques pour présenter une bonne structure et améliorer leur fertilité. Superficie couverte ;
- Les sols ferralitiques sont profonds, mais ont une faible fertilité. Ils sont intéressants lorsqu'on leur apporte de la fumure organique, mais reste très sensible à l'érosion. superficie couverte ;
- Les sols hydromorphes qui se développent en présence d'un excès d'eau permanent ou temporaire. Ils sont généralement riches en matières organiques et très fertiles pour les plantes résistantes à la submersion telles que le riz. Cependant, les horizons supérieurs peuvent manquer de structure et se révéler difficiles à travailler. Ils

donnent alors des sols plastiques à l'état humide et très durs à l'état sec.

### III.3.4.3 La végétation

De la partie nord jusqu'à Banfora, on distingue trois grandes formations végétales. Elles correspondent à une différenciation dans la nature des sols où la géomorphologie joue un rôle important :

- Sur les sommets gravillonnaires à blocs de cuirasses plus ou moins nombreux, ou sur les zones d'affleurements existe une végétation arbustive composée notamment de *Combretum Glutinosum*, *Gardenia Sobotensis*, *Vitex Cuneata* et d'espèces du genre *Terminalia* et *Diospyrus* ;
- Les glacis et les interfluves cultivés constituent avant tout le domaine de la rônieraie. Avec le palmier rônier (*Borassus Flabellifer*), on trouve quelques autres arbres tels que *Parkia Biglobosa*, *Kaya Senegalensis*. Là où le rônier est absent, le karité (*Butyrospermum barkii*) apparaît, parfois en association avec les autres espèces arbustives dans les zones qui n'ont pas été mises en culture, notamment au nord de Bérégadougou près du barrage de Bodadougou. Sur les quelques jachères existantes se développent des graminées : *Andropogon Gayanus* et aussi des arbustes du genre *Anagéisus*. Toutes les terres de culture sont colonisées par *imperata Cylindrica* qui multiplie ses rhizomes dans les horizons sableux superficiels ;
- Les plaines temporairement inondées sont vidées d'arbres car les rôniers ne s'y développent pas. Elles sont recouvertes d'une végétation herbacée essentiellement à base de graminées : *Andropogon Calvescens*, *Andropogon Amplectens*, *Loudetia Phragmitoïdes*, *Phargmites Vulgaris*. Dans les zones marécageuses, les cypéracées deviennent très nombreuses puis les nymphéacées bordent les lacs.

De Banfora à l'exutoire, on passe progressivement à une forêt claire où les arbres deviennent de plus en plus grands et développés ; c'est la forêt de savane. Dans cette région, le long des cours d'eau, on rencontre des galeries forestières plus ou moins intermittentes, larges de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres, qui doivent leur existence aux conditions d'humidité analogues à celles de la forêt elle-même.

Cette végétation abondante du bassin versant subit largement l'action de l'homme qui exploite les zones susceptibles d'être cultivées. Il existe cependant des forêts classées : ce sont les forêts classées de Babolo, de Koflandé, de Bérégadougou, du Boulon, de Kongouko, de Diéfoula, de Niangoloko, de Bounouna, de Péni, de Toumousséni, de Folonzo, de Yendéré, de Koba, de Léraba et de Warigué. Il est à noter qu'à côté des essences naturelles, les services forestiers ont introduit des essences exotiques comme le teck, l'eucalyptus, le gmelina et le neem. Ils ont également encouragé la création de forêts villageoises de 1949 à 1962 d'une superficie totale de 192 ha environ.

#### **III.3.4.4 La faune**

Dans les cours d'eau, les lacs et les retenues d'eau artificielles on trouve de nombreuses espèces de poissons, des hippopotames et des crocodiles. Les forêts classées renferment de nombreux grands mammifères : cynocéphales, phacochères, cobes de Buffon, hippotraques, lions, etc.

#### **III.3.4.5 L'occupation des sols du bassin**

Les sols du bassin étaient structurés en 1992 comme suit (voir détail au tableau n°02) :

- les savanes (arbustives, arborées, herbeuses) et les forêts naturelles (galerie, claire ...) occupaient 71,68% du bassin ;

- les aires d'activités agricoles (périmètres irrigués, plantations agricoles, rizières, vergers, cultures pluviales...) occupaient 10,78% dont 9,63% de champs de culture pluviale ;
- les plans d'eau naturels et artificiels occupaient 0,12% ;
- les habitats et autres infrastructures structurantes occupaient 17,42% dont 0,11% d'habitat rural.

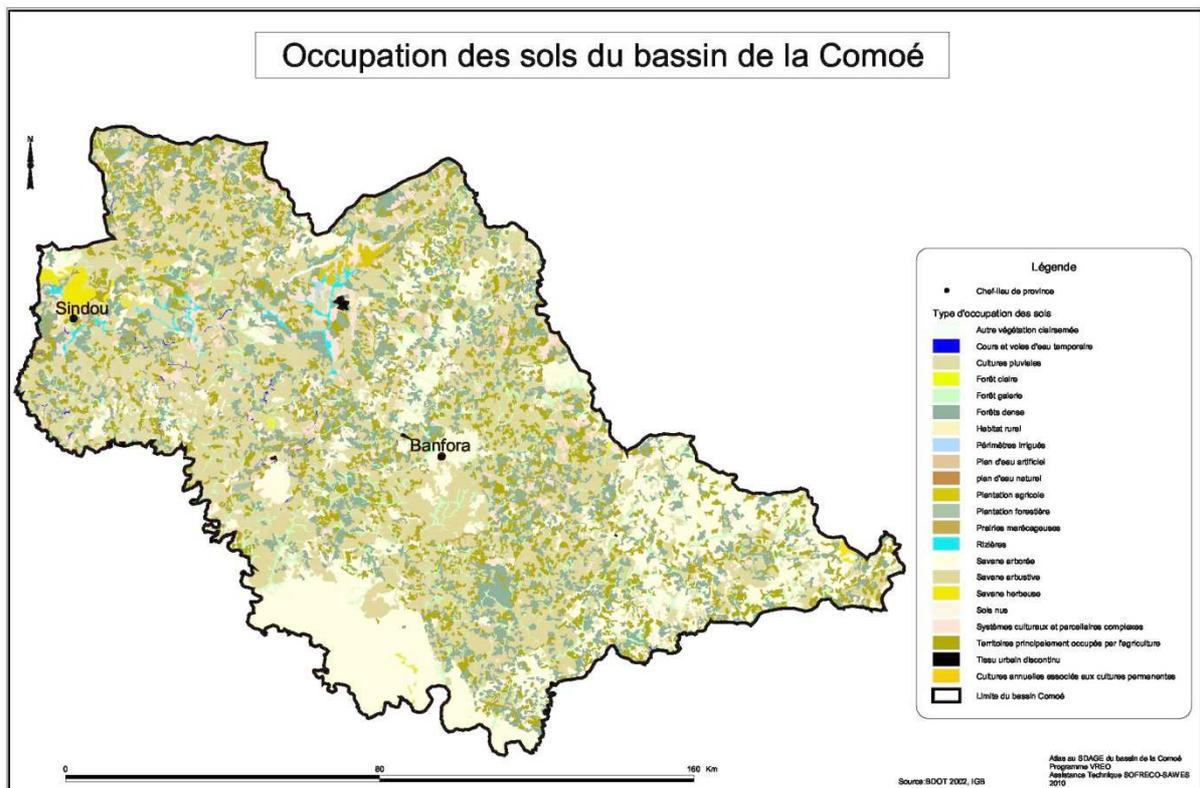


Figure 12: Occupation des sols du bassin de la Comoé

En 2002 soit 10 ans après, les savanes et les forêts naturelles (savane herbacée exceptée) ont reculé de près 19,67% soit près de 2% par an tandis que les espaces réservés aux activités anthropiques ont augmenté de 27,74% soit près de 2,8% par an. Les champs pluviaux en particulier, ont augmenté de 29,74% et les superficies des vergers (bien qu'encore modestes : 2 000 ha) ont été multipliées par 10 pratiquement.

Tableau n°02 : Etat d'occupation des sols du bassin de la Comoé

Nomenclature	Sup 1992 (Km <sup>2</sup> )	Sup 2002 (Km <sup>2</sup> )	Différence	Pourcentage	Evolution/an	Tendance
Savane arbustive	6 229,39	4 420,47	- 1 808,92	-29,04%	-2,90%	recul
Savane arborée	4 951,04	4 328,58	- 622,46	-12,57%	-1,26%	recul
Forêt galerie	1 211,05	1 201,29	- 9,76	-0,81%	-0,08%	recul
Forêt claire	4,83	4,24	- 0,60	-12,33%	-1,23%	recul
Autre végétation	18,12	18,12	- 0,01	-0,03%	0,00%	recul
Périmètres irrigués	3,95	3,95	-	0,00%	0,00%	nul
Plantation agricole	50,51	50,51	-	0,00%	0,00%	nul
Plantation forestière	7,31	7,31	-	0,00%	0,00%	nul
Rizières	138,75	143,26	4,52	3,26%	0,33%	Augmentation
Vergers	2,25	20,02	17,77	791,71%	79,17%	Augmentation
Cultures pluviales	1 694,46	2 198,41	503,95	29,74%	2,97%	Augmentation
Plan d'eau naturel	0,21	0,21	-	0,00%	0,00%	nul
Plan d'eau artificiel	21,26	21,71	0,45	2,12%	0,21%	Augmentation
Prairies marécageuses	49,05	50,20	1,15	2,34%	0,23%	Augmentation
Savane herbeuse	143,76	145,24	1,47	1,03%	0,10%	Augmentation
Habitat rural	20,18	22,78	2,60	12,90%	1,29%	Augmentation
<b>Autres (villes, routes...)</b>	<b>3 043,91</b>					

Tableau I: Tableau d'occupation des terres du bassin de la Comoé

Les cartes (BDOT 1992 et 2002) montrent une tendance d'évolution «positive à très positive» encore dominante de la végétation avec toutefois quelques rares poches de tendance d'évolution très négative à négative dans les parties nord-est de la Comoé et sud-est de la Léraba (1992 à 2000). Cela traduit une dynamique de régression des ressources forestières bien amorcée.

Malgré ces tendances, et des potentialités ligneuses appréciables, de réels risques physiques et anthropiques de dégradation des sols du bassin existent. Ces risques sont jugés :

- faibles à moyens dans la Léraba ;
- moyens à élevés avec quelques poches à risque faible dans la Comoé ;
- faibles à moyens dans le Poni ;
- élevés dans le Kéné Dougou.

Bassins hydrographiques	Sous- bassins	Superficie en km <sup>2</sup>	Niveau de dégradation des terres
<b>Comoé</b>	Haute Comoé	9 800 <sup>5</sup>	Très faiblement dégradé
	Léraba	5 024	Très faiblement dégradé
	Kodoum	1 117	Très faiblement dégradé
	Baboué	1 555	Très faiblement dégradé
	Iroungou	830	Très faiblement dégradé
	<b>Total Comoé</b>	<b>17 590</b>	

Tableau II: Etat de dégradation physique du bassin de la Comoé

Source : MECV/CONEDD : REEB2 – 2007

## IV Contexte géologique et géologie

### IV.1 Contexte géologique général

Le Burkina Faso est constitué par les formations précambriennes du craton Ouest africain. On distingue trois types de formations (Fig.2) :

- Un socle cristallin et cristallophyllien couvrant la majeure partie du territoire et appartenant au paléoprotérozoïque ;
- Une couverture sédimentaire tabulaire confinée aux limites Ouest, Nord et Sud-Est du pays et appartenant au néoprotérozoïque et paléozoïque inférieur ;
- Des formations cénozoïques terrigènes du Continental Terminal réduites aux extrémités Nord-Ouest et Est.

#### ➤ Le Socle paléoprotérozoïque

Il est constitué :

<sup>5</sup> (9 800) : superficie donnée par le Programme RESO ; ces valeurs donnent un total de 18 326 km<sup>2</sup> pour la Comoé. Les superficies exactes des différents sous-bassins restent imprécises et nécessitent une meilleure détermination. En effet selon les données du programme RESO, la Comoé aurait une superficie de 18 326 km<sup>2</sup> contre 17 590 km<sup>2</sup> donnée dans l'Etat des lieux du programme GIRE.

- de formations volcaniques, volcano-sédimentaires et plutoniques du birimien organisées en ceintures globalement orientées NNE-SSW. Ces formations sont affectées par un métamorphisme de faciès schiste vert et localement de faciès amphibolite (à andalousite, sillimanite, grenat). Elles s'étageraient de 2238 Ma à 2170 Ma (Castaing C. et *al.*, 2003) ;
- de granitoïdes formant de vastes domaines entre les ceintures birimiennes et qui s'organiseraient en deux grands ensembles (Castaing C. et *al.*, 2003) :
  - ✓ Un ensemble tonalitique constitué de granodiorite, de tonalite et diorite à quartz, parfois rubanée et foliée à structure gneissique. Cet ensemble se serait mis en place depuis 2210 Ma jusqu'à 2100 Ma de manière quasi continue ;
  - ✓ Un ensemble granitique constitué de granite à biotite et /ou amphibole, de granite porphyroïde à biotite, de granite hétérogène rubané, de granite alcalin et syénite. Cet ensemble serait intrusif dans l'ensemble tonalitique et les ceintures birimiennes et se serait mis en place entre 2150 Ma et 2130 Ma, entre 2117 Ma et 2035 Ma, puis entre 1889 Ma et 1819 Ma.

➤ La Couverture sédimentaire

Elle est discordante sur le socle paléoprotérozoïque. A l'Ouest et au Nord du pays, elle correspond à la bordure SE du vaste synéclise de Taoudéni centré sur le craton ouest-africain. Au Sud-Est du pays, elle correspond à l'extrémité Nord du bassin des Voltas.

Il s'agit d'une sédimentation principalement détritique de milieu marin peu profond avec de rares intercalations de sédiments fluviatiles.

La sédimentation débiterait dans l'ensemble depuis 1000 Ma environ jusqu'au Cambrien.

➤ Le Continental Terminal

Au Nord-Ouest du Burkina Faso, ce sont les formations fluvio-lacustres de la plaine du Gondo qui reposent en discordance sur la couverture néoprotérozoïque. Dans l'extrémité Est, ces formations reposent directement sur le socle paléoprotérozoïque ; très réduites dans cette région, elles se prolongent au Niger où elles forment de vastes plateaux subhorizontaux.

#### **IV.1.1 Contexte géologique de la zone d'étude**

La zone d'étude est située à l'Ouest et au Sud-Ouest du Burkina Faso. Elle couvre une superficie d'environ 110 000 Km<sup>2</sup> subdivisée en deux domaines grossièrement d'égale superficie :

- un domaine constitué par les formations sédimentaires de la couverture néoprotérozoïque, paléozoïque et cénozoïque.
- un domaine constitué par les formations du socle paléoprotérozoïque. Il est caractérisé par les terrains volcaniques, volcano-sédimentaires et plutoniques formant les ceintures birimiennes de Loumana, Banfora, Houndé et Boromo. Entre ces ceintures, affleurent les vastes batholites de granitoïdes éburnéens du massif de Soubakaniédougou-Niangoloko, Mangodara-Sidéradougou et Diébougou-Kampti.

### **IV.2 Géologie**

#### **IV.2.1 Géologie du Bassin du Mouhoun**

Le bassin du Mouhoun comporte deux grands ensembles géologiques qui sont le bassin sédimentaire et le socle cristallin et qui le longent du sud-ouest au nord-ouest.

Les formations cristallines sont diversement constituées de roches à dominantes granito-gneissique ou migmatique, schisto-gréseuse ou volcano-sédimentaire, couvrant au total une superficie d'environ 57 000 km<sup>2</sup> soit 62,6% du bassin et (ii) les formations sédimentaires couvrant environ 34 000 km<sup>2</sup> soit 37,4% du bassin.

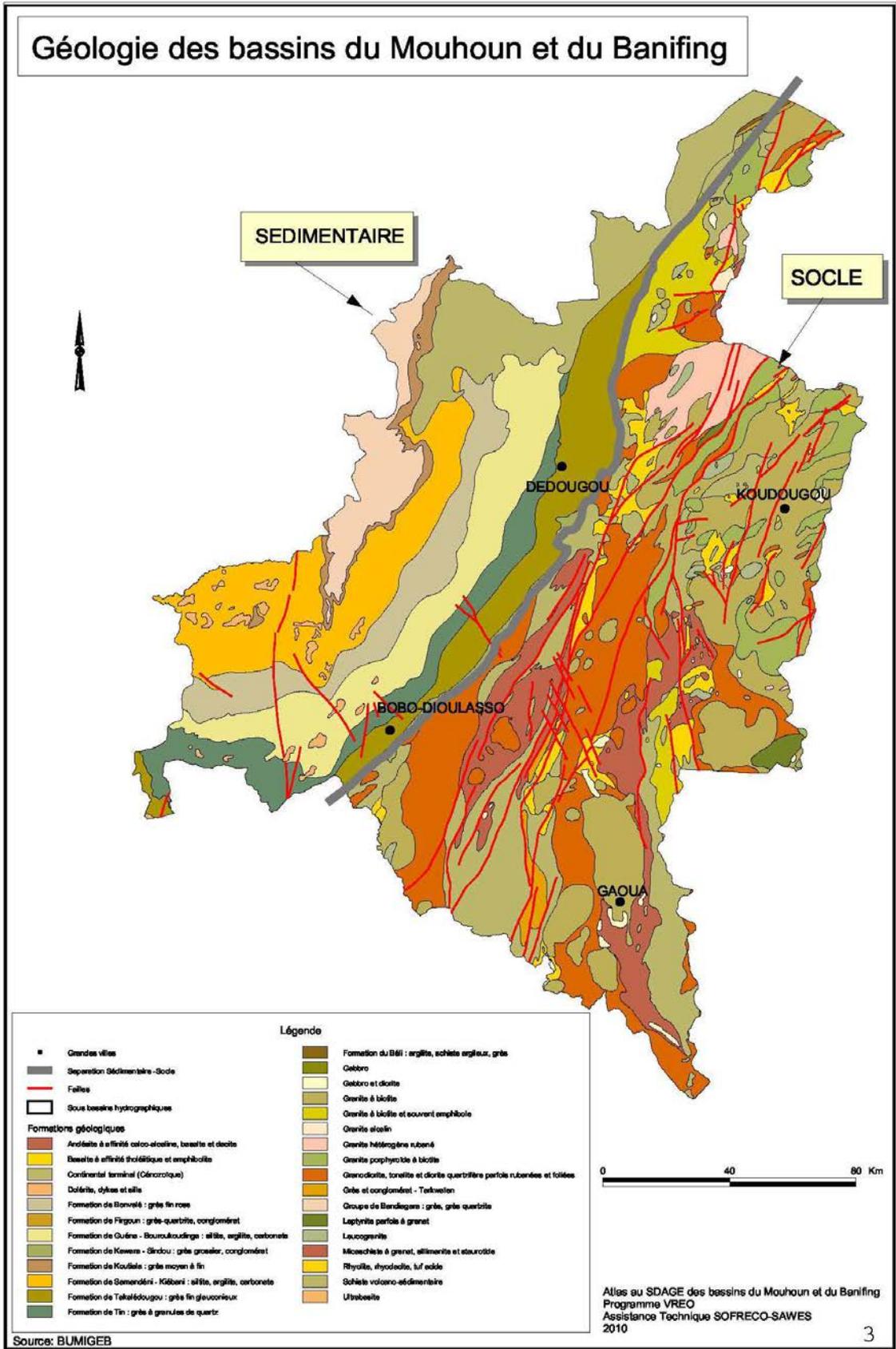
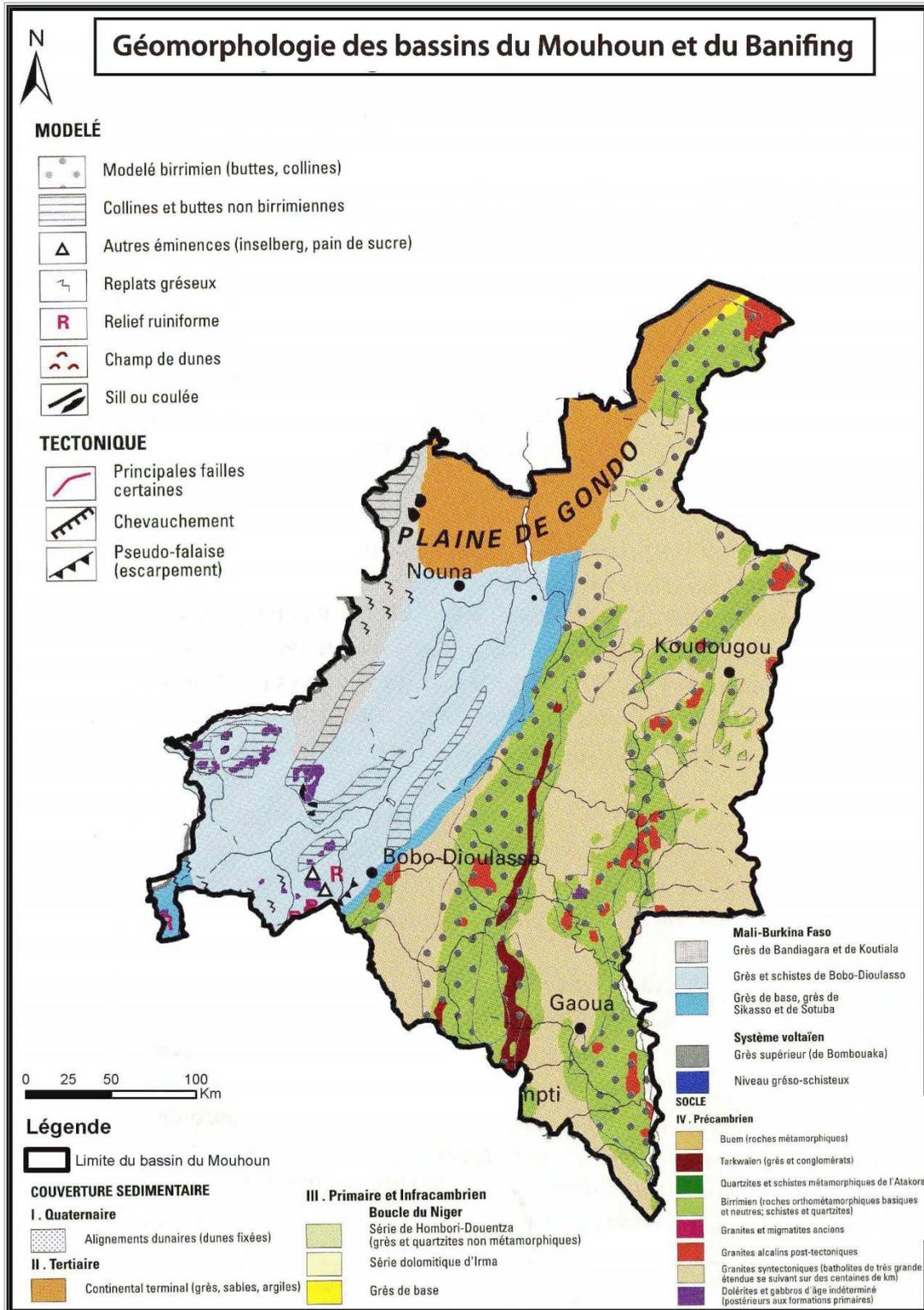


Figure 13: Géologie des bassins du Mouhoun et du Banifing

Sur le plan géomorphologique, le bassin est marqué par un relief en général plat mais accidenté par endroit notamment au niveau du Mouhoun supérieur et de la partie sud du Mouhoun inférieur. Il génère localement des falaises, des cascades, des collines, des pénéplaines et de plateaux gréseux qui offrent sous réserve d'étude approfondie, des conditions assez favorables à la mobilisation des eaux de surface au moyen de grands ouvrages structurants. Le point le plus bas est à 275 mètres et le point plus haut culmine à 733 mètres d'altitude.



Source: Atlas du Burkina Faso, 2005

Programme VREO, Janvier 2010

Figure 14: Géomorphologie des bassins du Mouhoun et du Banifing

#### IV.2.2 Géologie du Bassin de la Comoé

Une géologie marquée à 84% par des roches cristallines à faible potentialité en eau souterraine, et à seulement 16% par une portion du plus important bassin sédimentaire du pays, offrant en général, des nappes d'eau souterraine à fortes potentialités hydrauliques souterraines.

12

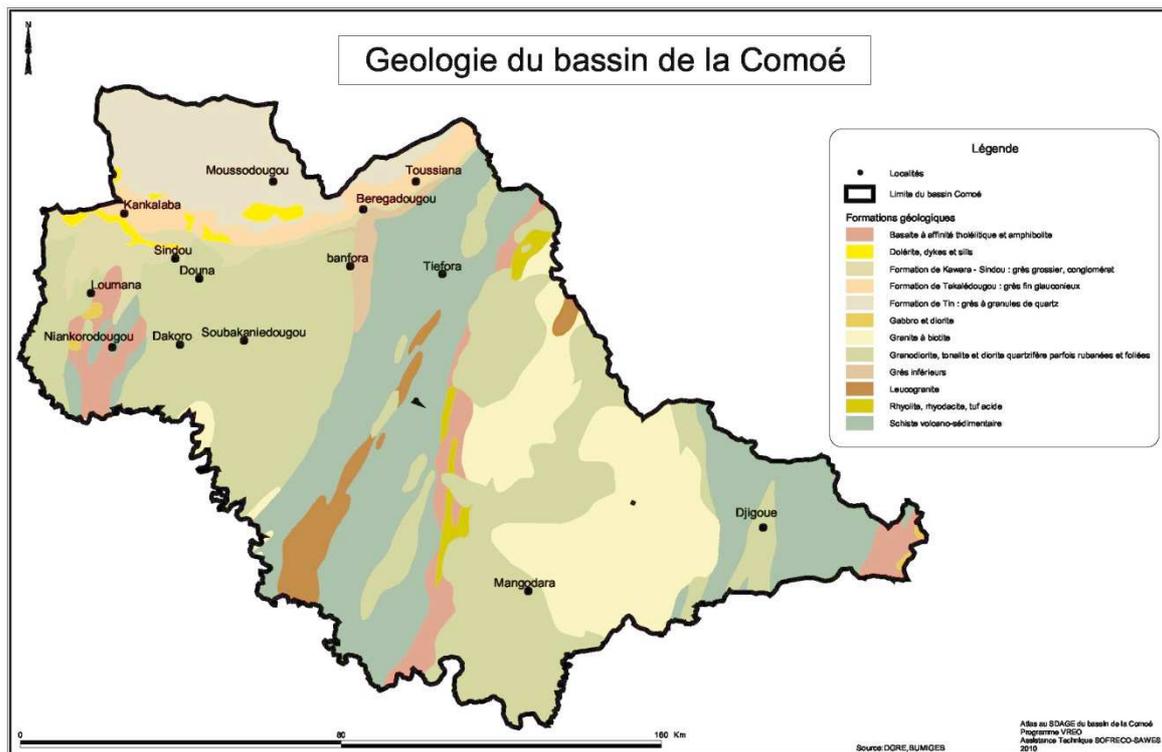


Figure 15: Géologie du bassin de la Comoé

Deux grandes formations géologiques structurent le bassin de la Comoé au Burkina Faso :

Les formations cristallines qui sont largement prédominantes, sont diversement constituées de roches à dominantes granito-gneissique ou migmatique, schisto-gréseuse ou volcano-sédimentaire. Elles occupent les parties centrales et sud du bassin sur une superficie d'environ 15 778 km<sup>2</sup> soit 84% du bassin.

Les formations sédimentaires dans lesquels se sont logés des filons de dolérite, couvrent 16% du bassin soit 2 812 km<sup>2</sup>. Elles constituent la bordure sud du bassin sédimentaire de l'ouest burkinabé et sont formées des Grès de Kawara-Sindou (GKS), des Grès à Granule de Quartz (GGQ), des Grès Fin Glauconieux (GFG), des Grès Inférieur (GI) et de Filons de dolérite.

## **V Contexte hydrogéologique et Hydrogéologie**

### **V.1 Contexte Hydrogéologique général**

L'hydrogéologie du Burkina est à l'image de sa géologie. Des études sur l'hydrogéologie de socle de différents auteurs, (Savadogo 1984 ; Galbane, 1991 ; Rogoto 1993, Schneider et Zunino 1994), ont permis de distinguer deux grands ensembles hydrogéologiques selon la géologie, la géomorphologie, l'hydrogéologie et les caractéristiques climatiques : un ensemble constitué à 80% de formations cristallines et/ou métamorphiques imperméables. Cet ensemble est caractérisé par une faible épaisseur d'altération donc une potentialité hydraulique assez faible qui peut être localement améliorée par l'existence des réseaux de fractures ; un ensemble à dominante gréseuse et dolomitique du bassin sédimentaire de Taoudéni. Ce dernier constitue un important aquifère continu dans l'Ouest et le Sud-ouest du pays. Les niveaux carbonatés de cet ensemble s'érigent en aquifère potentiel quand ils sont bien fissurés ou karstifiés.

#### **V.1.1 Contexte Hydrogéologique de la zone d'étude**

Les deux grandes unités géologiques (socle et série sédimentaire) ont des caractéristiques hydrauliques différentes, il en résulte une présence et un comportement différent de l'eau souterraine.

Dans le socle, l'eau souterraine est concentrée dans des zones fracturées et dans la zone d'altération ; il n'existe pas une nappe continue. La profondeur maximale où la ressource est trouvée excède rarement 100 m en dessous du

niveau du sol. Les réserves d'eau renouvelables dans le socle et les formations récentes qui le recouvrent sont estimées à 4 milliards de m<sup>3</sup><sup>6</sup>. Le sens d'écoulement des eaux souterraines est dominé par la topographie, et par les extractions éventuelles.

La nappe dans le socle est exploitée par de nombreux puits et des forages équipés surtout de pompes à motricité humaine. Les débits sont généralement faibles, ne dépassant guère les 20m<sup>3</sup>/h.

La série sédimentaire constitue un aquifère plus au moins continu, qui peut être captif suite à la présence locale de couches peu perméables (argilites, schistes). Le sens d'écoulement souterrain épouse les reliefs, qui constituent des zones de recharge de la nappe. Les zones de décharge sont les thalwegs des cours d'eau principaux ; le réseau hydrographique draine les eaux souterraines, ce qui explique les écoulements pérennes.

La série sédimentaire alimente de nombreuses sources avec un débit annuel d'environ 129 Mm<sup>3</sup>, tandis que les forages exploitent à peu près 1,29 Mm<sup>3</sup>/an.

## **V.1.2 Hydrogéologie du bassin du Mouhoun**

### **V.1.2.1 La zone sédimentaire**

L'hydrogéologie de la zone sédimentaire dans le sud-ouest burkinabè est encore mal connue pour les raisons suivantes :

- La structure du bassin fait descendre les couches vers le nord-ouest à des profondeurs pouvant atteindre 3.000 m vers la frontière malienne, profondeurs inaccessibles aux forages généralement réalisés dans la région. Le forage le plus profond connu dans la région a été réalisé à Bobo-Dioulasso vers les années 1960 ; il a atteint 402 m ;

---

<sup>6</sup>déduit de : Programme RESO, 1998i, tableau 4.1, p. 50

- Les coupes de forage sont souvent très succinctes et parfois inexploitable. Elles ont été souvent dressées par des techniciens plus pressés de passer au forage suivant que d'établir des dossiers de forages fiables et consistants ;
- Les paramètres hydrodynamiques tirés des essais de pompage sont souvent sujet à caution pour diverses raisons (erreurs de mesure, développement du forage insuffisant, interprétation douteuse) ;
- Les analyses chimiques complètes sont rares, et quand elles existent, la balance ionique n'est pas souvent dans une fourchette admissible ;
- Le suivi du niveau piézométrique devient impossible, une fois la pompe installée, en l'absence de tube piézométrique ;
- Les données ont purement et simplement disparues pour bon nombre de forages.

○ *Les unités hydrogéologiques*

La zone sédimentaire est composée de couches à forte dominance gréseuse, légèrement inclinées (2 à 3 °) vers le nord-ouest. De bas vers le haut, on a identifié les unités aquifères suivantes :

- Les grés inférieurs (GI) très mal connus car peu de forages le captent. Les quelques forages réalisés sont peu profonds (60 m) et donnent des débits de 10 à 40 m<sup>3</sup> / h et une eau très douce (30 µS / cm) du type bicarbonaté calcique. Son épaisseur varie de 90 à 250 m ; sa superficie d'affleurement est de 180 km<sup>2</sup> ;
- Les grés de Kawara-Sindou (GKS) ; il s'agit d'un aquifère multicouche composé de grés tendres et de grés grossiers. Les quelques forages réalisés sont peu profonds et donnent des débits de 100 m<sup>3</sup> / h et une eau douce (50 à 250 µS / cm) du type bicarbonate calcique avec des teneurs de potassium élevées. Son épaisseur varie de 60 à 350 m, avec une moyenne de 297 m. sa superficie d'affleurement est 1.160 km<sup>2</sup> ;
- Les grés fins glauconieux (GFG) ; selon les données disponibles, cet aquifère fournit des débits d'exploitation de 50 à 80 m<sup>3</sup> / h et une eau de conductivité très faible (5 à 30 µS / cm), acide (pH : 5,3) du type

bicarbonaté calcique riche en silice. Son épaisseur varie de 420 à 500 m, avec une moyenne de 450 m, sa superficie d'affleurement est de 1.890 km<sup>2</sup> ;

- Les grés à granules de quartz (GGQ) du type 1 et 2. Le GGQ 1 fournit une eau de qualité variable : chlorée calcique, chlorée magnésienne ou sulfaté calcique. Le GGQ 2 fournit une eau bicarbonatée calcique. Les GGQ ont fourni autour de Bobo-Dioulasso de gros débits allant jusqu'à 320 m<sup>3</sup> / h en pompage de longue durée, avec un rabattement de 2 m en moins une heure. Son épaisseur varie de 180 à 500 m, avec une moyenne de 410 m. sa superficie d'affleurement est de 4.290 km<sup>2</sup> ;
- Les siltstones-argilites-carbonates (SAC) du type 1 et 2. Le SAC 1 fournit des débits pouvant atteindre 200 m<sup>3</sup> / h. On y trouve plusieurs forages artésiens avec des débits importants (80 m<sup>3</sup> / h). Le SAC 2 fournit des débits plus faibles (5. à 50 m<sup>3</sup> / h); Son épaisseur varie de 200 à 300 m avec une moyenne de 232 m. Sa superficie d'affleurement est de 3.960 km<sup>2</sup> ;
- Les grés fins roses (GFR) ; il s'agit d'un aquifère mis en évidence par les forages réalisés par le Programme RESO. Toutes les données de ces forages ne sont pas encore exploitées, mais des débits importants ont été obtenus. Son épaisseur varie de 100 à 150 m, avec une moyenne de 126 m. sa superficie d'affleurement est de 2.550 km<sup>2</sup> ;
- Les schistes de Toun : ils montrent une alternance irrégulière d'argilites et de siltstones intercalés de bancs carbonatés et gréseux. Ils sont comparables aux SAC, mais s'en différencient par la fréquence d'apparition des argilites, leur finesse granulométrique et la silicification de nombreux bancs carbonatés. Les caractéristiques de cette unité hydrogéologiques sont peu connues. Son épaisseur varie de 250 à 450 m, avec une moyenne de 297 m. sa superficie d'affleurement est de 4.870 km<sup>2</sup> ;
- Les grés de Koutiala et de Fo-Bandiagara ; cet aquifère est mal connu car peu étendu et peu exploité. Les quelques forages réalisés à Fo

donnent des débits modestes (5 à 20 m<sup>3</sup> / h). Son épaisseur varie de 0 à 110 m. sa superficie d'affleurement est de 450 km<sup>2</sup>. .

Le sédimentaire dans le bassin du Mouhoun couvre 11.097 km<sup>2</sup> sur une superficie totale de 91.036 km<sup>2</sup>, soit 12,2 %.

Sous- bassin	BV km <sup>2</sup>	Sédimentaire Km <sup>2</sup>	Pourcentage %
Mouhoun supérieur	20.978	6.425	30,6
Sourou	15.256	4.672	30,6
Moyen Mouhoun	27.312	0	0
Mouhoun inférieur	27.490	0	0
Total	91.036	11.097	12,2

Tableau III: Répartition du sédimentaire dans le bassin du Mouhoun

### V.1.2.2 La zone du socle

#### o Les unités hydrogéologiques

Le socle est constitué de roches très diverses, allant de roches très acides (granites) à des roches très basiques (amphibolites, roches vertes, dolérite). A partir des données disponibles, l'identification des unités hydrogéologiques en fonction de la nature géologique du substratum n'a pas donné des résultats vraiment concluants. Il semble donc que dans le socle, il faut distinguer en priorité deux types d'aquifères :

- Les aquifères d'altération qui se distinguent par la nature du substratum, les roches acides étant les plus favorables ;
- Les aquifères de fracturation qui se distinguent par le degré de fracturation qui détermine les potentialités de l'aquifère.

Dans le bassin du Mouhoun, la superficie totale du socle est estimée à 79.939 km<sup>2</sup>, répartis comme suit :

Sous-bassin	BV km <sup>2</sup>	Socle km <sup>2</sup>	Pourcentage %
Mouhoun supérieur	20.978	14.553	69,4
Sourou	15.256	10.584	69,4
Moyen Mouhoun	27.312	27.312	100
Mouhoun inférieur	27.490	27.490	100
Total	91.036	79.939	87,8

Tableau IV: Répartition du socle dans le bassin du Mouhoun

### V.1.3 Hydrogéologie du bassin de la Comoé.

Le bassin abrite deux principaux types d'aquifères : les aquifères du socle cristallin et ceux du bassin sédimentaire.

Les aquifères du socle cristallin comportent plusieurs variantes du point de vue de leur minéralogie avec selon les cas des nappes plus ou moins productives, favorisées par la relative bonne pluviométrie. On a : dans les nappes des amphibolites (0,7 à 94 m<sup>3</sup>/h) ; migmatiques (1 à 12 m<sup>3</sup>/h) ; volcano-basiques (0,5 et 31 m<sup>3</sup>/h) ; Schistes (0,5 à 22 m<sup>3</sup>/h) ; métavolcanites (2 et 36 m<sup>3</sup>/h) ; Altérations (0,6 à 12 m<sup>3</sup>/h) avec des rabattements relativement faibles (1 à 8 avec exception à 18 dans les altérations) ;

La portion du bassin sédimentaire de la Comoé est faite de nappes en général libres avec toutefois quelques zones artésiennes (GGQ notamment). On distingue notamment les aquifères ci-après :

L'aquifère des Grès de Kawara-Sindou (GKS) ont des nappes qui offrent des débits de forages de l'ordre de 10 à 20 m<sup>3</sup>/h (à seulement 50 m maximum de profondeur) et de plus de 150 m<sup>3</sup>/h aux grandes profondeurs ; ph 6,7 ; CE 77 µS/cm

L'aquifère des Grès à Granule de Quartz (GGQ) : 10 à 30 m<sup>3</sup>/h aux faibles profondeurs et 120 à plus de 300 m<sup>3</sup>/h ; aux horizons de 130 à 200 m de profondeur ; 300 à 800 m<sup>3</sup>/h réalisé à 200 m ; ph 6,6 ; CE 86 µS/cm ;

L'aquifère des Grès Inférieurs (GI) : les nappes offrent des débits de l'ordre de 10 à 40 m<sup>3</sup>/h à plus de 50 m ; ph 6,2 ; CE 225 µS/cm

L'aquifère des Grès Fins Glauconieux (GFG) : 10 à 45 m<sup>3</sup>/h voire supérieur à 100 m<sup>3</sup>/h dans les horizons profonds (≥ 200 m) ; pH 6,5 ; CE 155 µS/cm.

Toutes les eaux de ces aquifères présentent un faible risque lié à la salinité. Pour le bassin, la teneur moyenne en fer dissout est de 0,1 à 0,5 mg/l. Cette teneur ne comporte pas de risque de colmatage des filtres en cas de micro-irrigation (il faut moins de 1,5 mg/l de fer dissout et moins de 100 à 200 mg de CaCO<sub>3</sub>).

## **VI. Présentation des résultats de l'inventaire des sources du Programme RESO**

### **VI.1 Les sources du bassin du Mouhoun**

Les sources du Mouhoun, «véritable cœur » sensible, fragile mais combien vital pour la pérennité du cours d'eau et pour l'ensemble des écosystèmes qui en dépendent (OUEDRAOGO, 2010).

# Localisation des sources dans les bassins du Mouhoun et du Banifing

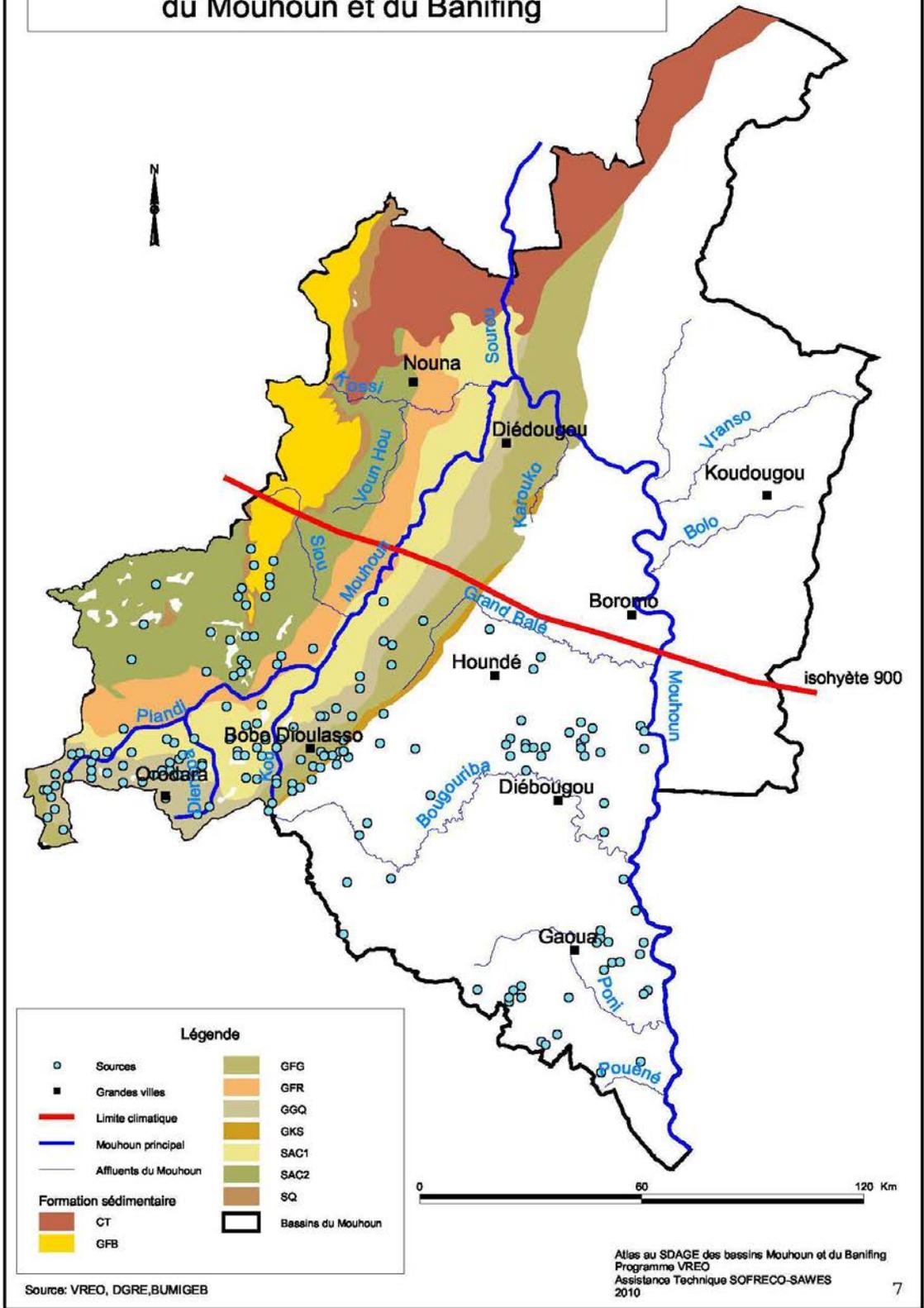


Figure 16: Sources du Mouhoun et du Banifing de l'inventaire RESO de 1996

Les sources du Mouhoun ont été évaluées à environ 183 dont 142 pérennes par le programme RESO. Elles sont réparties entre les affluents au sud d'une ligne située entre les isohyètes 800 mm et 900 mm actuelles.

Le Mouhoun supérieur compte 92 sources dont 84 pérennes et 8 temporaires dont les eaux sont drainées par le Haut Mouhoun et les affluents que sont le Plandi, le Kou et le Siou.

Le Mouhoun inférieur compte 78 sources dont 45 pérennes et 33 temporaires dont les eaux sont essentiellement drainées par les affluents que sont la Bougouriba, le Poni et le Poéné.

Exutoires constituant les points d'alimentation du lit principal du Mouhoun, les eaux de vidange des aquifères, les sources du bassin, sont les seules responsables connues du maintien du régime pérenne du Mouhoun. Elles maintiennent par voie de conséquence, durant la longue période de saison sèche, la vie de la plupart des écosystèmes notamment aquatiques, fauniques terrestres et aviaires. Toutes les sources du Mouhoun n'ont pas été identifiées. Celles identifiées contribuent annuellement pour plus de 127 Mm<sup>3</sup> à l'écoulement du Mouhoun.

Au niveau du Banifing, 15 sources dont 10 pérennes ont été identifiées. Elles totalisent un débit moyen de 50 m<sup>3</sup>/h soit un volume moyen annuel de 0,438 Mm<sup>3</sup>.

## **VI.2 Les sources du bassin de la Comoé**

Les sources du bassin de la Comoé, malgré leur faible nombre, demeurent d'une importance vitale pour la pérennité du cours d'eau et pour l'ensemble des écosystèmes qui en dépendent.

L'inventaire effectué par le Programme RESO en 1996 a permis de dénombrer dans le bassin de la Comoé 107 sources dont 44 dans le sous-bassin de la Haute-Comoé et 63 dans le sous-bassin de la Léraba. Les

sources pérennes sont au nombre de 103. Elles sont situées à 90 % dans la zone sédimentaire et débitent en moyenne 20 m<sup>3</sup>/h, ce qui correspond à un écoulement de base de l'ordre de **18,1 Mm<sup>3</sup>** par an.

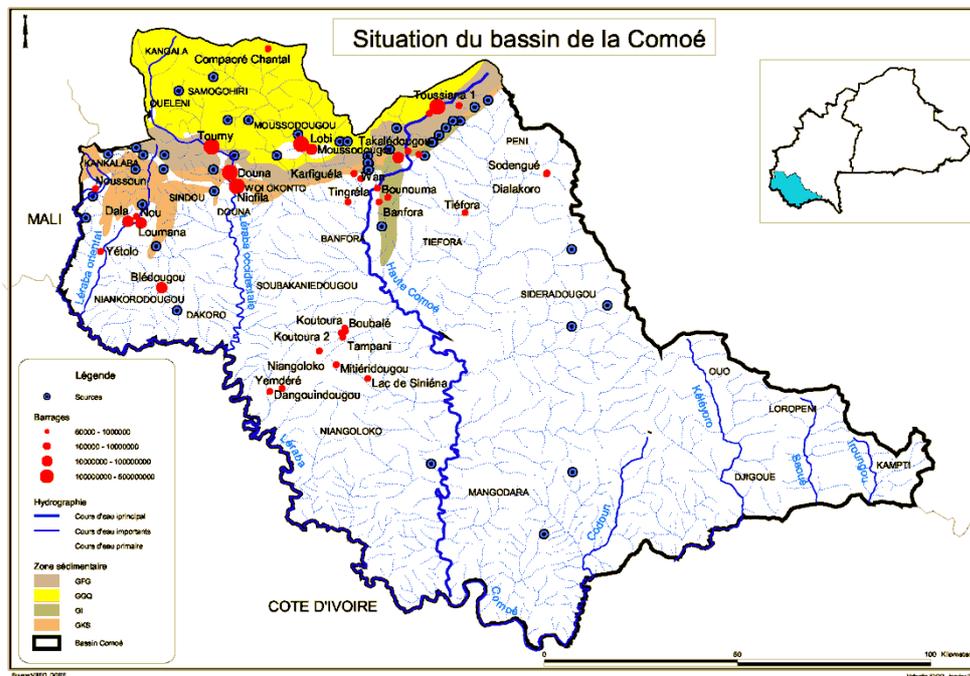


Figure 17: Sources de la Comoé de l'inventaire RESO de 1996

Certaines sources auraient disparu du fait des activités anthropiques (champs de culture notamment) selon les enquêtes réalisées auprès de la population locale et des agents de la Direction Régionale de l'Environnement et du développement Durable des Cascades.

Sous- bassins de la Comoé	Nombre et débits moyens des sources			Régime d'écoulement du bras
	Pérennes	temporaires	Q (m <sup>3</sup> /h)	
Haute Comoé	42	1	45,8	Pérenne
Léraba	60	2	1,8	Pérenne
Kodoum	1	0	<1	Temporaire
Baoué	0	1	?	Temporaire
Iroungou	0	0	0	Temporaire
Total Comoé	103	4	> 48	Pérenne

Tableau V: Situation des sources dans le bassin de la Comoé

Source : modifié de MECV/CONEDD : REEB 2 – 2006

## VII Travaux réalisés

Les sources sont des écosystèmes d'une importance capitale car elles constituent des fenêtres hydrogéologiques dans les aquifères, des sources d'approvisionnement en eau ou comme des écosystèmes servant de refuge pour les espèces rares ou uniques. Cependant, les sources n'ont pas encore reçu l'attention ou la protection qui leur sont dues par les gestionnaires de l'eau ou des ressources naturelles ou des décideurs : peu d'attention a été accordée aux sources dans tout examen approfondi de la situation nationale des ressources en eau dans les deux dernières décennies (à savoir, les différents projets et programmes et de recherches portant sur les ressources en eau souterraine). Ce manque de reconnaissance est dû en partie à la nature intrinsèquement complexe et multidisciplinaire des sources, de l'absence d'un lexique de recherche écologique pour décrire différents types de sources et l'appropriation des sources par les riverains comme des sources d'eau domestiques et agricoles, et le manque de textes clairs pour leur protection. L'amélioration de la gestion des sources exige une évaluation, une planification et un suivi, qui sont toutes de bonnes actions si elles sont basées sur un inventaire scientifique rigoureux. Nous décrivons ici l'inventaire des sources et les pistes à emprunter pour les mesures de protection qui serviront à une gestion durable des sources.

### VII.1 Généralités sur les sources

Les eaux souterraines, ou nappes phréatiques, se localisent dans des formations appelées aquifères.

D'après Margat et Castany, on appelle *aquifère* un corps de roche perméable comportant une zone saturée - ensemble du milieu solide et de l'eau contenue - suffisamment conductrice d'eau souterraine pour permettre l'écoulement significatif d'une nappe souterraine et le captage de quantités d'eau appréciables.

L'aquifère est également appelé réservoir et la partie inférieure du réservoir doit être imperméable pour retenir l'eau et permettre la constitution d'une réserve.

## VII.1.1 Types d'eau souterraine

Il existe deux grands types de nappes souterraines selon la perméabilité du toit de la nappe.

### VII.1.1.1 Nappes libres

Les nappes libres se situent dans un réservoir dont le toit est perméable pour permettre l'arrivée d'eau, et la base imperméable pour la retenir dans le réservoir.

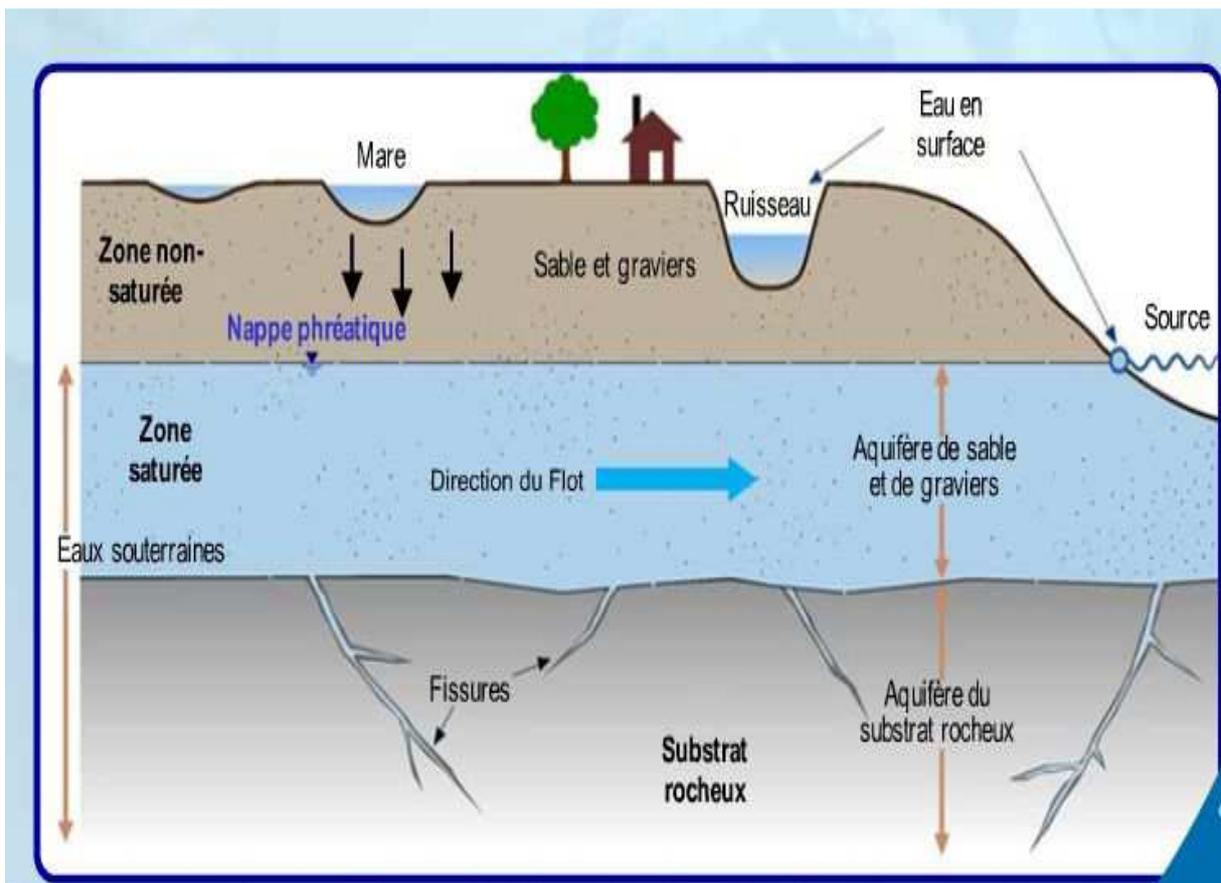


Figure 18: Représentation d'une nappe libre

De ce type de nappe naissent trois types de sources :

#### a) Sources d'émergence

Les sources d'émergence sont issues de nappes libres et naissent au moment où la surface de la nappe d'eau souterraine rencontre la surface du sol. L'écoulement dans la nappe permet à l'eau de s'écouler à l'extérieur de l'aquifère (réservoir).

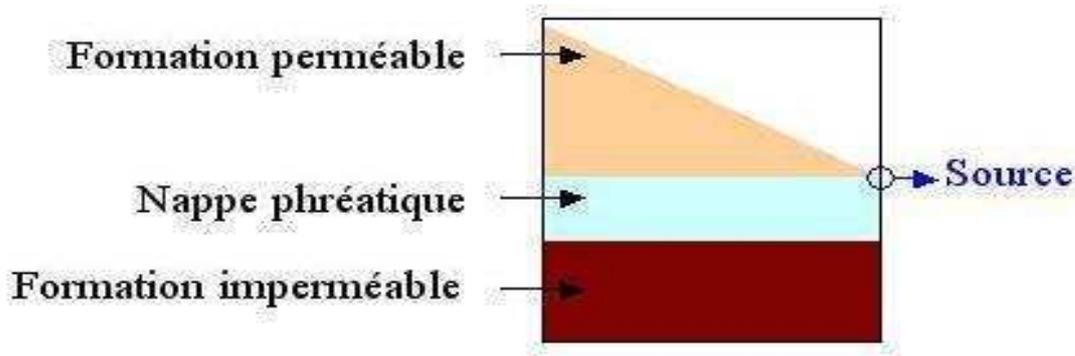


Figure 19: Source d'émergence

### b) Sources de déversement

Les sources de déversement se produisent lorsque la base imperméable de l'aquifère rencontre la surface du sol. L'eau souterraine continue alors son écoulement sur la surface du sol.

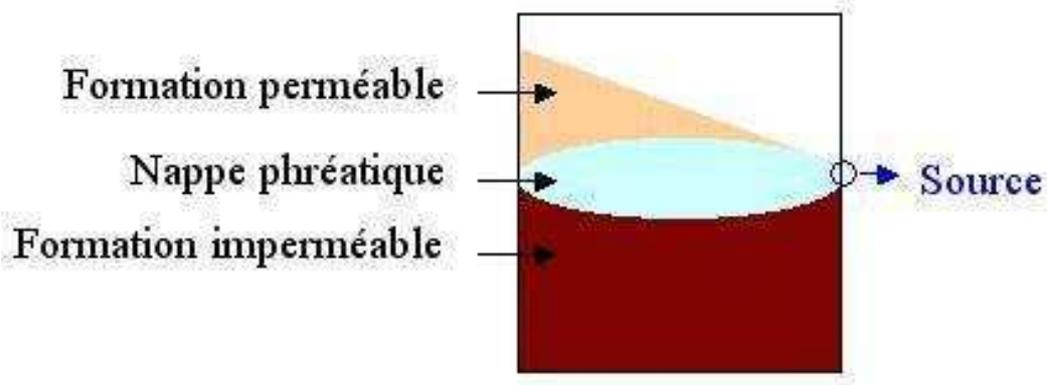


Figure 20: Source de déversement

### c) Source de débordement

Les eaux de nappe libre, située en dessous d'une formation perméable, passent sous une formation imperméable. Au contact de ce changement de perméabilité du toit de la nappe, se crée une source par débordement. Toutes les eaux ne peuvent plus s'écouler sous la nouvelle formation géologique, il y a un trop plein et donc un débordement.

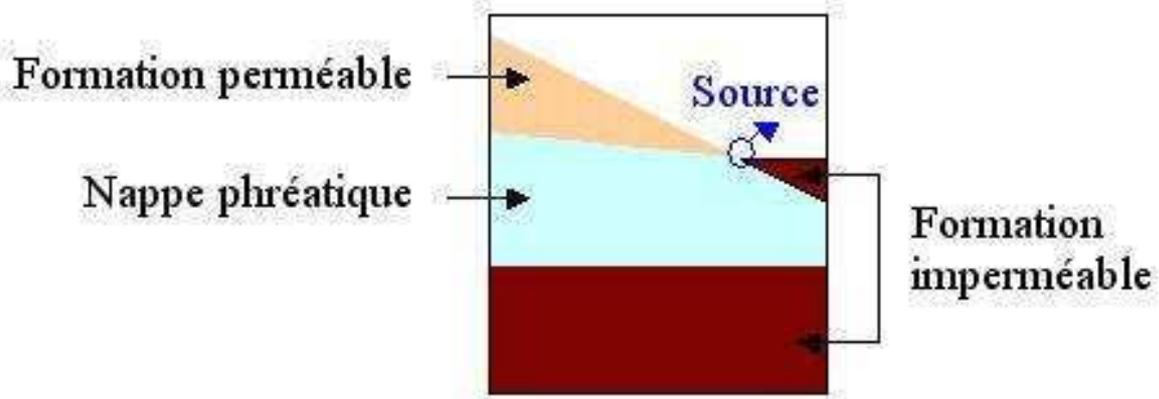


Figure 21: Source de débordement

### VII.1.1.2 Nappes captives

Les nappes captives se situent dans un réservoir dont le toit et la base sont imperméables. L'eau est "emprisonnée" entre les deux formations. Elle subit une pression égale à la colonne de terrain située au-dessus. Lors d'un forage, le niveau de la nappe peut remonter au-dessus de la surface du sol et jaillir.

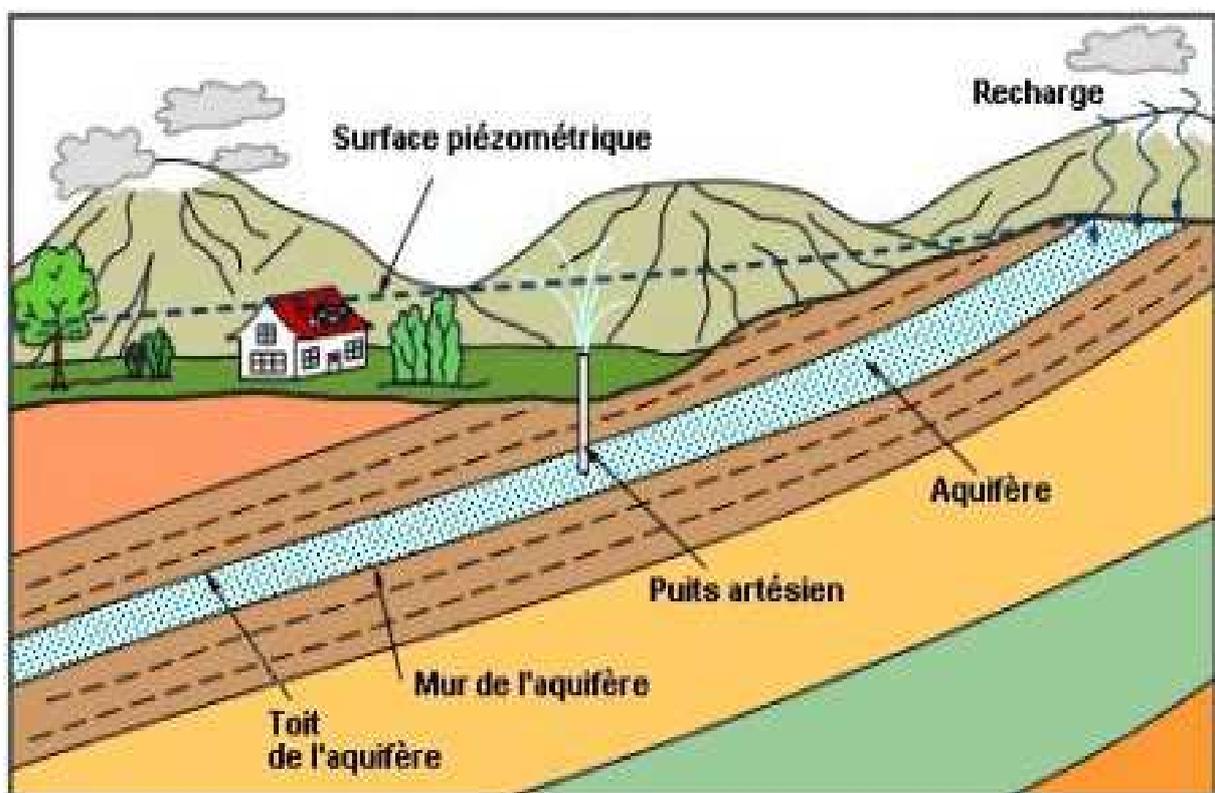


Figure 22: Représentation d'une nappe captive

Ce phénomène est appelé artésianisme. Lors de la foration, l'eau se trouve libérée de la formation imperméable qu'elle avait au-dessus d'elle. Elle ne subit plus la pression des terrains au-dessus mais uniquement la pression atmosphérique, ce qui explique qu'elle jaillit. Des sources artésiennes peuvent naître de ce type de nappe.

#### a) Source artésienne

Le réservoir d'eau est compris entre deux formations imperméables. L'eau subit une pression égale à la colonne de terrain située au-dessus. Elle va ressortir au niveau d'une faille ou d'une rupture dans la roche imperméable.

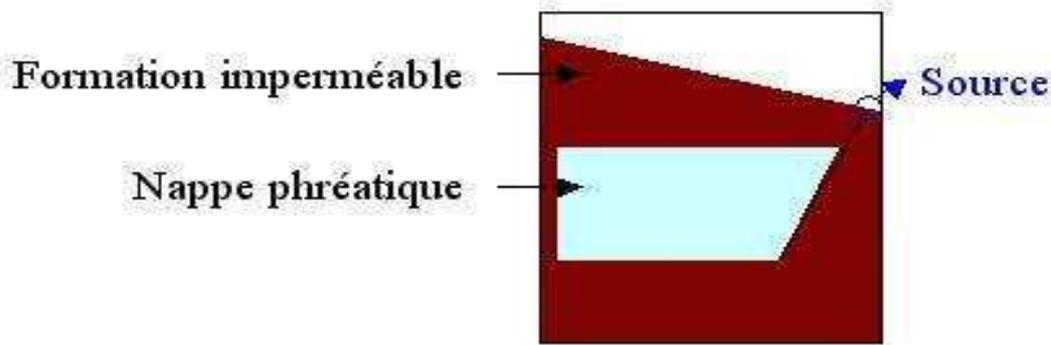


Figure 23: Source artésienne

## VII.2 Méthodologie et Acquisition des données.

### VII.2.1 Enoncé du problème

Les écoulements souterrains dans les aquifères sédimentaires (continus) et de socle (discontinus) obéissent à des conditions et régimes hydrauliques très particuliers liés au milieu traversé. Les lois de base de la dynamique des écoulements souterrains répondent à des conditions spécifiques du milieu perméable et du type d'écoulement. Les principales caractéristiques physiques requises pour un réservoir théorique sont : la continuité, l'isotropie et l'homogénéité. Quand à l'écoulement, il devrait être de type laminaire (Castany 1982). Des conditions aux limites et des précisions sur la partie saturée ou non saturée doivent aussi être remplies.

Les nappes des bassins versants du Mouhoun et de la Comoé composées des formations sédimentaires de la bordure sud-est du bassin de Taoudéni et les formations Birrimiennes du domaine éburnéen ou baoulé-mossi forment une vaste région. Tandis que les formations sédimentaires remplissent les conditions précitées des lois de la dynamique des écoulements, les aquifères du socle présentent des formations fracturées et comportent de nombreux faciès lithostratigraphiques, respectant rarement les mêmes lois.

Les écoulements traversent des milieux poreux, fissurés ou mixtes, qui sont aussi fortement hétérogènes, discontinus et sans limites concrètes.

Ces aquifères rocheux sont ainsi très éloignés de tout modèle de calcul et de toute simplification des conditions. L'application des méthodes hydrogéologiques conventionnelles est, elle aussi, inadaptée.

Dans ce contexte le « véhicule hydrochimique » s'avère la méthode la plus appropriée pour caractériser les écoulements souterrains des aquifères du socle.

### **VII.2.2 Méthodologie générale**

La méthodologie générale adoptée a comporté six axes et s'est cantonnée sur la caractérisation physique des sources:

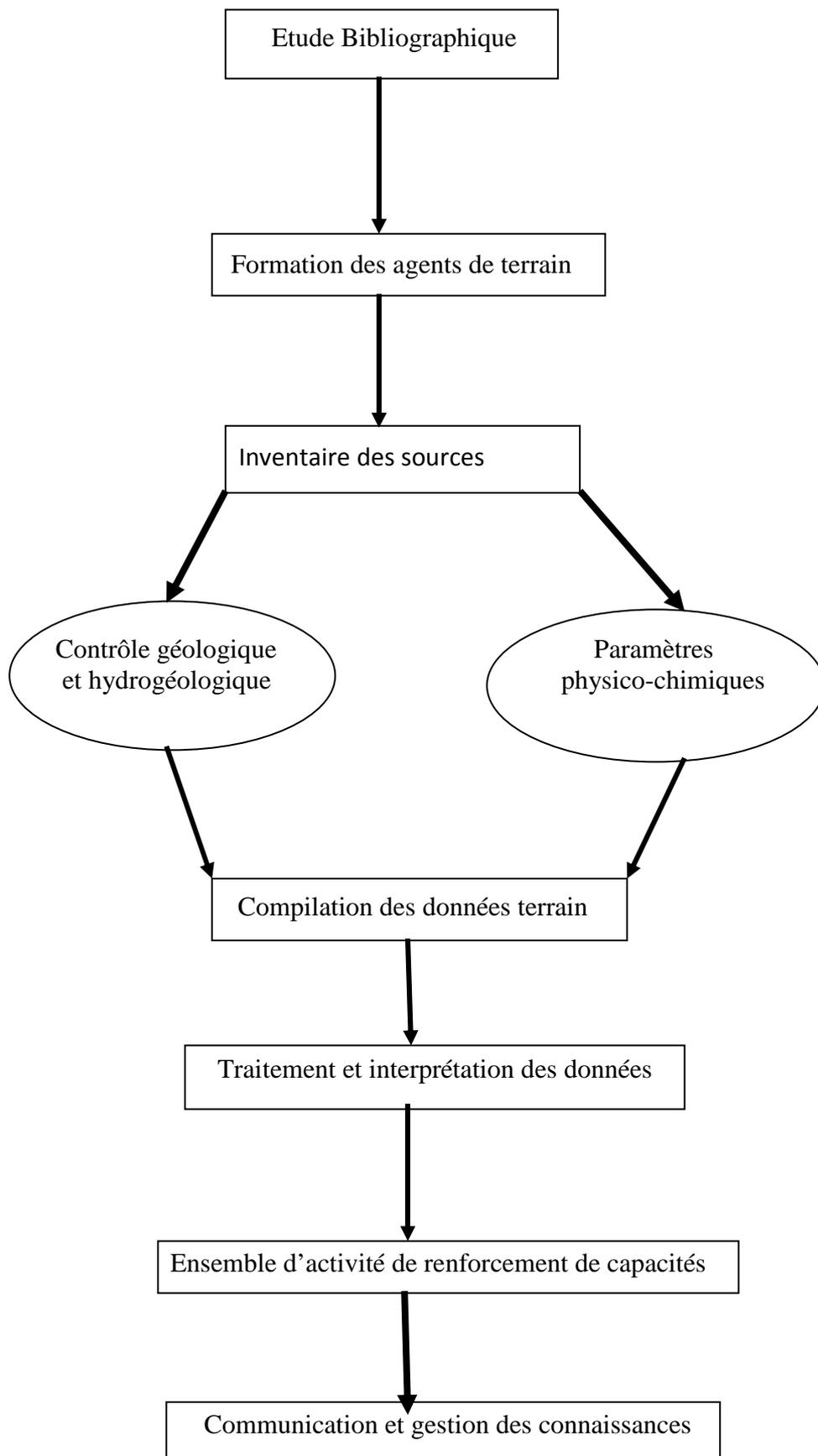
- 1) Une étude bibliographique comportant un inventaire des sources connues, la collecte des données hydrologiques, hydrogéologiques et géologiques existantes.
- 2) Des travaux de terrain, qui ont consisté à des missions de reconnaissance terrain, à des enquêtes auprès des populations pour l'identification et la localisation géographique les différentes émergences ainsi que l'exécution d'une campagne de mesures des paramètres physicochimiques in situ.
- 3) La compilation des données de terrain.

- 4) Le traitement et l'interprétation des réponses physiques et chimiques des eaux souterraines avec l'élaboration de cartes des paramètres et l'analyse statistique, qui vont aboutir à la détermination des concentrations types des eaux souterraines.
- 5) Un ensemble d'activités de renforcement des capacités du personnel des agences de l'eau et des autres acteurs clés afin que les cadres et les bénéficiaires soient bien préparés à mettre en œuvre les opportunités et à surmonter les contraintes inhérentes au développement en matière d'exploitation et de gestion des ressources en eau.
- 6) Une communication et une gestion des connaissances (Knowledge Management) effectives pour assurer une large diffusion des résultats et pour faciliter la recherche de solutions pratiques et réalistes.

Pour chaque axe de l'approche, plusieurs outils méthodologiques complémentaires ont été utilisés.

L'approche et la méthodologie globales sont illustrées dans le Schéma 1 ci-dessous.

Figure 24 : Schéma de la méthodologie de l'étude



### **VII.2.2.1 Sélections des sources à inventorier**

Après analyse des 254 sources inventoriées par le Programme de Valorisation des Ressources en Eau du Sud-Ouest (RESO), 85 sources avaient été retenues pour être identifiées et caractérisées. La sélection s'est faite d'abord par regroupement selon le type de valorisation, ensuite par appartenance administrative (commune) et en tenant compte du pH ( $6.5 < \text{pH} < 7.5$ ). Les conductivités de l'eau de ces sources variant de 10 à 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ce paramètre n'a pas été pris en compte car n'ayant pas une grande influence sur sa qualité.

On remarquera que l'inventaire des sources qui s'est déroulée en 1996, s'était limité aux régions des Hauts-Bassins, des Cascades et du Sud-Ouest.

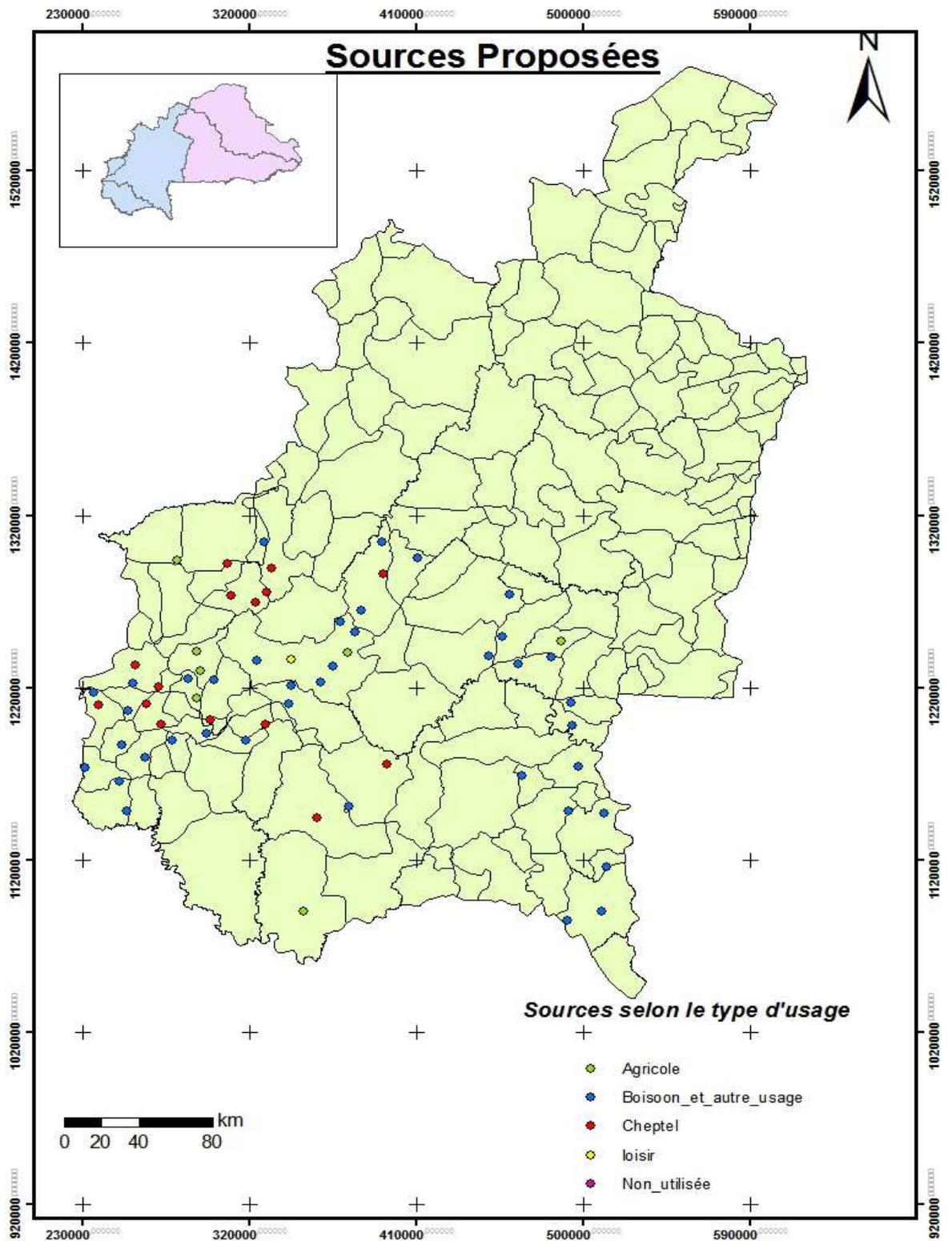


Figure 25: Source sélectionnées pour l'inventaire selon le type d'usage

Type de valorisation	Départements	Coordonnées		pH
		Longitude	Latitude	
Agriculture	BOBO-DIOULASSO	372726	1240786	6,4
	DJIGOUERA	293791	1230348	10
	DJIGOUERA	291614	1241056	9,8
	MANGODARA	349045	1090482	7,9
	N'DOROLA	280910	1294140	8,2
	ORODARA	291319	1214016	6
	ORONKUA	488297	1247047	8
Boisson	BATIE	491136	1085566	8,6
	BATIE	509928	1090480	7,9
	BEKUY	410640	1295548	8
	BEKUY	391299	1305134	6,1
	BEREGADOUGOU	318180	1189953	5,8
	BEREGADOUGOU	318180	1189953	5,8
	BOBO-DIOULASSO	364687	1232986	6,4
	BOBO-DIOULASSO	369098	1258250	6,4
	BOBO-DIOULASSO	358334	1223274	6,4
	BOBO-DIOULASSO	377078	1252504	6,4
	BOBO-DIOULASSO	324260	1236068	6,4
	BOUROUM-BOUROUM	466876	1169391	8
	DISSIN	493505	1211573	7,8
	DJIGOUERA	300922	1225141	9
	FO	328004	1304595	8,1
	FUNZAN	456256	1250177	7,8
	GBOMBLORA	511281	1147203	5,8
	GBOMBLORA	492216	1149075	5,7
	GUEGUERE	482653	1237867	5,9
	GUEGUERE	464697	1234165	8,6
	HOUNDE	460106	1274160	6,4
	KANKALABA	250938	1186850	4,9
	KOLOKO	236042	1217334	5,4
	KOLOKO	254824	1206891	5,8
	KOLOKO	257431	1222609	6,4
	KOUMBIA	448720	1238456	6,3
	LEGMOIN	512173	1116677	7,8
	LOUMANA	231686	1174149	5,8
	LOUMANA	249932	1165772	6
	MOUSSODOUGOU	297025	1193700	6,4
	NAKO	497022	1174442	7,8
	NIANKORODOUGOU	253827	1149024	6,4
ORODARA	286716	1225262	6	
PENI	341309	1210787	5,5	
PENI	342574	1221350	5,4	
Boisson	SATIRI	380431	1265393	6,1

	SIDERADOUGOU	373388	1151179	8,3	
	SINDOU	263504	1179875	6	
	WOLONKOTO	278557	1189945	6,2	
	ZAMBO	493897	1198121	7,6	
Abreuvage	BEKUY	392141	1286515	8,2	
	FO	331918	1289641	8,2	
	KOLOKO	271355	1220787	5,2	
	KOLOKO	258423	1233451	7,6	
	KOUROUMA	309891	1273545	8	
	KOUROUMA	329055	1275677	8	
	KOUROUMA	323236	1270086	6,3	
	KOUROUMA	308342	1292605	8,4	
	MOUSSODOUGOU	298989	1201954	7,8	
	OUELENI	238901	1210272	6,4	
	SAMOGHOHIRI	272633	1199235	5,2	
	SAMOGHOHIRI	264482	1210817	5,7	
	SIDERADOUGOU	356269	1144610	8,4	
	SIDERADOUGOU	394294	1175804	8,4	
	TIEFORA	328314	1199055	8,4	
	tourisme	BOBO-DIOULASSO	342468	1237019	6,4
	Non utilisées	BADEMA	350218	1284754	7,6
BOBO-DIOULASSO		358090	1223091	6,4	
DJIGOUE		398236	1088409	7,7	
FO		344138	1280452	8,4	
FO		341547	1324062	8,6	
FO		338573	1316674	8,2	
FO		338551	1312587	8,4	
FO		335168	1308181	9,1	
FO		330926	1329006	6,4	
GUEGUERE		485076	1230034	5,9	
KAMPTI		452106	1124507	7,7	
KANKALABA		263515	1185806	7,6	
KANKALABA		248765	1184899	7,8	
KANKALABA		243594	1192407	5,5	
MOUSSODOUGOU		286377	1196225	7,6	
ORODARA		279857	1220883	6	
OUELENI		239560	1209068	5,4	
OUELENI		237121	1204138	7,6	
SAMOGHOHIRI		271207	1199491	5,5	
SAMOGHOHIRI		268131	1198436	5,4	
SINDOU	270665	1191319	5,5		
SINDOU	270137	1189756	5,5		

Figure 26: Liste des sources sélectionnées

### **VII.2.2.2 Formation des agents des agences de l'eau à la prise en main d'un GPS**

Dans le souci de préparer les membres des équipes des agences de l'eau du Mouhoun et des Cascades à mieux collecter les données sur le terrain dans les communes où se trouvent les différentes sources, une formation à une prise en main de différents modèles de GPS et un apprentissage à la manipulation des kits de mesures de paramètres physico-chimiques de l'eau (PH, température, conductivité) et la mesure des débits a été organisée à Bobo-Dioulasso du 17 au 18 juillet 2014.

Les objectifs visés par cette formation étaient de:

- ✚ Renforcer les compétences des équipes des deux agences de l'eau sur la collecte des données des points d'eau avec l'outil GPS;
- ✚ Renforcer les capacités pour établir un système centralisé de ces informations géographiques collectées;
- ✚ Renforcer les capacités dans la dissémination et la publication d'informations pour les parties prenantes concernées.

Les activités ci-dessous ont été réalisées :

- ✓ Séance théorique sur le GPS et l'importation et la conversion des données à l'aide des logiciels Easy GPS et GPS Utility en salle pour un (1) jour;
- ✓ Séance pratique pour la collecte des données géographiques et remplissage des fiches de collecte de données en dehors de la salle pour un (1) jour dans la zone de Nasso;
- ✓ Séance pratique de téléchargement en salle des données GPS sur l'ordinateur;
- ✓ Séance pratique sur la mesure des paramètres physico-chimiques et la mesure des débits à l'aide d'un seau gradué.

### VII.2.2.3 Travaux de terrain et acquisition des données

Les travaux de terrain se sont déroulés du 24 juillet au 25 octobre 2014. Une durée moyenne de collecte de données de soixante (60) jours avait été retenue pour retrouver les 85 sources sélectionnées et issues de l'inventaire du Programme RESO (1996) avec deux équipes de deux personnes chacune qui devaient sillonner les communes des régions des Cascades, des Hauts-Bassins et du Sud-Ouest. Mais sous l'instigation du Directeur Général de l'Agence de l'Eau du Mouhoun, un inventaire systématique des sources a été adopté afin de repérer toutes les émergences (sources artésiennes, sources de débordement, sources de déversement, ...) se trouvant dans les communes visitées. Cette approche de collecte systématique de l'information sur les sources dans chaque commune a engendré des délais supplémentaires, ainsi de 60 jours nous sommes passés à 90 jours de travaux terrain. Cette augmentation des délais a été nécessaire et a été souhaitée par les responsables des structures commanditaires qui voulaient que cet inventaire soit exhaustif au lieu qu'il se focalise simplement sur les 85 sources précédemment sélectionnées.

#### *a) Technique de collecte*

Lors des visites des différentes localités, les enquêteurs ont utilisé une fiche d'inventaire et une fiche d'enquête qui ont été élaborées par les Consultants en collaboration avec les agences de l'eau et comprenant les informations nécessaires à la caractérisation physique des sources (voir annexe II), un GPS pour collecter les informations géographiques sur les sources, une sonde multiparamètres pour la mesure de la conductivité, du pH et de la température et un seau gradué pour la mesure des débits desdits points d'eau.

Sur le terrain, les équipes d'enquêteurs ont rencontré les services techniques de l'Environnement et du Développement Durable, les autorités communales, les coutumiers et des personnes ressources afin de choisir un guide pour les assister. Bien intégré dans son milieu, ce guide les a aidés à repérer les endroits connus où sont situées les sources.

## **VII.3 Traitement et Analyses des données**

### **VII.3.1 Stockage, analyse et gestion des données d'inventaire**

Les données d'inventaire ont été enregistrées, nettoyées, validées et préparées avant qu'elles puissent être traitées et analysées statistiquement. La procédure d'analyse des données a été effectuée en fonction des besoins spécifiques d'informations et de la méthodologie d'inventaire.

La figure 9 présente les différentes étapes pour le traitement et l'analyse des données.

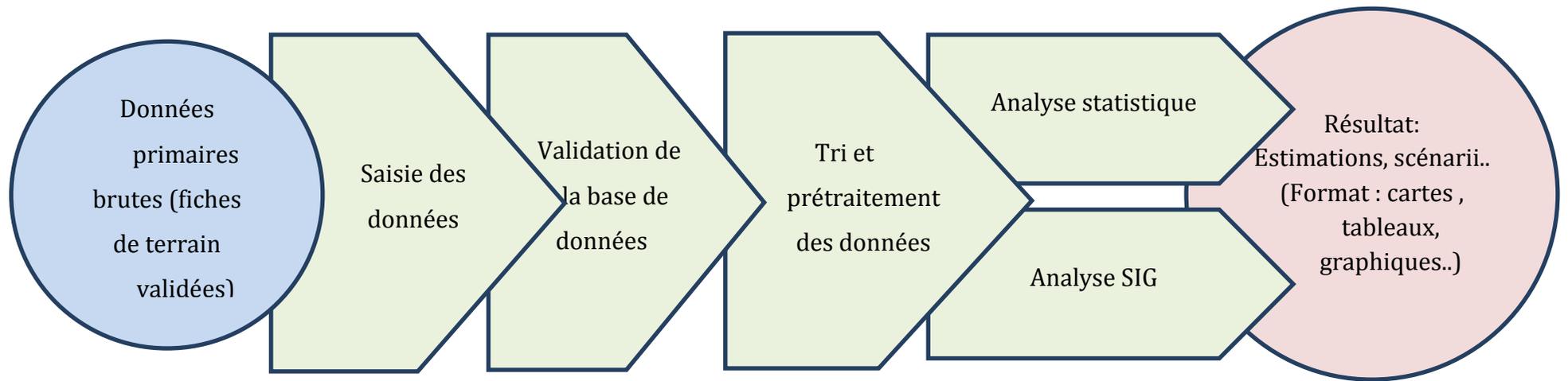


Figure 27: Etapes de traitement et d'analyse des données

Une application pour la saisie, le stockage et la gestion des données collectées a été développée par le gestionnaire de base de données du bureau du Consultant en collaboration avec les deux agences de l'eau.

Cette application est basée sur le logiciel Microsoft Access 2010. Toutes les données collectées sur le terrain ont été enregistrées sur des tables inter-reliées dans la base de données. La base de données est utilisée pour la saisie des données et les requêtes, quant à leurs analyses, elles ont été faites avec les logiciels de statistique SPSS et XLSTAT.

#### **VII.3.1.1 Processus général et principes clés de saisie des données**

##### *a) Préparation et validation des fiches de terrain papier*

Les équipes qui collectent les données de terrain sont responsables pour soumettre les fiches de terrain papier bien remplies pour revue et validation par l'unité de supervision.

Une fois que les fiches papier de terrain sont validées, les données primaires de terrain doivent être transférées sous un format numérique en l'occurrence le format Excel. Cette étape est la saisie ou entrée des données.

##### *b) Processus de saisie des données*

La saisie des données pour l'inventaire des sources a été effectuée grâce au tableur Excel avant leur importation dans la base de données Access. Cette application base de données qui a été développée par le bureau du Consultant est décrite plus en détail dans un document séparé.

#### **VII.3.1.2 Analyse et interprétation des données**

Une analyse statistique des données par le traitement statistique de ces données et leur présentation sous forme de cartes, de tableaux ou de graphiques a été réalisée. Une analyse primaire et secondaire ont été faites respectivement par classement des données par catégories sur la base de l'appartenance au bassin hydrographique ou à l'espace de gestion et sur la base de l'appartenance à la formation géologique.

Au total 145 sources ont été identifiées et analysées statistiquement lors de la prospection dans les communes concernées par l'activité.

Quelques sources se trouvaient dans des zones totalement inaccessibles à cause de l'activité qui s'est déroulée au cours de la saison pluvieuse.

Dans l'espace de gestion du Mouhoun, 78 sources (53.79%) ont été inventoriées dont 73 sources (50.34%) dans le bassin hydrographique du Mouhoun et 5 sources (3.45%) dans celui du sous-bassin du banifing et 67 sources dans celui de la Comoé soit 46.21 %.



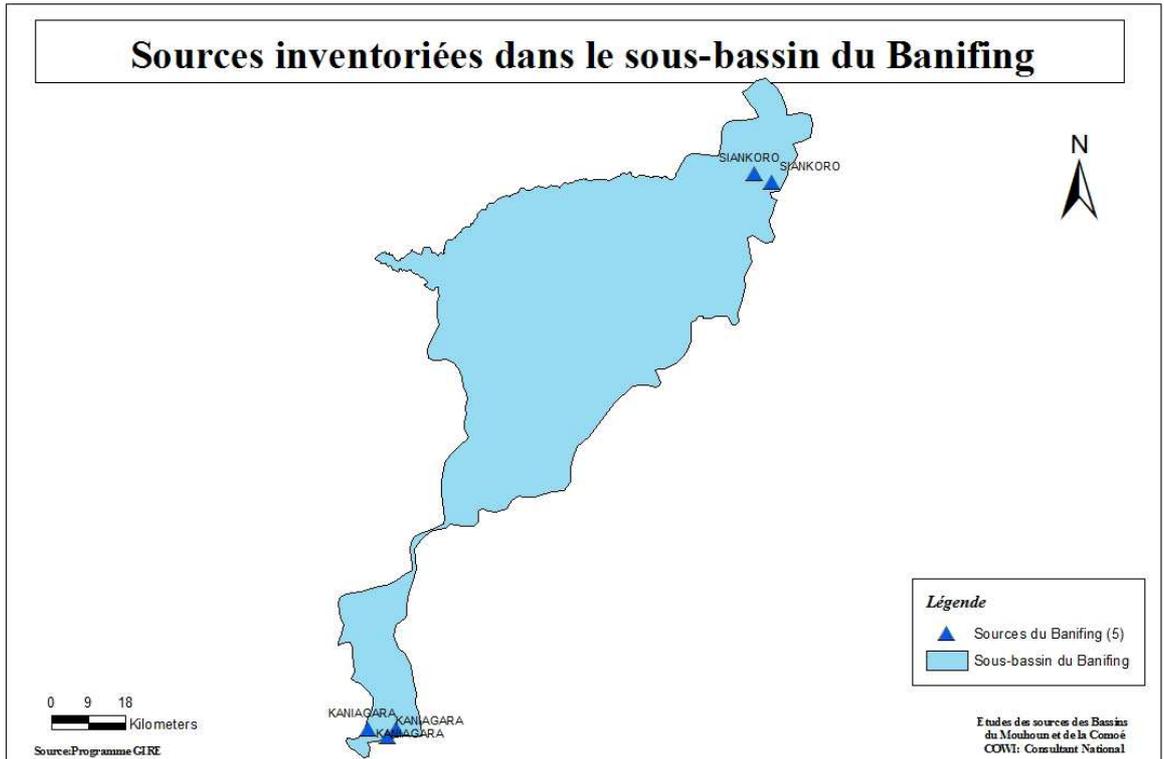


Figure 29: Sources inventoriées dans le sou-bassin du banifing



Figure 30: Sources inventoriées dans le bassin de la Comoé

De toutes ces sources, 120 soit 82.76% proviennent des formations sédimentaires dont 66 dans l'espace de gestion du Mouhoun et 54 dans celui de la Comoé.

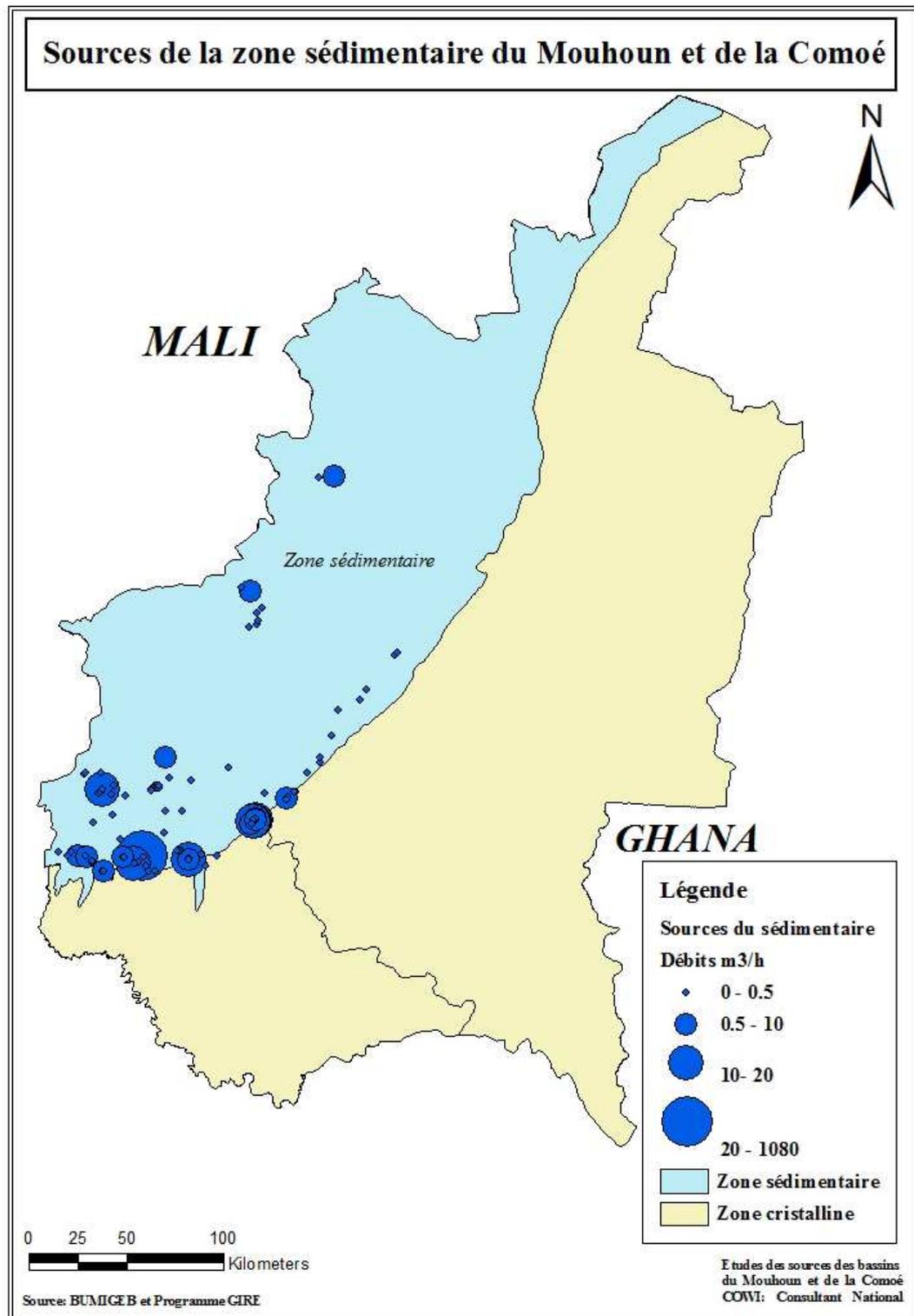


Figure 31: Sources des formations sédimentaires de la zone d'étude

Au niveau du socle, il y a 25 sources (17.25%) avec la répartition suivante : 14 pour le Mouhoun et 11 pour la Comoé.

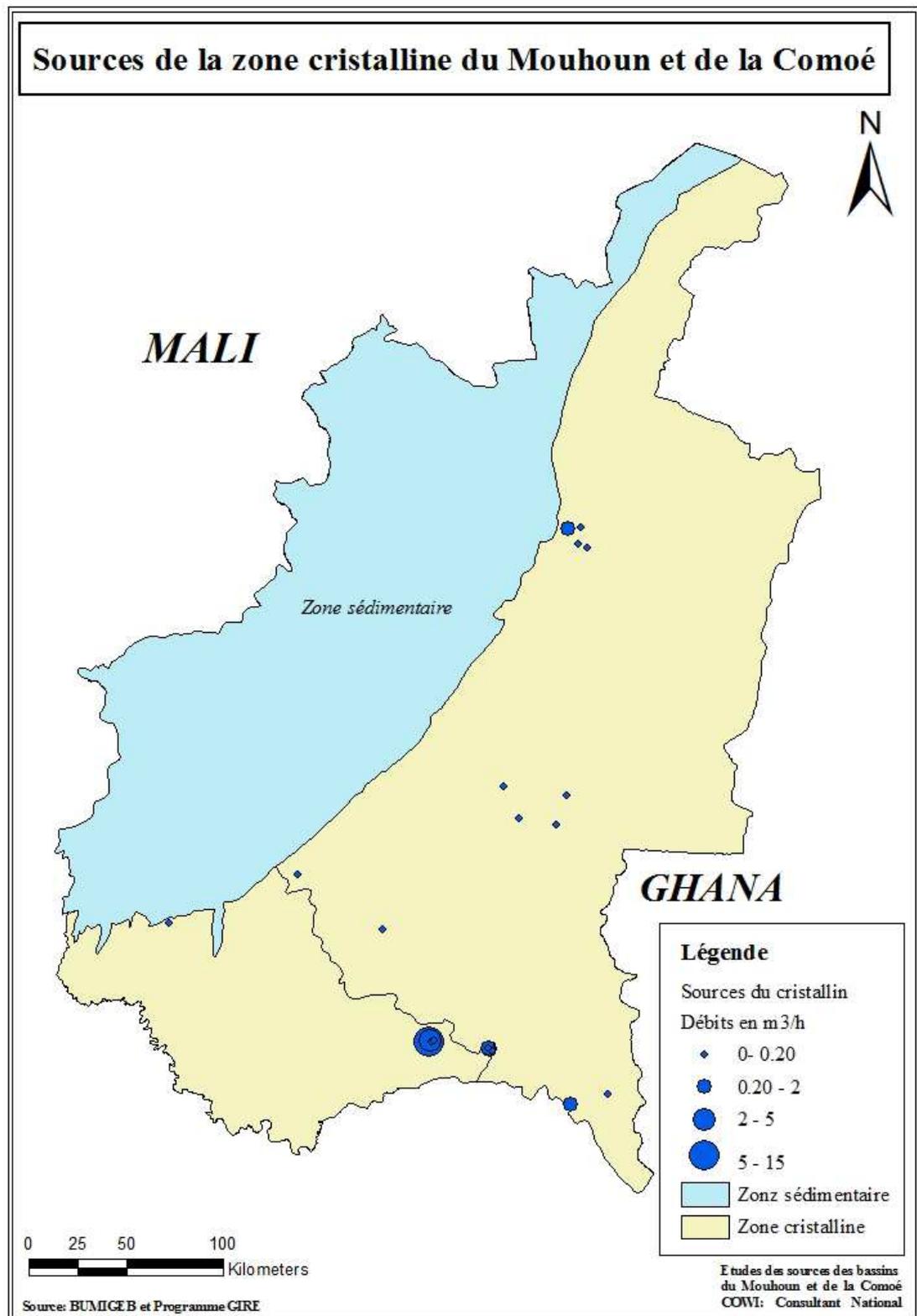


Figure 32: Sources des formations cristallines de la zone d'étude

Les sources qui ont été aménagées pour faciliter la mobilisation et l'accès à l'eau n'étaient qu'au nombre de deux, soit 1,37% de l'ensemble des sources inventoriées. Il s'agissait des émergences de Pala dans la commune de Bobo-Dioulasso et celles de Dokuy dans la commune de Dokuy

#### 🚧 Analyse statistique des débits

L'analyse statistique des débits montre que les sources à gros débits sont situées dans la zone sédimentaire avec des valeurs variant de 0.5 m<sup>3</sup>/h à 1080 m<sup>3</sup>/h dont le plus gros débit se trouve dans la commune de Wolonkoto et plus précisément dans le village de Malon (Djiguitifoulo)

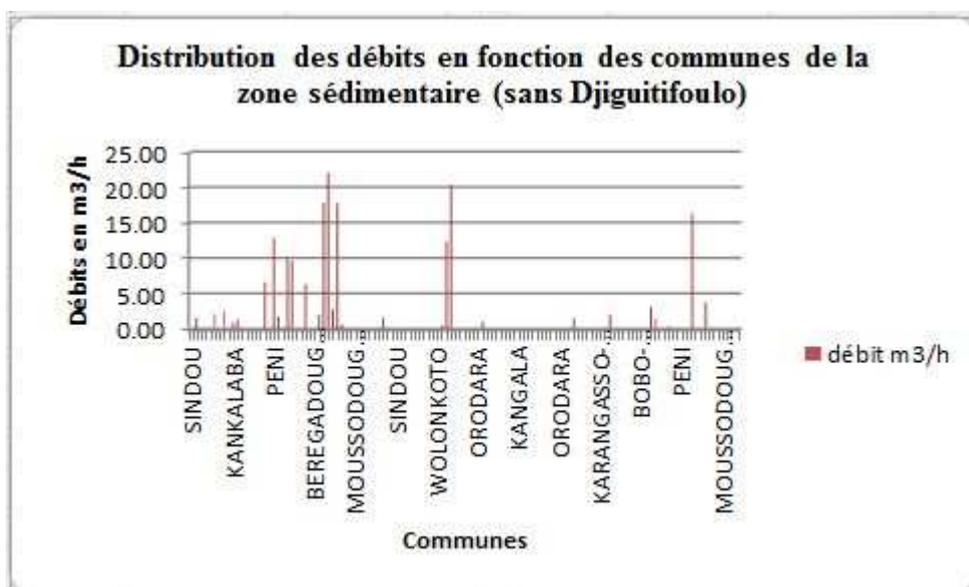


Figure 33: Distribution des débits en fonction des communes en zone sédimentaire

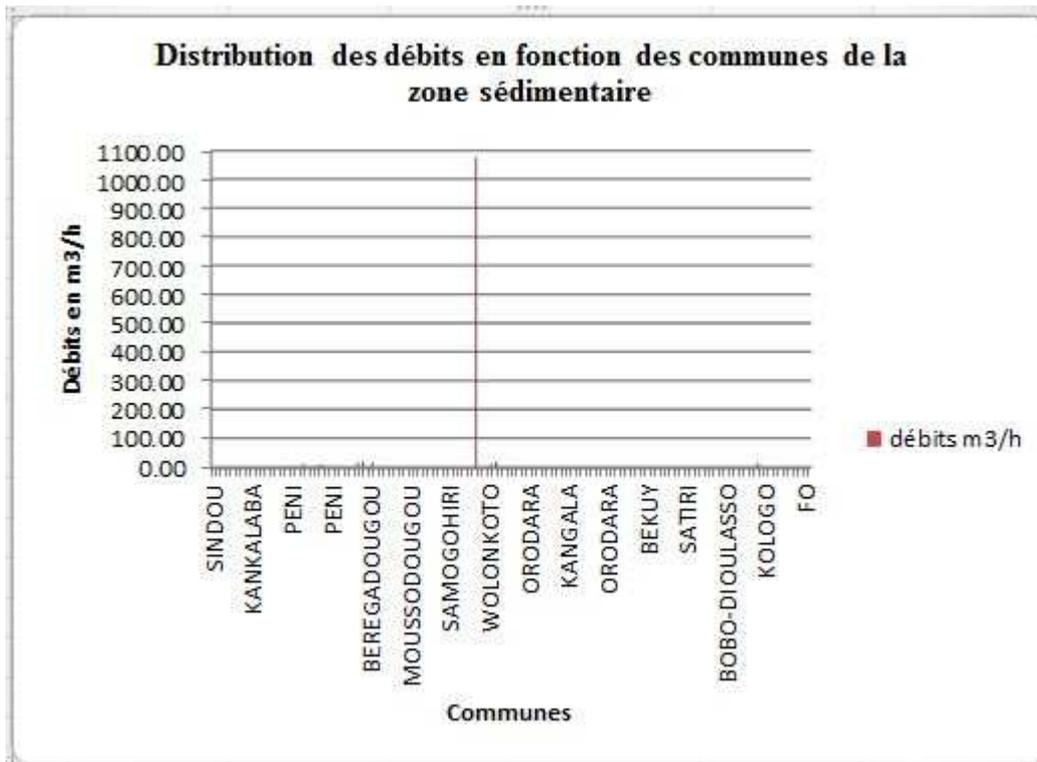


Figure 34: Distribution des débits en fonction des communes en zone sédimentaire

Par contre dans la zone cristalline les débits sont modestes et varient de 0.20 à 15 m³/h.

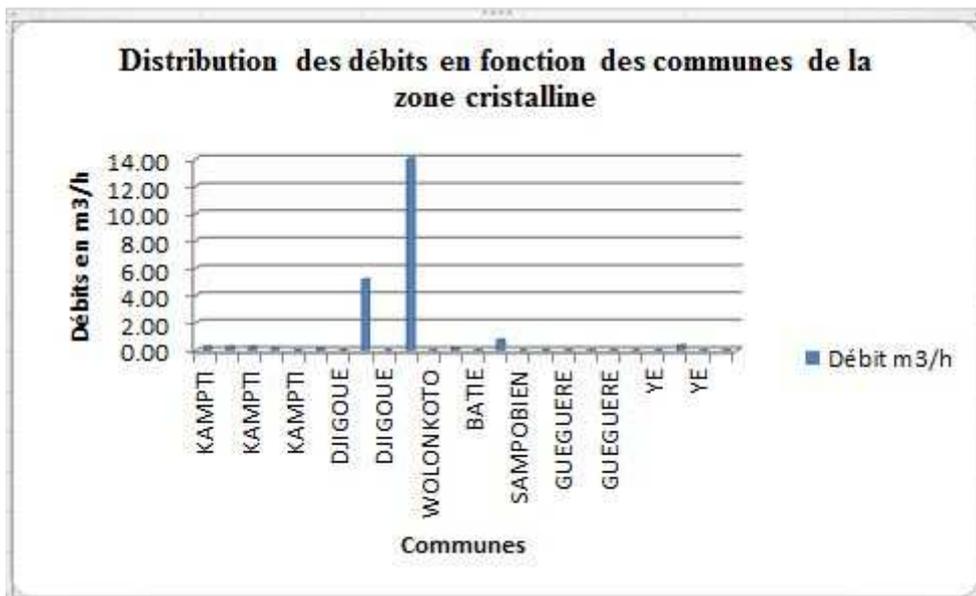


Figure 35: Distribution des débits en fonction des communes en zone sédimentaire

### **Analyse et interprétation des données physico-chimiques**

L'interprétation des données physicochimiques montrent que tous les paramètres sont globalement acceptables en matière de qualité de la ressource, même s'il faut reconnaître que ces paramètres ont été influencés par l'eau de pluie.

#### ✓ *Conductivité*

La distribution des conductivités montre des valeurs variant de 5 à 465  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et qui reflètent les données des archives, car les conductivités sont surtout faibles au niveau de la zone sédimentaire, elles ne dépassent guère 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et sont plus élevées dans la zone de socle.

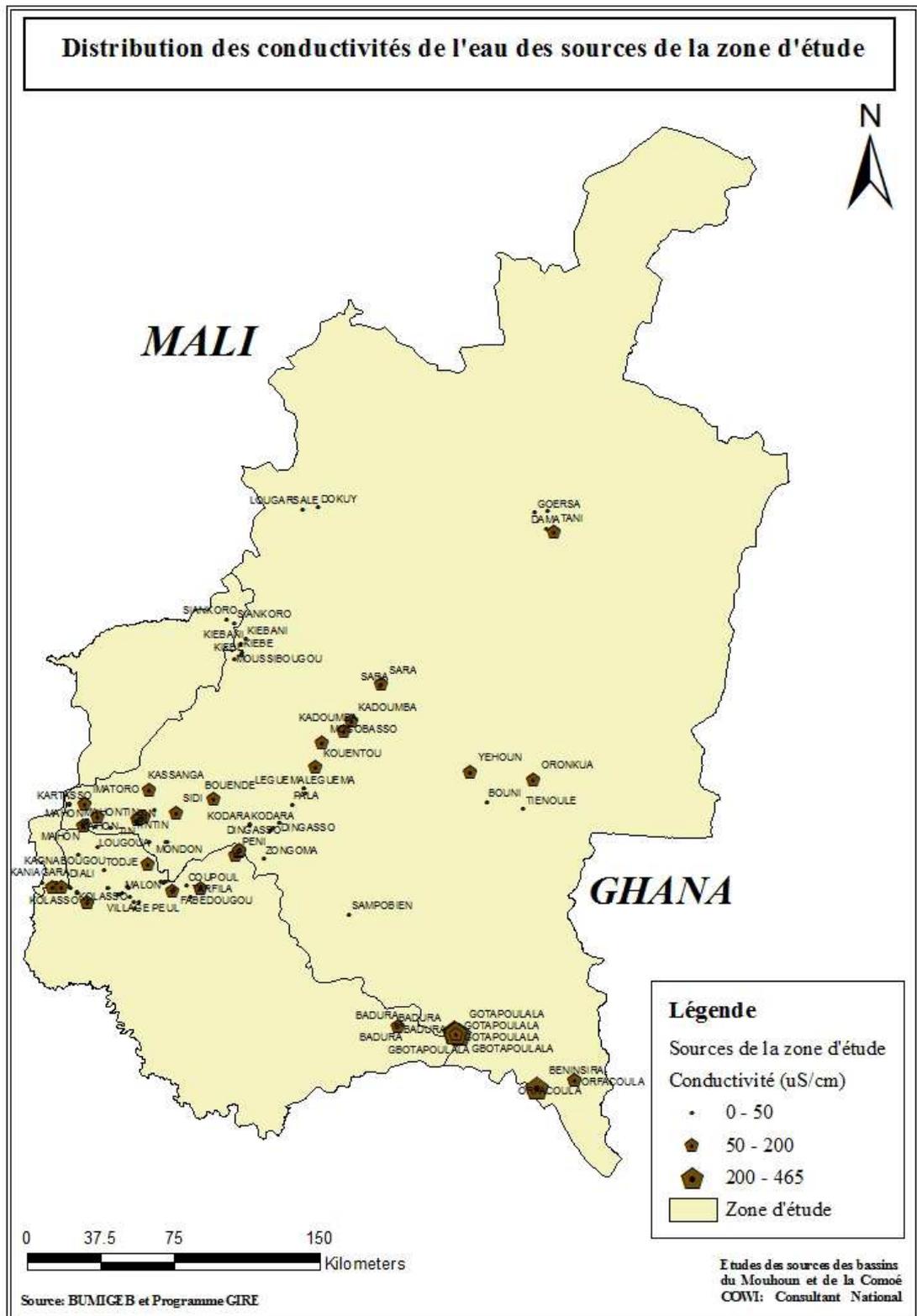


Figure 36: Conductivités de l'eau dans la zone d'étude

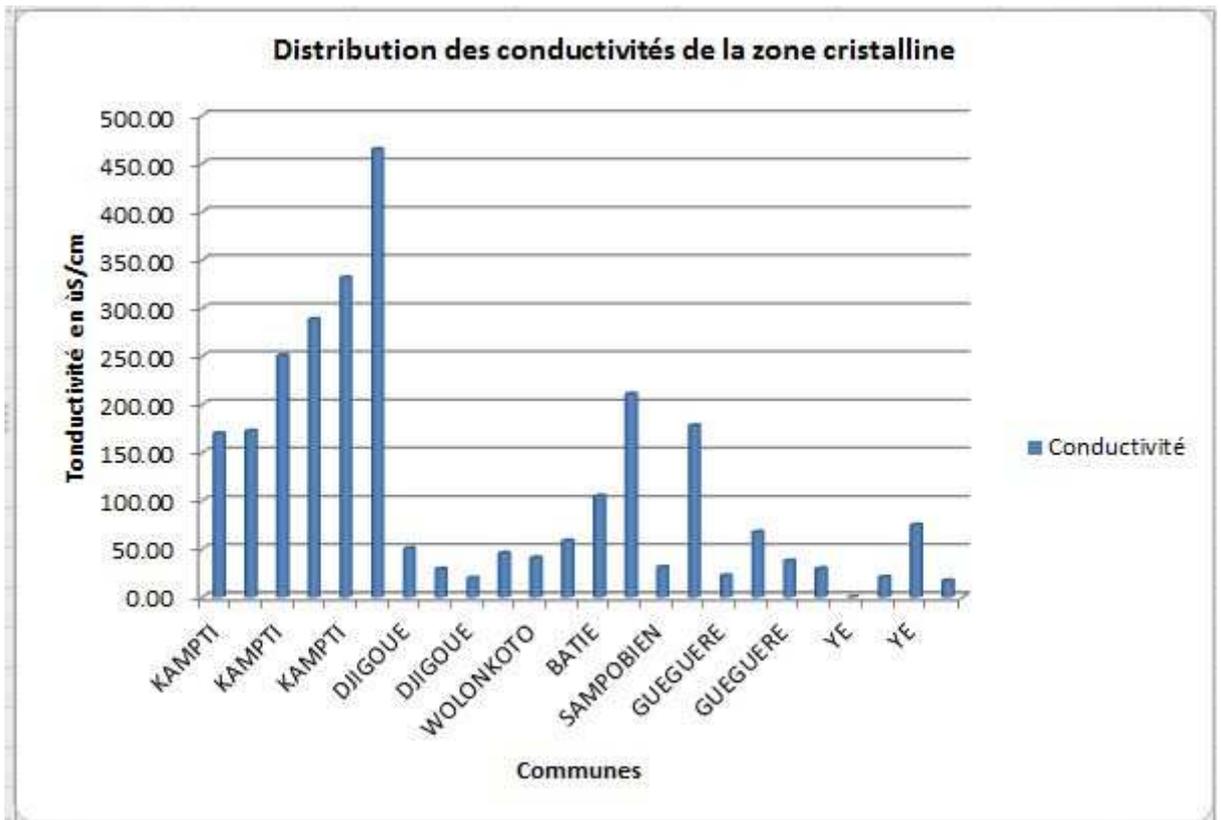


Figure 37: Graphique des conductivités dans les formations cristallines de la zone d'étude

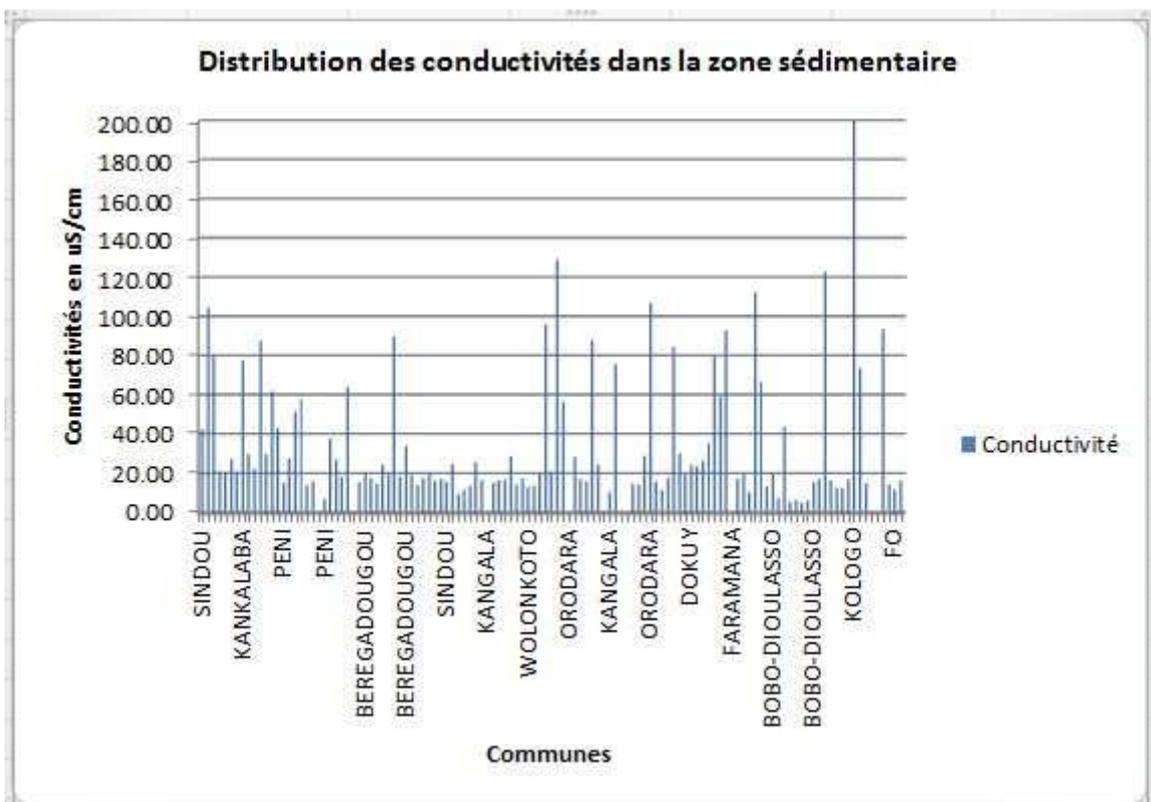


Figure 38: Graphique des conductivités dans les formations sédimentaires de la zone d'étude

### ✓ *Le pH*

Le pH des sources inventoriées varie entre 4 et 9.5. Le chiffre 4 laisse penser à un mélange avec l'eau de pluie ou une contamination avec des substances externes au milieu. En effet l'eau a un pH moyen entre 6.5 et 8.5 et l'eau souterraine a un pH moyen entre 6.0 et 8.5 selon la littérature. Le pH d'une source peut varier naturellement. Certains types de roches et sols, comme le calcaire, peuvent neutraliser l'acide plus efficacement que d'autres types de roches et sols, comme le granit. Lorsqu'il y a un grand nombre de plantes dans un lac ou une rivière les plantes lorsqu'elles meurent laisse sortir le dioxyde de carbone qu'ils possèdent. Le mélange dioxyde de carbone et eau forme un acide carbonique faible et cela peut diminuer le pH de l'eau.

Certaines activités humaines ont des effets nuisibles sur le pH des sources d'eau voisine. Lorsque le dioxyde de soufre et l'oxyde d'azote est émis lors des opérations industrielles, cela provoque des pluies acides.

La pollution chimique provenant des activités industrielles, des individus et des communautés peut rendre l'eau acide. Ces produits chimiques peuvent contaminés l'eau lors de déversement illégal ou un traitement d'eau inadéquat.

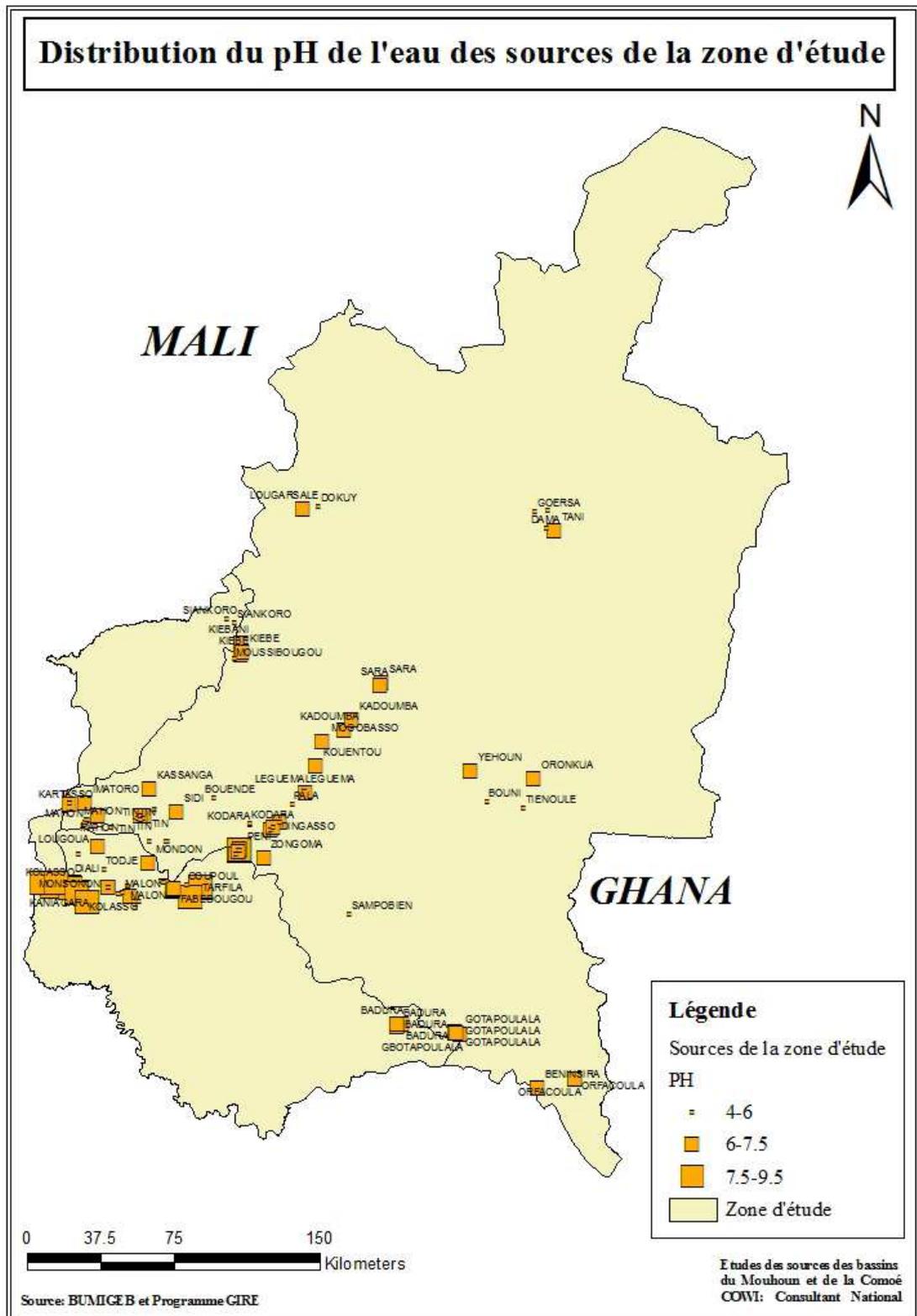


Figure 39: Distribution du pH de l'eau des sources dans la zone d'étude

### ✓ *La température*

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et la nature des écoulements de l'eau souterraine.

Les données disponibles concernent uniquement des mesures ponctuelles faites au cours de l'inventaire. En général, la température moyenne des eaux souterraines est de l'ordre de 21.5°C. Mais comme les eaux des sources stagnent souvent comme des plans d'eau, elles sont affectées par la température ambiante, ce qui justifie cette grande variabilité des températures des eaux des sources.

Les données de températures disponibles ne peuvent pas donner une idée sur les variations à court terme (variations journalières), ainsi que sur les variations à moyen terme (variations saisonnières). Il va falloir réaliser un suivi permanent des températures des sources comme ce devra être d'ailleurs le cas pour les autres paramètres tels que la conductivité et le pH.

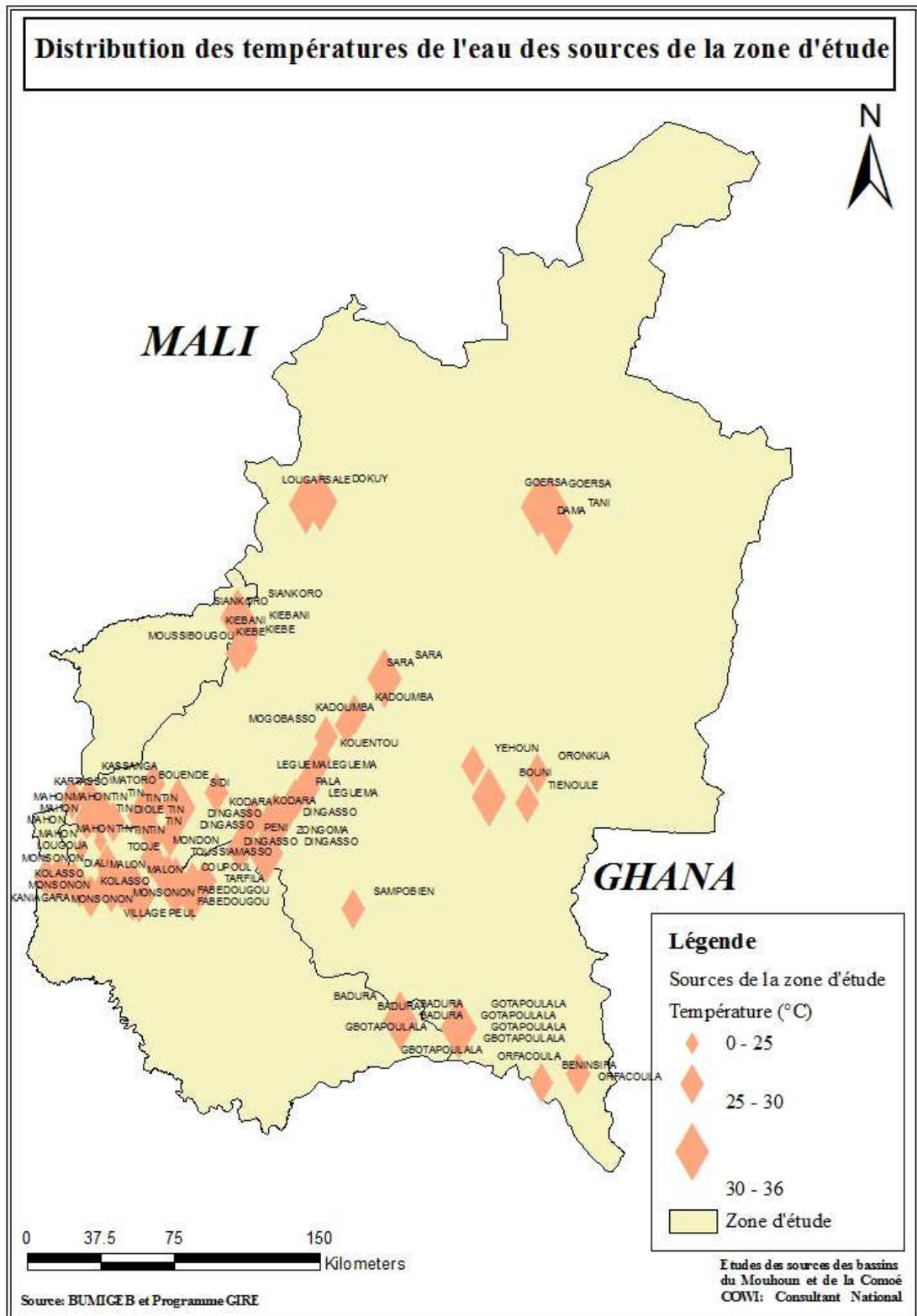


Figure 40 : Distribution des températures des sources dans la zone d'étude

### VII.3.2 Cartographie thématique

La méthodologie utilisée s'est focalisée sur le traitement et l'analyse spatiale des données. Elle a porté sur :

- ✓ La sélection, qui a permis de marquer les entités afin de pouvoir les manipuler.
- ✓ Les requêtes, qui ont permis, à base de critères sémantiques ou spatiaux, d'afficher les entités représentatives. Ces requêtes, soit attributaire ou spatiale, ont été lancées sur un « éditeur de requêtes ». Ce sont des requêtes simples qui ont été utilisés, basée sur un seul champ attributaire.
- ✓ La jointure spatiale, qui a été utilisée pour joindre la table attributaire spatiale à la table Access, pour générer les résultats issus de la base de données du projet. L'identifiant choisi a été la colonne des Identificateurs.
  
- ✓ La combinaison des entités, basée sur « intersection ». L'intersection, générée sur l'outil « intersect » de Arc Toolbox, a permis de représenter les données spatiales, qui conservent les entités se trouvant dans les zones communes aux jeux de données en entrée.

La présentation cartographique s'est faite sur l'éditeur du symbole, en mode mise en page, pour générer les cartes thématiques à symbole unique et aux valeurs uniques.

Pour la mise en œuvre et l'exécution des travaux cartographiques, le matériel et outils techniques suivants ont été utilisés :

- ✓ Des « shapefiles » (fichier de formes), avec table attributaire renseignée, des bassins versants nationaux et internationaux, des sources et des limites territoriales du Burkina Faso ;
  
- ✓ Les cartes topographiques : fonds de cartes topographiques IGB au 1/200.000 en couleur des années 1954 couvrant la zone d'étude;
- ✓ Le logiciel SIG ArcGIS 9.3.

### **VII.3.3 Type de valorisation des sources inventoriées**

Les usages au niveau des sources sont nombreux et 82 des sources inventoriées (56.55%) sont soumises à ces usages, il s'agit surtout de l'approvisionnement en eau de boisson (57 sources), de l'usage agricole (27 sources), de l'abreuvement du bétail (33 sources) et d'autres usages (8 sources). Retenons qu'une même peut servir à plusieurs usages

### **VII.3.4 Pérennité des sources**

A l'étape actuelle de l'inventaire 116 sources soit 80% sont reconnues pérennes selon les dires des responsables des villages où elles sont localisées. Mais au cours de cet inventaire certaines contradictions ont apparu sur cette notion de pérennité que les autochtones des lieux n'arrivaient pas à appréhender. Alors il va s'en dire qu'un inventaire en période d'étiage sera nécessaire pour confirmer l'émergence non intermittente de ces points d'eau.

## VIII Démarche méthodologique pour la protection des sources

Les résultats de l'inventaire des sources nous ont montré qu'il n'y avait que deux sources sur les 145 inventoriées qui ont été aménagées. Il faut reconnaître que ces aménagements ne sont pas entretenus et sont aujourd'hui totalement délabrés. Les sources étant des fenêtres hydrogéologiques c'est à des exutoires de nos aquifères, elles constituent des zones préférentielles de vulnérabilité des aquifères. Ainsi il va s'en que des dispositions soient prises pour les protéger de toutes pollutions (Chimique ou bactériologique)

### VIII.1 Généralités sur la protection des eaux souterraines

Plusieurs critères sont utilisés, dans le cadre général des eaux souterraines, pour caractériser la protection d'un site d'exploitation.

On peut citer :

**Le pouvoir épurateur** du sol et du sous sol et en particulier de la zone non saturée qui peut jouer un rôle d'auto-épuration, en fonction des vitesses de transit, notamment pour l'aspect bactériologique.

**Le temps de transfert** qui définit le temps qu'il faut à une molécule d'eau pour transiter depuis l'origine (précipitation) jusqu'au point d'exhaure. Ce critère permet, à priori, de relativiser l'importance des dispositifs de protection à retenir.

Sachant, en effet, que l'on dispose de moyens de datation de l'eau (C...) on peut être tenté de raisonner de manière distincte selon que l'on considère des temps très longs ou non. Pour des âges importants (> 100 ans et plus) on est parfois tenté de considérer qu'une protection naturelle liée au temps de transfert existe. Pour des âges moins importants (quelques dizaines d'années, voire beaucoup moins) on ne néglige généralement pas le fait qu'une molécule d'eau peut véhiculer des polluants et on prend alors systématiquement en considération l'analyse du "système" dans sa globalité.

Cependant s'agissant de la nécessité d'assurer une gestion *durable* de la ressource, on peut s'interroger sur la validité d'une limitation dans le temps. Le terme de "durable" nécessite en toute logique de développer un raisonnement sur le long terme.

**La distance** qui caractérise l'éloignement relatif entre un ouvrage de captage et une zone d'alimentation, est un critère très subjectif pour limiter une zone de protection car il ne tient pas compte des processus d'écoulement. Dans le cas des eaux de source en particulier, la délimitation de zone de protection basée sur la simple distance (certains périmètres de protection anciens sont définis par un cercle de 100 m autour de la source) ne saurait être considérée comme scientifiquement valable.

**Les limites d'écoulement**, qui consistent à utiliser les caractéristiques physiques, topographiques ou hydrogéologiques qui contrôlent l'écoulement, pour définir l'ensemble du système de circulation de l'eau depuis la zone d'alimentation jusqu'à la zone d'émergence. Ce critère est le plus exhaustif en terme de protection. Il ne doit cependant pas forcément être considéré comme le seul réellement valable car si les zones d'alimentation et d'émergence méritent souvent une attention particulière, certaines zones de circulation profondes ne nécessitent pas de protection spéciale en surface.

## VIII.2 Analyse des risques

Tout système aquifère, d'eau de source, (ensemble du circuit souterrain compris entre la zone d'alimentation et le point d'émergence naturelle initial) a pour caractéristique de devoir être exploité un jour et/ou de voir son exploitation se développer. Il est de plus intégré dans un ensemble global de processus d'intensification de l'occupation des sols.

Le développement de l'activité a pour conséquences :

- une urbanisation et une industrialisation croissantes de l'environnement de la source ;(cas des sources de la Guinguette),
- une multiplication des points de captage et une complexité croissante de la gestion hydraulique du gisement et du mode d'exploitation.

Tout système se situe donc sur une portion de territoire dont l'environnement va évoluer dans le temps (activités humaines diverses).

En relation avec les évolutions évoquées ci-dessus, deux types de risques peuvent être distingués :

- risques « externes » (liés à l'environnement du gisement ou de la source exploitée) ;
- risques « internes » (liés à l'exploitation).

Ces risques peuvent exercer leurs impacts sur quatre paramètres objectifs du fluide

exploité :

⇒ **LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU :**

- *Pollution occasionnelle* :

- causes possibles : Externe : environnement ou acte malveillant

Interne : incident d'exploitation incident de chantier

- *Altération répétitive ou chronique* :

Externe : dérive progressive de la chimie liée à une évolution du gisement ou de l'environnement (zone d'alimentation)

Interne : surexploitation du gisement (effet d'appel à des eaux de qualités différentes), dégradation des conditions d'exploitation (interaction de l'eau et des matériaux avec lesquels elle est en contact), interférences entre captages

⇒ **LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU :**

- *Pollution accidentelle* : même causes que pour la chimie
- *Pollution chronique* : évolution de l'environnement, surexploitation du gisement, pollution « remontante » à partir du bâtiment d'exploitation

⇒ **LE DEBIT D'EAU :**

- *Ouvrage de captage* : vieillissement (colmatage ...), surexploitation, interférences entre captages
- *Gisement* : surexploitation, variations climatiques ...

### **VIII.2.1 ÉLÉMENTS D'ANALYSE DU CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL**

Compte tenu des points évoqués précédemment, il ressort qu'analyser le contexte environnemental d'un site revient à disposer de toutes les informations utiles sur les 3 points

suivants :

1. la vulnérabilité naturelle du gisement, inhérente à sa nature

- (environnement hydrogéologique du système aquifère considéré),
2. l'incidence de l'environnement urbain, industriel ou agricole,
  3. l'incidence des conditions d'exploitation du gisement.

### *Contexte environnemental*

Le degré de vulnérabilité d'un gisement peut en général être considéré comme une constante ; par contre l'environnement et les conditions d'exploitation constituent deux paramètres éminemment évolutifs qui peuvent avoir une incidence sur le degré de vulnérabilité du gisement.

Les éléments d'analyses à considérer pour l'étude d'un site, et qui donc en toute logique doivent figurer dans un dossier de demande d'instauration de protection sont les suivantes :

#### ⇒ **LE CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE**

- *Nature géologique du réservoir* (identification de la formation géologique dans laquelle est captée l'eau) : la nature de la roche a une incidence fondamentale sur la qualité et la vulnérabilité des ressources en eau.

Quelques exemples :

- ✓ roche cristalline (granite, gneiss) : perméabilité de fissures, ressources ponctuelles, potentiel de développement difficile à évaluer, vulnérabilité à la pollution extrêmement variable ;
  - ✓ roche calcaire, suivant qu'elle est karstifiée ou non, ressource pouvant être extrêmement importante, mais filtration plutôt faible, circuits souterrains parfois extrêmement rapides, et vulnérabilité parfois importante ;
  - ✓ sables ou grès, milieux poreux : bonne filtration, possibilités de développement intéressantes.
- *Structure géologique* : elle conditionne également la qualité du gisement : structures planes, plissées, fracturées (failles, etc...). En relation avec la topographie, elle conditionne l'existence des émergences naturelles et la rapidité des circuits souterrains.
  - *Série géologique* : Détermination de la nature et des épaisseurs des couches géologiques qui encadrent le réservoir . Appréciation en termes de perméabilité et d'imperméabilité (existence d'écrans étanches à une

pollution entre la surface et le réservoir : évaluation de la vulnérabilité naturelle du gisement.

- *Bassin d'alimentation* : extension, situation et altitude de la zone d'alimentation ; incidence sur les risques de pollution.
- *Précipitations* : les données concernant le bassin d'alimentation sont particulièrement intéressantes à exploiter. (incidence des périodes de recharge sur la chimie et sur le régime hydraulique)

#### ⇒ **LE CONTEXTE HYDRAULIQUE**

- *équipement des ouvrages de captages* (pompes et tête d'ouvrage) : évaluation des dispositifs de protection de l'émergence et de suivi des paramètres de l'exploitation (débit, pression, qualité). Les précautions qui ont été prises pour assurer une gestion durable de la ressource
- *modalité d'exploitation* : condition de fixation du débit d'exploitation et du rythme envisagé (continu, alternatif), incidence sur les ouvrages voisins, rabattement, variations en fonction des situations de recharge de la nappe, incidence sur les nappes adjacentes.

#### ⇒ **LE CONTEXTE GEOCHIMIQUE**

- appréciation de ce qui, le cas échéant, différencie l'eau de source à protéger de son environnement hydrogéologique (c'est-à-dire d'une eau de nappe « banale »), en termes de composition chimique (y compris si possible radioactivité naturelle et isotopes stables, deutérium, oxygène 18 et tritium, de l'eau considérée), et également en termes de bactériologie et de débit.
- caractérisation de ces paramètres, pour la ressource considérée ainsi que pour tous les points d'eau représentatifs de l'environnement hydrogéologique de cette ressource (afin de pouvoir comparer et différencier les différentes ressources en eau).

Comme remarque : *On accordera une attention particulière au contrôle de la fiabilité de ces données, et donc à la vérification détaillée des conditions et méthodes de prélèvement et de conditionnement des échantillons, des méthodes d'analyse et des mesures utilisées (en comparant au besoin les données d'analyses issues de contrôles réglementaires, des suivis particuliers réalisés par les exploitations et éventuellement d'archives).*

⇒ **LE CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET HUMAIN**

- topographie et géographie (position relative du site),
- couverture et occupation des sols : analyse aussi précise que possible du type d'agriculture et/ou d'élevage pratiqué, mode cultural,
- degré d'urbanisation et système d'assainissement existant (y compris parc de loisir, cimetières, décharges),
- caractérisation des activités industrielles existantes (y compris mines et carrières),
- réseau de transports (route, rail, y compris aire de stationnement et stockage, station service),
- qualité des plans d'eau ou cours d'eau voisins.

L'analyse de l'activité humaine (agriculture, élevage ou industrie) dans le secteur considéré devra porter sur le passé (exemple : rémanence parfois très longue de certains produits phytosanitaires utilisés en agriculture) sur le présent et sur les projets de développements.

On retiendra comme remarque : *Une analyse du contexte historique d'un site d'exploitation peut apporter des informations très intéressantes sur le contexte global de protection. La trace de problèmes passés et les moyens de les résoudre, l'analyse des données pluviométriques en regard des débits et niveaux mesurés ou encore des chroniques d'analyses de chimie ou de bactériologie peuvent apporter des indications sur l'existant et orienter les démarches pour assurer une meilleure protection.*

## **IX Conclusion.**

L'étude des sources a montré qu'un grand nombre d'émergences existe dans les deux espaces de gestion du Mouhoun et des Cascades. L'inventaire a dénombré partiellement 145 sources dont deux ont été aménagées pour faciliter l'accès à l'eau par la population, soit 1,37% de l'ensemble des sources inventoriées. Il s'agit des émergences de Pala dans la commune de Bobo-Dioulasso et celles de Dokuy dans la commune de Dokuy

Dans l'espace de gestion du Mouhoun, 78 sources (53.79%) ont été inventoriées dont 73 sources (50.34%) dans le bassin hydrographique du Mouhoun et 5 sources (3.45%) dans celui du sous-bassin du Banifing et 67 sources dans celui de la Comoé soit 46.21 %.

De toutes ces sources, 120 soit 82.76% proviennent des formations sédimentaires dont 66 dans l'espace de gestion du Mouhoun et 54 dans celui des Cascades.

Quant au niveau du socle, on rencontre 25 sources (17.25%) avec la répartition suivante : 14 pour le Mouhoun et 11 pour la Comoé.

S'agissant de la productivité, l'analyse statistique des débits montre que les sources à gros débits sont situées dans la zone sédimentaire avec des valeurs variant de 0.5 m<sup>3</sup>/h à 1080 m<sup>3</sup>/h dont le plus gros débit se trouve dans la commune de Wolonkoto et plus précisément dans le village de Malon (Djiguitifoulo). Quant à la zone cristalline, elle contient des sources aux débits modestes et qui varient entre 0.20 et 15 m<sup>3</sup>/h.

L'interprétation des données physicochimiques montrent que tous les paramètres sont globalement acceptables en matière de qualité de la ressource, mais ils ont été apparemment affectés par les eaux de pluie.

La distribution des conductivités montre des valeurs variant de 5 à 465 µS/cm et qui reflètent les données des archives, car les conductivités sont surtout faibles au niveau de la zone sédimentaire. Dans cette partie des deux espaces de gestion, elles ne dépassent guère 200 uS/cm et sont plus élevées dans la zone de socle.

Le pH des sources inventoriées varie entre 4 et 9.5. Le chiffre 4 laisse penser à un mélange avec l'eau de pluie ou une contamination avec des substances externes au milieu.

Certaines activités humaines ont aussi des effets nuisibles sur le pH des sources d'eau voisine. Lorsque le dioxyde de soufre et l'oxyde d'azote est émis lors des opérations industrielles, cela provoque des pluies acides.

La pollution chimique provenant des activités industrielles, des individus et des communautés peut rendre l'eau acide.

La pérennité des sources devra être confirmée ou infirmée en période d'étiage. Pour finir nous dirons que ces points d'eau semblent être totalement abandonnés, ce qui bien sûr précipitera leur disparition. L'importance de ces exutoires n'est plus à démontrer car ils contribuent à la pérennité des cours d'eau des deux bassins hydrographiques, il faudra que les deux agences de l'eau prennent les dispositions qui seyant pour assurer la protection de ces sources.

## **X Recommandations**

Cette étude des sources n'est qu'à sa première phase et l'inventaire n'a pas couvert complètement les espaces de gestion des agences de l'eau du Mouhoun et des Cascades.

De cette première phase plusieurs recommandations se sont dégagées :

- 1) Doter les agences de l'eau d'équipements adéquats (GPS, Kit de mesures de paramètres physico-chimiques et de mesures de débits...etc) pour continuer cet inventaire ;
- 2) Faire un inventaire en période d'étiage afin de confirmer ou d'infirmer la pérennité des sources ;
- 3) Exécuter un inventaire exhaustif dans toutes les communes des deux espaces de gestion concernées ;
- 4) Prélever des échantillons d'eau sur les sources ayant un débit supérieur ou égal à 5 m<sup>3</sup>/h et procéder à des tests de qualité ;
- 5) Mettre en place un lexique sur les sources qui pourra comprendre de prime abord les coordonnées géographiques, l'altitude, quelques paramètres physico-chimiques et l'aquifère qui la contient,
- 6) Mettre en place un réseau de suivi qualité et débit de l'eau des sources considérées comme importantes
- 7) Caractériser hydrogéologiquement les émergences les plus importantes et engager une étude de protection de ces sources ;
- 8) Aménager les sources pour en faire de points de captages seins tout en tenant compte des écosystèmes environnants.

## **XI BIBLIOGRAPHIE**

## **XII ANNEXES**

- I. Liste de des équipes des agences de l'eau
- II. Fiche d'inventaire et fiche d'enquête
- IV. Photos illustratives
- V. Cartes thématiques