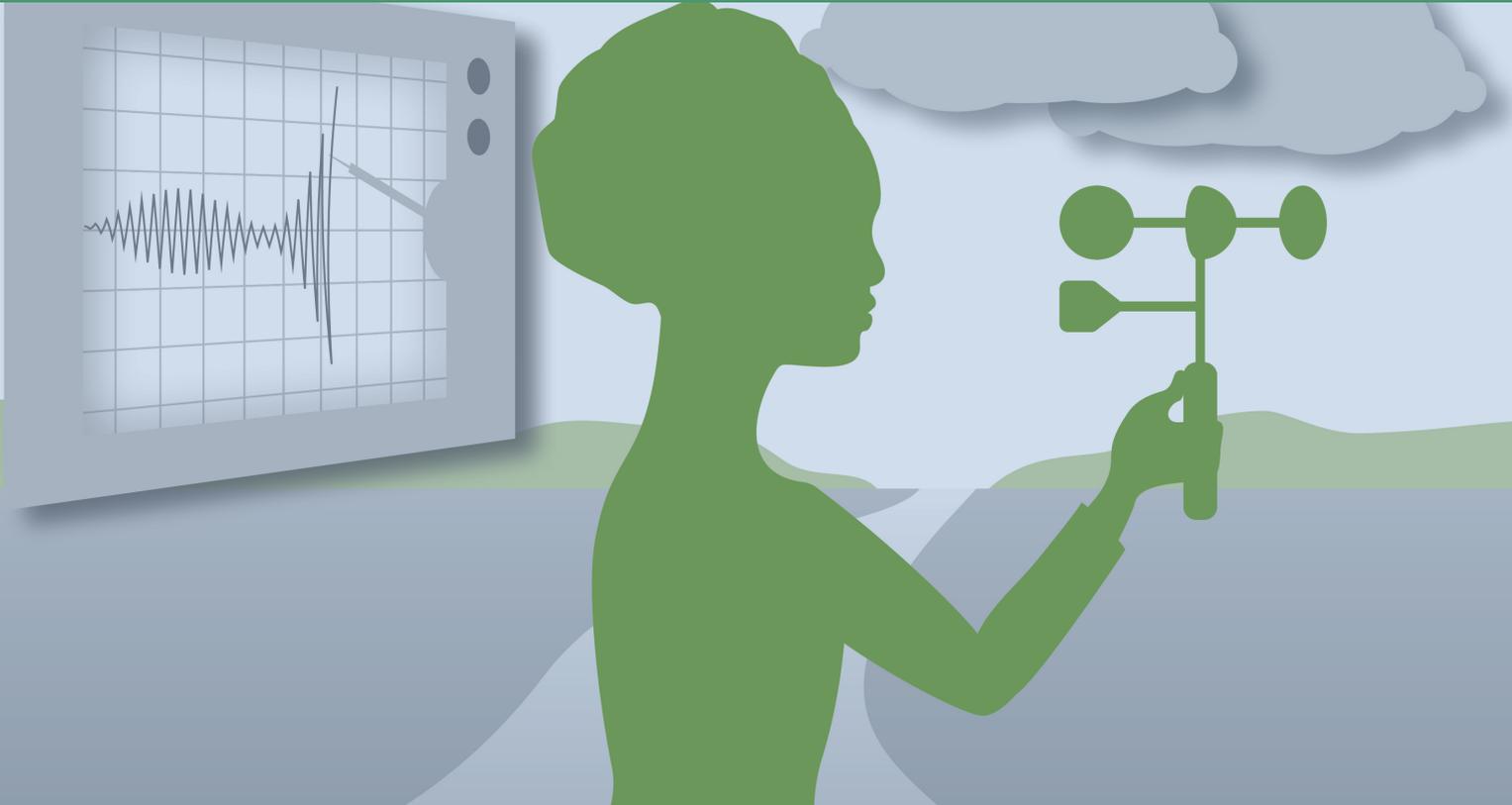




PAS-PNA

Burkina Faso



Projet d'Appui Scientifique aux processus de Plans Nationaux d'Adaptation

Sous la tutelle du Ministère de l'Environnement, de l'Economie Verte et du Changement Climatique du Burkina Faso

État des lieux des connaissances scientifiques sur les ressources en eau au Burkina Faso et de l'impact des changements climatiques sur ces ressources

Septembre 2019

Mis en oeuvre par :



Mandaté par :



de la République fédérale d'Allemagne

Sous la tutelle de :



En coopération avec :



## AUTEURS

François Zougmoré  
Lucien Damiba  
Sarah D'haen  
Sidzabda Djibril Dayamba

Cette publication peut être reproduite en tout ou partie, sous quelque forme que ce soit, à des fins pédagogiques et non lucratives, sur autorisation spéciale de Climate Analytics, à condition que sa source soit mentionnée et référencée.

Cette publication ne peut être revendue ou utilisée à des fins commerciales sans autorisation écrite préalable de Climate Analytics.

Nous regrettons toutes erreurs ou omissions qui auraient été commises involontairement.

Ce document peut être cité sous le titre :

ZOUGMORE F., DAMIBA L., D'HAEN S., DAYAMBA S. D., 2019. État des connaissances scientifiques sur les ressources en eau au Burkina Faso et de l'impact des changements climatiques sur ces ressources. Report produced under the project "Projet d'Appui Scientifique aux processus de Plans Nationaux d'Adaptation dans les pays francophones les moins avancés d'Afrique subsaharienne", Climate Analytics gGmbH, Berlin.

Une copie numérique de ce rapport est disponible en ligne sur :  
[www.climateanalytics.org/publications](http://www.climateanalytics.org/publications)

Cette étude est financée dans le cadre du Projet d'Appui Scientifique aux processus de Plans Nationaux d'Adaptation dans les pays francophones les moins avancés d'Afrique subsaharienne, relevant de l'Initiative Internationale pour le Climat (IKI) soutenue par le Ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la Nature et de la Sureté Nucléaire (BMU) en vertu d'une décision du Parlement de la République fédérale d'Allemagne, et mis en oeuvre par Climate Analytics et la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

## Table des matières

<b>Résumé .....</b>	<b>6</b>
<b>1 Introduction.....</b>	<b>8</b>
<b>2 Contexte .....</b>	<b>11</b>
2.1 Caractéristiques géographiques du Burkina Faso.....	11
2.2 Climat du Burkina Faso .....	11
2.3 Ressources en eau du Burkina Faso (objet de la présente étude) .....	11
2.3.1 Bassin versant national de la Comoé.....	13
2.3.2 Le bassin versant national du Mouhoun .....	14
2.3.3 Le bassin national du Nakanbé.....	14
2.3.4 Bassin versant national du Niger .....	14
2.4 Caractéristiques géologiques du Burkina Faso .....	15
2.5 Caractéristiques socio-démographiques et économiques du Burkina Faso.....	16
<b>3 Méthodologie .....</b>	<b>18</b>
3.1 Identification et rencontres des structures travaillant sur le changement climatique en lien avec ressources en eau/sécurité de l'eau .....	18
3.2 Revue documentaire.....	18
3.3 Elaboration de base de métadonnées .....	19
3.4 Analyse de la documentation .....	20
<b>4 Résultats.....</b>	<b>21</b>
4.1 Evolution des études et recherches sur les ressources en eaux .....	21
4.2 Observation et gestion des ressources en eau .....	23
4.3 Production des connaissances sur l'état actuel des ressources en eau au Burkina Faso .....	24
4.3.1 Production des connaissances sur la quantité d'eaux de surface.....	25
4.3.2 Production des connaissances sur les eaux souterraines .....	26
4.3.2.1 Production des connaissances sur les eaux souterraines du socle cristallin .....	26
4.3.2.2 Production des connaissances sur les eaux souterraines des aquifères sédimentaires .....	27
4.3.2.3 Production des connaissances sur les quantités des eaux souterraines .....	28
4.3.2.4 Production des connaissances sur l'évolution des nappes d'eau souterraine .....	29
4.3.3 Production des connaissances sur la qualité de la ressource en eau .....	30
4.4 Production des connaissances sur la demande actuelle en ressources en eau et sa projection à l'horizon 2030 .....	32
4.5 Production des connaissances sur l'évolution des variables climatiques et météorologiques et vulnérabilité des ressources en eau. ....	33

<b>5 Synthèse et discussion.....</b>	<b>34</b>
5.1 Multitude de travaux sur les ressources en eau au Burkina Faso mais peu sur l'impact des changements climatiques sur ces ressources.....	34
5.2 Une multitude de productions disséminées, dispersées, éparpillées : une absence de gestion correcte des données. ....	35
5.3 Une multitude de travaux mais qui connaissent des limitations quant aux résultats .....	36
<b>6 Recommandations .....</b>	<b>38</b>
<b>Références.....</b>	<b>39</b>
<b>Annexe 1 : Liste des structures et Institutions ciblées pour la collecte des données.....</b>	<b>52</b>
<b>Annexe 2 : Liste des sites web visités, .....</b>	<b>53</b>

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Géologie simplifiée du Burkina Faso .....	15
<b>Figure 2</b> : Évolution du nombre des études & travaux dans le temps.....	21
<b>Figure 3</b> : Distribution du nombre des études & travaux selon le thème abordé .....	22
<b>Figure 4</b> : Carte des bassins versants et réseau hydrographique du Burkina Faso .....	24
<b>Figure 5</b> : Mode de gisement des ressources en eau souterraine décrit par Savadogo A.N.....	26
<b>Figure 6</b> : Formations sédimentaires occidentales à cheval entre le Mali et le Burkina Faso .....	28
<b>Figure 7</b> : Localisation des stations pluviométriques dans la base de données de Sivakumar utilisés dans les analyses .....	36

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Bassins versants du Burkina et leur superficie.....	12
<b>Tableau 2</b> : Agences de l'eau du Burkina Faso.....	23
<b>Tableau 3</b> : Débits moyens ainsi que les apports annuels en eau de surface par bassin versant .....	25
<b>Tableau 4</b> : Eaux souterraines : potentiel total et part renouvelable annuellement .....	29
<b>Tableau 5</b> : Demandes en eau 2016 en $10^3\text{m}^3$ .....	32
<b>Tableau 6</b> : Projections échéance 2030 en $10^3\text{m}^3$ .....	32

## Abréviations, sigles et acronymes

ABN :	Autorité du Bassin du Niger
ABV :	Autorité du Bassin de la Volta
ACMAD :	African Centre of Meteorological Application for Development
AEP :	Approvisionnement en Eau Potable
AOC-HYCOS :	Système d'observation hydrologique pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre
BEWACO :	Bilan d'Eau IWACO
BID :	Banque Islamique de Développement
BOAD :	Banque Ouest-Africaine de Développement
BRAKINA :	Brasseries du Burkina
BUMIGEB :	Bureau des Mines et de la Géologie du Burkina
CCNUCC :	Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CDE :	Centre de Documentation sur l'Eau
CIEH :	Comité Inter-africain d'Etudes Hydrauliques
CILSS :	Comité permanent Inter-États de Lutte contre la Sécheresse au Sahel
CND :	Commission Nationale de la Décentralisation
CNRST :	Centre National de la Recherche Scientifique et Technique
CSAO/OCDE :	Secrétariat du Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest
DIE :	Centre de Documentation de la Direction des Études et de l'Information sur l'Eau
DIEPA :	Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement
DIRH :	Direction de l'Inventaire des Ressources Hydrauliques
EIER :	Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Équipement Rural
ETP :	Évapotranspiration potentielle
ETSHER :	Ecole des Techniciens Supérieurs de l'Hydraulique et de l'Équipement Rural
FAO:	Food and Agriculture Organisation
FCFA :	Franc CFA
FED :	Fonds Européen de Développement
FEM :	Fonds pour l'Environnement Mondial
GIRE :	Gestion Intégrée des Ressources en Eau
GIEC :	Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
GWP :	Global Water Partnership
INERA :	Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles
INSD :	Institut national de la Statistique et de la Démographie
IRD :	Institut pour la Recherche et le Développement (ex-ORSTOM)
KfW :	Coopération allemande
MEE :	Ministère de l'Environnement et de l'Eau
OMM :	Organisation Mondiale de la Météorologie

ONBAH :	Office National des Barrages et des Aménagements Hydroagricoles
ONEA :	Office National de l'Eau et de l'Assainissement
ONG :	Organisation Non Gouvernementale
ORSTOM:	Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
OSS :	Observatoire du Sahara et du Sahel
GICRESAIT :	Gestion Intégrée et Concertée des Ressources en Eau des Systèmes Aquifères d'Iullemeden, de Taoudéni/Tanezrouft et du fleuve Niger
PANA :	Programme d'Action National pour l'Adaptation
PAS :	Programme d'Ajustement Structurel
PASA :	Programme d'Ajustement du Secteur Agricole
PIB :	Produit Intérieur Brut
PNDES :	Plan National de Développement Economique et Social
PNUD :	Programme des Nations-Unies pour le Développement
RAF :	Réorganisation Agraire et Foncière
RESO :	Programme de développement des Ressources en Eau du Sud-Ouest
SAGE:	Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau
UEMOA :	Union Economique et Monétaire Ouest-Africaine
UICN :	Union Internationale pour la Conservation de la Nature

## Résumé

Le Burkina Faso, à l'instar des autres pays sahéliens, est soumis à des effets du changement climatique. Depuis 1950, la température moyenne a augmenté de presque 2 degrés Celsius. Pour la fin du 21ème siècle, les projections de température sur l'Afrique de l'Ouest se trouvent entre 3°C et 6°C au-dessus de la base de référence de la fin du 20ème siècle. Situé dans la zone de transition entre l'ouest et l'est du Sahel, le pays est caractérisé par une grande variabilité dans la répartition des précipitations, dans le temps et dans l'espace, et les dernières décennies, on constate une augmentation en nombre et en fréquence d'évènements climatiques extrêmes. Bien que beaucoup de modèles s'accordent sur le fait que le changement climatique se traduira par une tendance de diminution des précipitations dans l'Ouest du Sahel et une augmentation dans l'Est du Sahel, l'attribution au changement climatique des évènements extrêmes de pluie était, jusque-là, moins claire, et un grand nombre de projets de recherche ont exploré les mécanismes entre notamment le changement climatique et la fréquence et l'intensité de ces évènements extrêmes.

Quelles que soient les tendances, les changements climatiques auront des impacts sur différents secteurs du Burkina Faso et notamment sur les ressources en eau.

Dans ce contexte, le Burkina Faso a pris un certain nombre de mesures (notamment l'adoption, en 2015, de son Plan National d'Adaptation - PNA) afin de pouvoir se doter des moyens nécessaires pour faire face aux effets négatifs des changements climatiques.

Pour la formulation du PNA, le Burkina Faso s'est appuyé sur plusieurs études scientifiques. Cependant, le secteur des ressources en eau n'ayant pas été traité de façon spécifique (mais plutôt transversale), les connaissances sur les ressources en eau sont restées dispersées et il manque explicitement, une vue d'ensemble des connaissances sur les ressources en eau et sur les impacts du changement climatique dans ce secteur.

Pour la mise en œuvre du PNA, le Burkina bénéficie pour la période 2018-2019 du Projet d'Appui Scientifique aux processus de Plans Nationaux d'Adaptation (PAS-PNA) financé par le Ministère fédéral Allemand de l'Environnement, de la Protection de la Nature et la Sûreté Nucléaire (BMU), et mis en œuvre par la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) en collaboration avec Climate Analytics. Les connaissances scientifiques qui doivent sous-tendre le processus PNA sont le focus de la composante 2 du projet PAS-PNA.

La présente étude, qui s'inscrit dans le cadre de la composante 2 du PAS-PNA, vise à combler les insuffisances en termes de capitalisation de connaissances existantes, en donnant un panorama, le plus exhaustif possible, des connaissances scientifiques existantes relatives aux ressources en eau au Burkina Faso et à l'impact des changements climatiques sur ces ressources.

Elle a été menée à travers une revue de littérature, aussi bien que de rencontres avec des personnes ressources dans le secteur des ressources en eau. L'étude a fait ressortir que beaucoup d'écrits existent sur la thématique ressources en eau et certains abordent l'aspect changement climatique ; il a été recensé 2272 documents de littérature grise (études commandées par diverses institutions, des livres et ouvrages divers, des comptes-rendus d'ateliers, les rapports techniques, les manuels de procédures et des communications non publiées, etc.) et 290 documents avec revue de pairs (thèses de Doctorat, Master, articles scientifiques, etc.).

Beaucoup d'aspects des impacts des CC sur les ressources en eau sont élucidés dans la littérature existante. Par exemple, les tendances, pour le Burkina Faso, sont similaires à celles observées en Afrique de l'Ouest, notamment, (i) une hausse des températures, en particulier pour les zones soudaniennes et soudano-

sahéliennes; (ii) des changements dans la répartition dans le temps des précipitations matérialisés par des incertitudes sur le début et la durée des saisons de pluie, l'occurrence de périodes de sécheresse, la diminution du nombre de faibles pluies et l'augmentation du nombre de fortes pluies. Du point de vue du régime hydrologique, il ressort que les effets du changement climatique vont se poursuivre et se manifester, surtout en zone du socle, 80% du pays, par une diminution des infiltrations, une augmentation de l'évapotranspiration, une augmentation des écoulements, une dégradation de la qualité des eaux.

Aussi, l'étude a fait ressortir qu'il manque sérieusement, un bon système de gestion de données pour permettre aux décideurs politiques, aux planificateurs, aux collectivités locales, aux exploitants de l'eau, les moyens d'accès aux informations ci-dessus citées pour formuler et mettre en œuvre des stratégies et mesures d'adaptation appropriées.

Par ailleurs, on observe une densité des stations hygrométriques insuffisante au niveau des bassins versants nationaux, le non suivi des réseaux de capteurs qui sont installés (ce qui joue sur la fiabilité des mesures). Pour ce qui est des ressources en eaux souterraines, outre le problème de la répartition des piézomètres et de la fiabilité de leurs données, l'évaluation des ressources en eau souterraine, totales ou renouvelables, est rendue extrêmement imprécise par le manque de précision sur les données altimétriques ; l'inexistence d'information complète sur leurs potentialités réelles (débit, épaisseur saturée) ; le manque de connaissance sur la porosité efficace pour les nappes libres et le coefficient d'emmagasinement pour les nappes captives (qui sont des paramètres fondamentaux pour estimer les ressources en eau).

L'étude recommande entre autres : (i) le renforcement de la connaissance et de la capacité de gestion des ressources en eau de surface à travers le suivi hydrologique in situ et la télédétection, (ii) la génération de connaissance sur la qualité des ressources en eaux (eau de surface, eau souterraine, notamment en zone du socle), (iii) la densification des réseaux de capteurs pour la collecte des données météorologiques, climatiques, hydrologiques, hydro-géologiques et agro-météorologiques.

# 1 Introduction

Au plan mondial, le système climatique de la terre est en réchauffement. A compter des années 1950, beaucoup de changements sont observés : le réchauffement de l'atmosphère, des mers et des océans, la fonte des glaciers et des couvertures neigeuses et l'élévation du niveau des mers. Les phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes liés au changement climatique tels que les vagues de chaleur, les fortes précipitations et les inondations s'aggravent progressivement à mesure que le réchauffement augmente<sup>1</sup>. En effet, selon le GIEC (2014a), « Les projections pour 2081–2100 (par rapport à 1986–2005) réalisées sur la base de tous les scénarios d'émissions considérés indiquent une augmentation de la température de surface au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. Il est très probable que la fréquence et la durée des vagues de chaleur augmenteront et que les précipitations extrêmes vont devenir plus intenses et plus fréquentes dans de nombreuses régions. Les océans vont continuer de se réchauffer et de s'acidifier et le niveau moyen de la mer de s'élever ».

L'Afrique, au cours de son histoire, a traversé diverses périodes climatiques. Ainsi en remontant dans le temps, il apparaît qu'avant la fin de l'ère glaciaire, il y a 18 000 ans, le continent était quasiment désertique, avec quelques zones humides, confinées en quelques endroits (Nicholson, 2001). Cette période de sécheresse a été suivie par une période humide qui s'est ensuite installée entre -12 000 et -5 000 ans. Elle a fait disparaître la quasi-totalité des zones arides et permis le développement de l'agriculture et de l'élevage dans la partie actuelle de l'Ouest du Sahara. L'existence d'un gigantesque lac Tchad à l'Holocène moyen, il y a plus de 6 000 ans, atteste de ces fluctuations historiques » (OSS-GICRESAIT, 2012). Ces fluctuations se sont poursuivies au cours des deux derniers millénaires.

L'époque des premiers grands empires, connus, d'Afrique de l'Ouest (5<sup>ème</sup> au 14<sup>ème</sup> siècle) correspond ainsi à une période plus arrosée, plus humide. Cinq siècles plus tard, au début du 19<sup>ème</sup> siècle, en revanche, une période aride survient à nouveau : Le Nil est fortement touché et le lac Tchad connaît un assèchement (Nicholson, 2001). Le 20<sup>ème</sup> siècle a débuté avec une période sèche de courte durée qui a été suivie d'une phase humide. Cette phase humide s'est éteinte dans les années 1960. Lors de la décennie 1970-1980 l'Afrique va voir à nouveau une aridification du climat.

Pour ce qui est des prédictions du futur, les modélisations climatiques ne s'accordent pas toutes. Cependant, il se dégage un consensus pour une tendance vers l'apparition de périodes de sécheresses sévères et longues. En effet, le *Rapport de Synthèse* du GIEC indique, pour 2081–2100 par rapport à 1986–2005 : « Les projections réalisées sur la base de tous les scénarios d'émission considérés indiquent une augmentation de la température de surface au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. Il est très probable que la fréquence et la durée des vagues de chaleur augmenteront et que les précipitations extrêmes vont devenir plus intenses et plus fréquentes dans de nombreuses régions. Les océans vont continuer de se réchauffer et de s'acidifier et le niveau moyen de la mer de s'élever » (GIEC, 2014a). *Les projections indiquent que les températures devraient augmenter plus rapidement que la moyenne globale pendant le 21<sup>ème</sup> siècle, en particulier en Afrique de l'Ouest tropicale où des climats sans précédents devraient avoir lieu 1 à 2 décades plus tôt que la moyenne globale* (GIEC, 2014b). Le Groupe de Travail II du GIEC sur « *Impacts, Adaptation et vulnérabilité* » (Niang et al., GIEC, 2014b) fait ressortir nettement que « L'Afrique est un des continents les plus vulnérables face aux changements climatiques en raison d'une hausse drastique des températures et d'une capacité d'adaptation limitée ». Mais l'Afrique n'est pas préparée pour faire face à cette situation.

---

<sup>1</sup> En 2018 il y a eu 35,4 millions de victimes suite aux inondations, 9,4 millions suite aux sécheresses et près de 400 mille dû aux températures extrêmes (Source: EM-DAT (International Disaster Database <https://www.unisdr.org/archive/63267> )

Le Sahel, défini comme la zone de transition entre le Sahara aride, au Nord, et la zone soudanienne humide, au Sud, connaît depuis la fin des années 1960s une situation climatique sèche caractérisée par une baisse importante de la pluviométrie annuelle (Nicholson, 1978 ; Nicholson and Palao, 1993 ; Brooks, 2004 ; Ibrahim, 2012, Sylla et al, 2013). *Pour la fin du 21<sup>ème</sup> siècle, les projections de températures sur l’Afrique de l’Ouest se trouvent en hausse entre 3°C et 6°C au-dessus de la base de référence de la fin du 20<sup>ème</sup> siècle (Meehl et al., 2007 ; Fontaine et al., 2011 ; Mariotti et al., 2011 ; Diallo et al., 2012 ; Vizy et al., 2013).*

*Pour les précipitations, de nombreuses incertitudes subsistent pour la région, car les projections climatiques divergent pour diverses raisons (Hulme et al., 2001 ; Jung and Kunstmann, 2007 ; Biasutti and Sobel, 2009 ; Sylla et al, 2013). Néanmoins en ce qui concerne les tendances générales, il est prévu, malgré la divergence entre ces modèles climatiques et les incertitudes élevées, une légère baisse des précipitations (5 à 10%) pour la partie Ouest et une légère augmentation pour la partie Est (5 à 15%) (OSS-GICRESAIT, 2012).*

Le Burkina Faso, pays sahélien, connaît à l’instar du Sahel ouest africain, des changements dans la répartition des précipitations, avec le temps, et l’augmentation de l’occurrence des événements extrêmes (LAMI, 2012j-k, Doumounia et al 2014). Le nombre de faibles précipitations devraient décroître et le nombre d’événements de fortes pluies devraient augmenter (Gamal, 2009; LAME, 2012j; PANA, 2014). Le début de la saison des pluies devrait être un retard probable et la durée des périodes de sécheresses devraient augmenter d’environ 20%. Néanmoins, les valeurs mensuelles des précipitations devraient rester stables. Une hausse des températures sur l’ensemble du territoire mais en particulier pour les zones soudanienne et soudano-sahélienne est apparente à travers les projections climatiques réalisées sur l’ensemble du pays (LAME, 2012a). Un ensemble de modèles climatiques régionaux (RegioClim) confirme une augmentation de plus de 3°C entre 1960 et 2080 principalement dans le Nord du pays sous le scénario RCP4.5 (Climate Analytics, 2018).]

Ces phénomènes météorologiques et climatiques auront des impacts sur les différents secteurs de la vie socio-économique du Burkina Faso : Les impacts du réchauffement climatique global présentent des risques sérieux pour les ressources en eau et pour tous les activités et organismes qui en dépendent. En effet, « les zones rurales devraient subir le contrecoup d’incidences majeures sur l’eau disponible, l’approvisionnement en eau, la sécurité alimentaire, les infrastructures et les revenus agricoles, et devraient connaître en particulier des déplacements des zones de production de cultures vivrières ou non vivrières à travers le monde (*degré de confiance élevé*) » (GIEC, 2014a).

Pour le Burkina Faso, un des PMA<sup>2</sup>, à 80% agricole, les ressources en eau occupent une place incontournable dans l’économie nationale du pays et leur sensibilité aux impacts des changements climatiques risque de remettre en question les objectifs du Plan National de Développement Economique et Social (PNDES 2016-2020). C’est à juste titre que le Programme d’Action National d’Adaptation (PANA) considère les secteurs de l’eau et de l’agriculture, étroitement liés, comme étant les plus durement touchés par les changements climatiques, suivis par les secteurs de l’élevage et de la foresterie.

---

<sup>2</sup> Pays les Moins Avancés, selon critères définis par l’ONU en 1971 : Afghanistan, Angola, Bangladesh, Bénin, Bhoutan, Burkina Faso, Burundi, Cambodge, Centrafrique, Comores, République Démocratique du Congo, Djibouti, Erythrée, Ethiopie, Gambie, Guinée, Guinée Bissau, Haïti, Kiribati, Laos, Lesotho, Liberia, Madagascar, Malawi, Mali, Mauritanie, Mozambique, Myanmar, Népal, Niger, Ouganda, Rwanda, Salomon, Sao Tomé et Príncipe, Sénégal, Sierra Leone, Somalie, Soudan, Soudan du Sud, Tanzanie, Tchad, Timor oriental, Togo, Tuvalu, Vanuatu, Yémen et Zambie.

Le Burkina a adopté, en 2015, son Plan National d'Adaptation (PNA)<sup>3</sup>, dans lequel la sécurité de l'eau est traitée de manière transversale. Selon les Directives techniques du Groupe d'experts des pays les moins avancés (PMA), le processus PNA doit dorénavant reposer sur des connaissances scientifiques solides (CCNUCC, 2012). Pour la formulation de ses différents PNAs, le Burkina Faso s'est appuyé sur plusieurs études scientifiques commissionnés spécifiquement pour ce but (LAME, 2012a-k), ainsi que sur des bases de données, études et connaissances existantes dans le pays (Climate Analytics, 2018). Cependant, le secteur des ressources en eau n'ayant pas été traité de façon spécifique (mais plutôt transversal), les connaissances sur les ressources en eau sont restées dispersées et il manque, explicitement, une vue d'ensemble des connaissances sur les ressources en eau et sur les impacts du changement climatique dans ce secteur.

Dans la poursuite de la mise en œuvre du PNA, le Burkina Faso bénéficie pour la période 2018-2019 du Projet d'Appui Scientifique aux processus de Plans Nationaux d'Adaptation (PAS-PNA) financé par le Ministère fédéral Allemand de l'Environnement, de la Protection de la Nature et la Sûreté Nucléaire (BMU). Le projet est sous la tutelle du Ministère de l'Environnement, de l'Economie Verte et du Changement Climatique (MEEVCC) du Burkina Faso et mis en œuvre par la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) en collaboration avec Climate Analytics. Le secteur de l'eau est un des secteurs ciblés par le PAS-PNA. La composante 2 envisage d'évaluer et renforcer les bases et capacités scientifiques dans ce secteur, pour faciliter d'avantage la planification et la programmation de mesures d'adaptation.

La présente étude, qui a lieu dans le cadre de la composante 2 du PAS-PNA, avait pour objectif principal de faire une synthèse sur l'état des connaissances scientifiques existantes relatives aux ressources en eau au Burkina Faso et l'impact des changements climatiques sur ces ressources.

Cette étude visait spécifiquement à :

- Réaliser un inventaire exhaustif des études scientifiques existantes sur les ressources en eau au Burkina Faso
- Identifier les études existantes qui portent sur les impacts des changements climatiques, la vulnérabilité et les options d'adaptation, relatives aux ressources en eau au Burkina Faso
- Résumer les résultats/les connaissances principales issues des études mentionnées ci-dessus.
- Identifier les insuffisances en termes de connaissances scientifiques sur l'impact, la vulnérabilité et les options d'adaptation pour les ressources en eau au Burkina Faso.

Dans ce qui suit, le contexte géographique et socio-économique du Burkina Faso contemporain est présenté, avant d'aborder la méthodologie utilisée pour la collecte des données et l'analyse documentaire. Puis, la base de données est décrite en détail et les connaissances existantes sont décrites de manière synthétique. Enfin, un aperçu de l'existant et des recommandations viennent clore le rapport.

---

<sup>3</sup> Le PNA rassemble 6 plans d'adaptation sectoriels (agriculture, productions animales, environnement et ressources naturelles, énergie, santé, infrastructures et habitat) ainsi que 3 plans d'adaptation pour les questions transversales (associations féminines, organisation de la société civile et la sécurité en eau)

## 2 Contexte

### 2.1 Caractéristiques géographiques du Burkina Faso

Le Burkina Faso est un pays d'Afrique de l'Ouest, situé entre le 9e degré 20 minutes et le 15e degré de latitude nord et entre le 5e degré 3 minutes de longitude ouest et 2e degré 30 minutes de longitude est. C'est un pays sahélien et enclavé. Il est entouré de six pays limitrophes : au sud par la Côte d'Ivoire, le Togo, le Ghana et le Bénin, à l'est par le Niger, au nord et à l'ouest par le Mali. Le Burkina Faso couvre une superficie de 274 000 km<sup>2</sup>.

### 2.2 Climat du Burkina Faso

Le climat, de type soudano-sahélien, est caractérisé par trois zones climatiques : a) La zone sud-soudanienne, dans le sud du pays entre les parallèles 9°20'N et 11°30'N : elle a une pluviométrie annuelle moyenne supérieure à 900 mm ; b) La zone nord-soudanienne : elle est comprise entre les parallèles 11°30' et 14°N. la pluviométrie annuelle moyenne est comprise entre 600 et 900 mm; c) La zone sahélienne au nord du pays, au-dessus du parallèle 14°N. Elle a une pluviométrie annuelle moyenne qui est inférieure à 600 mm.

Du point de vue de la pluviométrie, la saison des pluies, marquée par une forte irrégularité interannuelle, surtout pour la partie centre et nord, s'étale sur trois à sept mois selon les zones climatiques : dans la zone sahélienne, les précipitations durent environ 3 mois. Elles durent 4 à 5 mois dans la zone nord-soudanienne et 6 à 7 mois dans la zone sud- soudanienne avec une petite saison des pluies de décembre à mars. Avec les changements climatiques, ces durées ont tendance à se réduire.

Le pays a, de par le passé, connu quelques évènements climatiques extrêmes notamment, la grande sécheresse des années 1973-74, qui l'ont amené à mettre en place une politique nationale de l'eau. C'est aussi à cette période que le Burkina Faso va renforcer sa présence au sein du CILSS<sup>4</sup>. L'axe principale de la politique, avec l'adoption de la DIEPA était l'hydraulique rurale et villageoise.

### 2.3 Ressources en eau du Burkina Faso (objet de la présente étude)

Le Burkina Faso a un réseau hydrographique assez important, surtout dans sa partie méridionale.

Les cours d'eau de ce réseau sont rattachés à trois bassins internationaux : les bassins de la Volta, de la Comoé et du Niger.

Le bassin de la Comoé s'étend sur le Mali, le Burkina Faso et la Côte-d'Ivoire.

Le Burkina Faso partage le bassin de la Volta dans le cadre de l'Autorité du Bassin de la Volta (ABV) avec le Bénin, la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Mali et le Togo.

Le Burkina Faso gère le bassin du Niger au sein de l'Autorité du Bassin du Niger (ABN) avec le Bénin, le Cameroun, la Côte d'Ivoire, la Guinée, le Mali, le Niger, le Nigeria et le Tchad.

---

<sup>4</sup> Le Comité Permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS) a été créé le 12 septembre 1973 à la suite des grandes sécheresses qui ont frappé le Sahel dans les années 70. <http://portails.cilss.bf/archivesCILSS/spip.php?rubrique1>

A l'intérieur du territoire burkinabè, ces 3 bassins se subdivisent en 4 bassins versants nationaux : les bassins versants du Nakanbé (ex Volta Blanche), du Mouhoun (ex-Volta Noire), du Niger et de la Comoé. Les bassins nationaux se subdivisent à leur tour en sous-bassins nationaux et en sous-bassins régionaux versants (Tableau 1 ci-dessous).

Tableau 1 : Bassins versants du Burkina et leur superficie

Bassin international	Bassin national	Sous-Bassin national	Sous-Bassin régional	Superficie en km <sup>2</sup>	en % du territoire national	Observations
Comoé	Comoé	Comoé-Léraba		<b>17 590</b>	<b>6,42</b>	
			Léraba,	4288	1,56	Pérenne
			Haute Comoé,	9800	3,57	Pérenne
			Kodoun,	1117	0,4	Temporaire
			Baoué	1555	0,57	Temporaire
Niger	Niger	Le sous-bassin du Banifing		<b>83 442</b>	<b>30,45</b>	
			Sélédogo	5 441	1,98	
			Sangoué			
			Séssé			
			Tessé ou Longo			
			N'Gorlaka			
		Les sous-bassins sur rive droite du fleuve Niger (côté septentrional)	Béli	24 839	9,06	
			Gorouol			
			Goudébo			
			Dargol			
		Les sous-bassins sur rive droite du fleuve Niger (côté soudano-sahélien)	Faga	53 162	19,40	
			Sirba			
			Bonsoaga			
			Diamangou			
			Tapoa			

Bassin international	Bassin national	Sous-Bassin national	Sous-Bassin régional	Superficie en km <sup>2</sup>	en % du territoire national	Observations
Volta			172 965	63,12		
	Nakanbé		81 929	29,90		
		Nakanbé (ex-Volta blanche)	Nakanbé	41 400	15,11	Temporaire
			Massili			Temporaire
			Koulipélé			Temporaire
			Dougoulamoumdi			Temporaire
			Tcherbo			Temporaire
			Nouhao			Temporaire
		Nazinon (ex-Volta rouge)	Nazinon	18 929	6,91	Temporaire
			Sissili			Temporaire
		Pendjari-Kompienga	Doudodo	21 600	7,88	Temporaire
			Singou			Temporaire
			Konpienga			Temporaire
		Mouhoun		91 036	33,22	
		Mouhoun supérieur	Plandi	20 978	7,66	Pérenne
			Kou			Pérenne
			Voun Hou			Pérenne
		Mouhoun inférieur	Boromo	54 802	20,00	Pérenne
			Bougouriba			Pérenne
			Noumbiel			Pérenne
	Sourou	Sourou	15 225	5,55	Pérenne	
Burkina Faso		274 000	100			

### 2.3.1 Bassin versant national de la Comoé

Le bassin national de la Comoé est la partie située en amont du bassin international de la Comoé qui est partagé entre la Côte d'Ivoire (environ 80%), le Burkina Faso (18%), le Ghana (2%) et le Mali (moins de 1%). Le bassin versant national de la Comoé est situé à l'extrême sud-ouest du pays. Plus précisément il se situe entre 9°35' et 11°05' de latitude Nord et 3°30' et 5°30' de longitude Ouest. Il a une superficie de près de 17 590 km<sup>2</sup> soit 6,4 % de la surface du pays. Il contient un seul sous-bassin national (Comoé - Léraba), lui-même constitué de 5 sous-bassins régionaux (Tableau 2).

Dans le contexte du changement climatique global, ce bassin revêt une importance particulière. On y observe des écosystèmes particuliers tels le lac de Tengrela, les cascades de Karfiguela, la mare aux chauves-souris de Léra, les plaines d'inondation de la Comoé, du Sinlo et de la Léraba orientale à Douna, les forêts classées de Diéfoula et de Logoniégué.

On a répertorié, dans ce bassin, 27 barrages et 20 lacs avec une capacité de stockage de 115 millions de m<sup>3</sup> et un taux de remplissage moyen annuel de 71%. La pluviométrie relativement abondante conduit des débits de crue en août septembre pouvant atteindre 500m<sup>3</sup>/s. Le volume interannuel de la Comoé à la sortie du territoire est de 1,55 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> par an (BM, 2017C).

### 2.3.2 Le bassin versant national du Mouhoun

Le bassin du Mouhoun est le plus grand des quatre bassins hydrographiques nationaux. Il couvre une superficie de 91 036 km<sup>2</sup> représentant 33% du territoire national. Il est subdivisé en trois sous-bassins nationaux et des sous-bassins régionaux (Tableau 2).

Le Mouhoun est le bassin national qui abrite le plus grand nombre de ressources en eaux et de forêts classées. Le bassin est caractérisé par les fleuves pérennes Mouhoun, Kou, et Banifing, et par la vallée du Sourou. C'est un bassin de grande importance hydrographique au plan national et régional (OSS, 2012 ; OSS, 2013).

La capacité de stockage des retenues du bassin du Mouhoun est supérieure à 438 millions m<sup>3</sup> avec un taux moyen annuel de remplissage de 65% (Yaméogo, 2008).

### 2.3.3 Le bassin national du Nakanbé

Le bassin national du Nakanbé a une superficie de 81 931 km<sup>2</sup> soit 30% du territoire national. Il comprend trois sous-bassins suivants et des sous-bassins régionaux (Tableau 2).

Le bassin du Nakanbé est un des quatre bassins nationaux qui n'a pas de cours d'eau pérenne. On y trouve des lacs importants : le lac Bam, le lac Dem, et plus de 400 barrages dont les plus grands sont ceux de Bagré, de la Kompienga, de Ziga et de Kanazoé (village de Toécé). Les retenues existantes ont une capacité de stockage de 4,2 milliards de m<sup>3</sup> avec un taux de remplissage de 53%. (Yaméogo, 2008).

### 2.3.4 Bassin versant national du Niger

Le bassin versant du Niger occupe une superficie de plus de 83 442 km<sup>2</sup> soit 30% du territoire national. Le fleuve Niger lui-même ne passe pas sur le territoire burkinabé. Le bassin versant du Niger se subdivise en deux sous bassins : la partie occidentale, le bassin versant du Banifing, est située à l'Ouest du Burkina Faso et la partie orientale du bassin, le bassin des affluents de la rive droite du fleuve Niger, occupe tout le tiers Nord - le Béli, le Gorouol, le Goudébo et le Dargol - et Est du pays - la Faga, la Sirba, la Bonsoaga, le Diamangou et la Tapoa.

## 2.4 Caractéristiques géologiques du Burkina Faso

La carte géologique du Burkina Faso laisse apparaître quatre grands ensembles aquifères dont un sur socle cristallin et trois sur des secteurs sédimentaires :

- le socle cristallin de 225 000 km<sup>2</sup> soit environ 80 % de la superficie du Burkina Faso. Il constitue un ensemble d'aquifères liés à la présence de fractures du substratum ;
- l'ensemble d'aquifères sédimentaires de type gréseux dans le bassin *du Taoudéni*, dans la partie occidentale du pays, à la frontière Mali-Burkina;
- le secteur sédimentaire nord, sur la bordure Sud-Est du Gondo et au sud du Gourma malien;
- l'aquifère du *bassin sédimentaire ancien Voltaïen*, aux frontières avec le Bénin et le Ghana, à l'Est du Burkina.

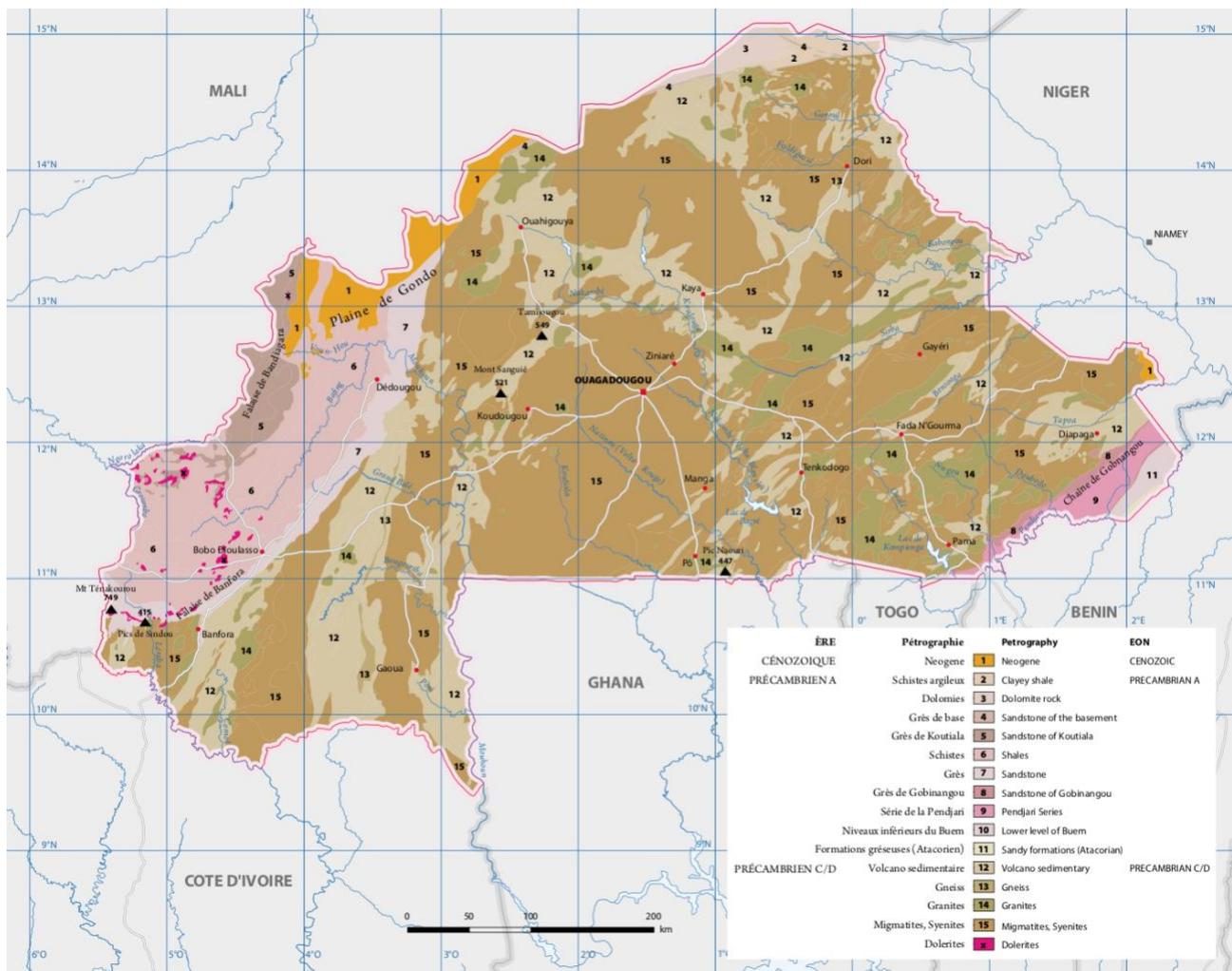


Figure 1 : Géologie simplifiée du Burkina Faso (d'après l'Atlas de la biodiversité d'Afrique de l'Ouest – Burkina Faso – 2008)

## 2.5 Caractéristiques socio-démographiques et économiques du Burkina Faso

La population du Burkina Faso est estimée à 19 034 397 habitants en 2016 et pourrait atteindre 21 510 181 habitants en 2020. Cette population est caractérisée par son extrême jeunesse : 47% de la population est âgée de moins de 15 ans, 67% de moins de 25 ans et 33,2% des jeunes ont un âge compris entre 15 et 35 ans selon le Plan national de développement économique et social (PNDES 2016-2020).

Sur le plan socio-économique, le Burkina Faso fait partie des pays les moins avancés. « Depuis 1960, le Burkina Faso connaît une croissance économique appréciable qui, quoique fluctuante, s'est renforcée ces dernières années avec un taux de croissance annuel moyen du Produit intérieur brut (PIB) réel de 5,5% entre 2011 et 2015. Cependant, en raison d'un taux de croissance démographique estimé à 3,1%, la croissance moyenne du PIB par habitant n'a été que de 2,3%, ce qui n'a pas permis de réduire considérablement la pauvreté et les inégalités sociales car, en 2014, l'incidence de la pauvreté est ressortie à 40,1%. La même année, le taux d'analphabétisme des personnes de plus de 15 ans était de 65,5%. En conséquence, le niveau de l'Indice de développement humain (IDH) du Burkina Faso s'est situé à 0,420 en 2014, le classant dans la catégorie des pays à faible niveau de développement ». (PNDES 2016-2020)

La vulnérabilité socio-économique des populations est forte : plus de 20% de la population soit plus de 3,5 millions de personnes est en proie à l'insécurité alimentaire. La malnutrition infantile chronique reste encore très élevée, bien qu'ayant remarquablement régressé de 25,6% en 2009 à 20,1% en 2014. En 2012, 32,9% des enfants de moins de 5 ans présentaient un retard de croissance (PNDES 2016-2020).

Dans le contexte de réchauffement climatique global, la situation ne cesse de se dégrader. Ainsi, on observe :

a) une augmentation des vagues de sécheresse en intensité et en fréquence : en témoignent les sécheresses de 1973, 1984, 1991, 1994, 1998 et 2004. En particulier, les périodes (73-74) et (83-84) durant lesquelles la faible hauteur des précipitations a été combinée à une mauvaise répartition et à de faibles intensités de pluies, peu favorables à la végétation, ont fortement frappé les éleveurs et agriculteurs du nord et du centre du pays. Ces difficultés ont provoqué un renforcement des migrations des populations du Nord et du Centre vers le sud-ouest du Burkina Faso et vers la côte (*Côte d'Ivoire, Ghana, Togo*) (*Politique et stratégies en matière d'eau, ministère de l'Environnement et de l'Eau, Juillet 1998, p 23*)

b) une recrudescence des inondations qui deviennent de plus en plus fréquentes également, comme l'attestent celles survenues en 2009, 2011, 2013, 2015, 2016, et 2017. En 2009, les facteurs climatiques ont engendré une perte de 268.005 tonnes de céréales, soit une valeur monétaire de 35,266 milliards de francs CFA (SCADD, 2010). On a relevé également, lors de cette catastrophe de 2009, il est mentionné 46 décès, 63 blessés, et 1 personne disparue (PDNA, 2010<sup>5</sup>) de très nombreuses personnes sinistrées, 150.000 environ, et d'importants dégâts matériels avec 32.260 maisons effondrées (*Burkinapmepmi, 2011*) et en 2001 ces inondations ont affecté plus de 3,5 millions de personnes (BM, 2017a).

---

<sup>5</sup> Rapport d'Évaluation des Besoins post Catastrophes appelé aussi *Post Disaster Needs Assessment* -PDNA-, réalisé sous la responsabilité et le leadership du gouvernement burkinabé et avec l'appui des partenaires techniques et financiers, principalement de la Banque Mondiale et du système des Nations Unies au Burkina Faso.

## 2.6 Contexte politique

Etant donné cette situation, un certain nombre d'initiatives ont été prises par le Burkina Faso. Ainsi, le Burkina Faso a signé la CCNUCC en 1993, le Protocole de Kyoto en 2005, et a engagé en 2005 le processus de formulation de son Programme d'Action National d'Adaptation à la variabilité et aux changements climatiques, PANA. Ce processus a abouti en 2007 à l'adoption du document du PANA. Pour la période allant de 2007 à 2012, trois projets PANA ont été conduits :

- Renforcement des capacités pour la réduction de la vulnérabilité et pour l'adaptation aux changements climatiques au Burkina Faso ;
- Adaptation aux changements climatiques en vue de l'amélioration de la sécurité humaine du Burkina Faso ;
- Renforcement des capacités pour une meilleure prise en compte des préoccupations liées aux adaptations aux changements climatiques lors de la préparation et de la mise en œuvre, des plans, programmes et projets de développement.

Ces projets ont servi de base pour la formulation du Plan National pour l'Adaptation aux changements climatiques (PNA) du Burkina Faso, adopté en septembre 2015.

## 3 Méthodologie

### 3.1 Identification et rencontres des structures travaillant sur le changement climatique en lien avec ressources en eau/sécurité de l'eau

Dans une première étape, les structures publiques de l'Etat, les structures privées, les ONGs et Associations, les instituts de formation et de recherche et les organismes de la coopération ayant conduit ou commandité des recherches et/ou études sur le changement climatique et les ressources en eau ont été identifiés. Un répertoire des structures pertinentes pour cette étude a été élaboré (annexe 1). Ces structures ont ensuite été contactées / approchées pour demander de la documentation, en ligne ou papier, relative aux connaissances, études, bases de données, systèmes de collecte de données de ressources en eau au Burkina Faso, aussi bien que toute information relative aux travaux ou collecte de données ou bases de données en lien avec l'impact des changements climatiques sur ces ressources en eau: article dans un journal scientifique, thèse de doctorat, mémoire de Master, mémoire de Fin de Cycle, communication à des conférences, de séminaires et d'ateliers, notes techniques, bases de données, etc. Des déplacements ont aussi été effectués au sein de certaines structures pour accéder à la documentation sur place.

### 3.2 Revue documentaire

Une méta-analyse systématique de la littérature existante a été menée. Cette revue visait à identifier et à collecter les informations en ligne afin de compléter les informations recueillies auprès des structures ciblées sous III.1.

Les mots et groupes de mots qui ont été utilisés pendant cette recherche en ligne sont : *Ressource en eau ; Hydrogéologie ; Bassins et sous-bassins ; eau de surface ; eau souterraine ; Nappes souterraines ; Pluviométrie ; Pluviosité ; Eau et sol ; Eau et agriculture ; changement climatique ; eau et changement climatique ; ressources en eau et changement climatique ; Agriculture et Climat ; Pluviométrie et changement climatique ; variabilité climatique et nappes souterraines ; variabilité climatique et modélisation climatique ; Modèle climatique régional ; modélisation hydrologique ; Ruissellement ; Ruissellement et modélisation hydrologique ; scénario climatique ; Impacts du changement climatique ; variabilité climatique et événements extrêmes ; Impacts du changement climatique et Résilience .*

Dans un premier temps nous avons ciblé la recherche sur « l'Afrique ». Ensuite nous avons réduit le champ d'investigation à « l'Afrique de l'Ouest ». Et, finalement nous avons centré la recherche sur le Burkina Faso. Nous n'avons pas fait de choix dans la langue de recherche. Mais nos limites propres nous ont imposé la langue française et la langue anglaise.

De par sa position géographique, le Burkina Faso partage des ressources en eau avec six autres pays (cf. section II.3 de ce rapport). D'un autre côté, il y a le caractère transfrontalier des effets du changement climatique global. Aussi, lors de cette collecte, nous avons intégré les travaux portant sur l'Afrique, en particulier l'Afrique occidentale. De même, des études ont été conduites, au plan international, africain ou régional, sur les bassins versants internationaux de la Volta, du Niger et de la Comoé. Nous les avons intégrées aussi.

### 3.3 Elaboration de base de métadonnées

Les données collectées sont des articles dans des journaux scientifiques avec revue des pairs (peer reviewed papers), des thèses de doctorat 3<sup>e</sup> Cycle, d'État ou de type PhD, des mémoires de master, de fin de cycle d'ingénieur, de Maîtrise, de la littérature grise à savoir rapport de consultance, rapport technique, Documents organiques, documents de plan, de projet, etc.

Tout au long de la collecte une base de métadonnées a été construite. Les entrées de cette base sont : Titre ; Année de publication ; Liste des auteurs ; Type d'étude (article dans un journal scientifique, thèse de doctorat, thèse de master, littérature 'grise', etc) ; Focus principal de l'étude ; Zone géographique de l'étude ; Horizon temporel/Période de l'étude ; Méthodologie ; Résultats principaux de l'étude ; Résumé.

Dans un second temps nous avons procédé à une désagrégation de cette base de données, pour ce qui est des articles et des mémoires de Thèse, Master et DEA et Diplôme d'ingénieur. Cela aura l'avantage de mieux guider le chercheur dans sa recherche documentaire.

Pour ce qui est de la littérature grise, certaines sont très riches en informations et concernent parfois de toutes petites régions. Par exemple pour un document pour lequel les mots clés sont : *Hydrogéologie ; Eau superficielle ; Bassin versant ; Climatologie ; Précipitation ; Débit ; Eau ; Mesure sur la zone géographique ; Bassins versants de Gouguen, Zagtoui et Moro-Naba* (Pieyns et Klein, 1964), nous avons préféré ne pas les désagréger.

#### Note sur la base de données

Malgré des efforts pour accéder à la documentation et procéder à l'élaboration de cette base, nous n'avons pas la prétention d'avoir été exhaustifs et pensons que nombre de travaux manquent encore et devront venir compléter cette base.

De même, il y a quelques éléments, mineurs, qui devront être complétés aux entrées :

- \* La plus grosse part des données provient du Répertoire Bibliographique Extrait de la Base de Données « *hydro* » du Centre National de Documentation et d'Information en Eau, CNDIEau, de la Direction des Études et de l'Information sur l'Eau, DIE, du Ministère de l'Eau. Dans cette base de données, les entrées « Type d'étude », « Horizon temporel », « Méthodologie » et « Résultats principaux » sont absentes. Sur internet nous avons recherché et complété ce qui était possible. Cependant, certaines entrées restent encore à remplir ;
- \* Certaines thèses ont été scannées. Les délais ne permettent pas de faire des saisies pour remplir les entrées ; toutes les entrées n'ont pu être renseignées ; mais l'essentiel est donné à l'étudiant, au chercheur ou à tout autre acteur.
- \* Pour l'entrée « Appréciation de la pertinence/qualité de l'étude », nous n'avons pas vu la nécessité de son remplissage. En effet, si c'est une thèse, un mémoire ou un article publié, il y a déjà eu des évaluateurs (referees, en Anglais) pour examiner le travail préalablement à la soutenance ou à la publication. S'il s'agit d'une littérature grise, les protagonistes contractuellement se sont entendus avant publication. Nous pensons donc que les autres entrées, surtout l'entrée « focus principal de l'étude » est en soi suffisant pour l'étudiant, le chercheur ou tout autre acteur qui souhaite utiliser cette base de données.

### 3.4 Analyse de la documentation

La nature des documents, l'année de publication et les thèmes abordés ont été utilisés pour élaborer des graphiques montrant l'évolution de la production de connaissance au fil du temps et la distribution du nombre de documents par thème.

Les documents ont aussi été analysés pour faire ressortir les informations qu'ils contenaient sur le dispositif institutionnel et politique de gestion des ressources en eau au Burkina Faso.

L'eau, faut-il le répéter, au regard de ses usages à divers niveaux, tant au niveau politique que les projets et programmes de développement socio-économiques, est d'une importance capitale pour le développement d'un pays situé parmi les pays les moins avancés (PMA) comme le Burkina Faso. C'est pourquoi, les informations sur les ressources en eau sont nécessaires aussi bien sur le plan quantitatif que qualitatif. Sur le plan qualitatif, ces connaissances sont cruciales pour la santé des populations. Il importe de mettre en évidence la présence ou pas, et de leurs teneurs dans les eaux, de métaux lourds et autres éléments chimiques nocifs tels l'arsenic, le mercure, les cyanures, le plomb, le chrome, le cadmium, le thallium, les fluorures, les pesticides, les nitrates, etc. Il en est de même pour les minéraux, car les eaux à fortes teneurs peuvent être source de maladies rénales et d'hypertension artérielle. Et, enfin, les éléments bactériologiques tels les coliformes fécaux et totaux et les streptocoques fécaux particulièrement pour les eaux de surface en milieu rural et pour les forages et puits en milieu urbain

L'analyse de notre base de données, a, donc par la suite, abordé la production de connaissance sur l'état actuel, au point de vue quantité et qualité, de la ressource en eau (de surface et souterraine) dans les différentes géologies du pays (socle cristallin, aquifère sédimentaire).

Les informations retrouvées sur la demande actuelle et future de la ressource en eau, ont aussi été ressorties.

Le rapport finit par une analyse des connaissances sur l'évolution des variables climatiques et la vulnérabilité des ressources en eau.

## 4 Résultats

### 4.1 Evolution des études et recherches sur les ressources en eaux

Les résultats de l'étude ont montré de façon générale, l'existence d'un important nombre de travaux sur les ressources en eau et qu'il y a eu, au niveau du Burkina Faso, un vif intérêt pour la question de l'eau à compter du milieu des années 70 (figure 2).

Nous avons pu rassembler :

- 2272 publications que nous avons classées dans la littérature grise :
  - Etudes commandées par le Gouvernement ou ses démembrements, par des ONG, par les services de la coopération internationale, par les banques (Banque Mondiale, BOAD, BID, FED, KFW, BECEAO, ...) ;
  - Les livres et ouvrages divers ;
  - Les comptes-rendus d'ateliers, les rapports techniques, les manuels de procédures, ...
  - Les communications non publiées ;
- 290 thèses, mémoires et articles.

Les plus anciens travaux datent de 1952, et relèvent des bases de données de l'Afrique-Occidentale française et autres documentations coloniales, auxquelles nous n'avons pas pu accéder.

La première thèse dans le domaine de l'eau date de 1975 et concerne un des problèmes clés actuels, les ressources en eaux souterraines.

C'est suite à la grande sécheresse des années 1973-74, que le Burkina Faso a initié, pour la première fois, une politique nationale de l'eau, en 1976. « *Avant cette date, les activités entreprises visaient principalement l'approvisionnement en eau des zones rurales à partir des puits et des barrages destinés à l'alimentation du cheptel* » (MAHRH, 2010).

La première politique nationale reposait sur l'exécution de grands programmes d'hydraulique et une maintenance des équipements par les services centraux de l'administration.

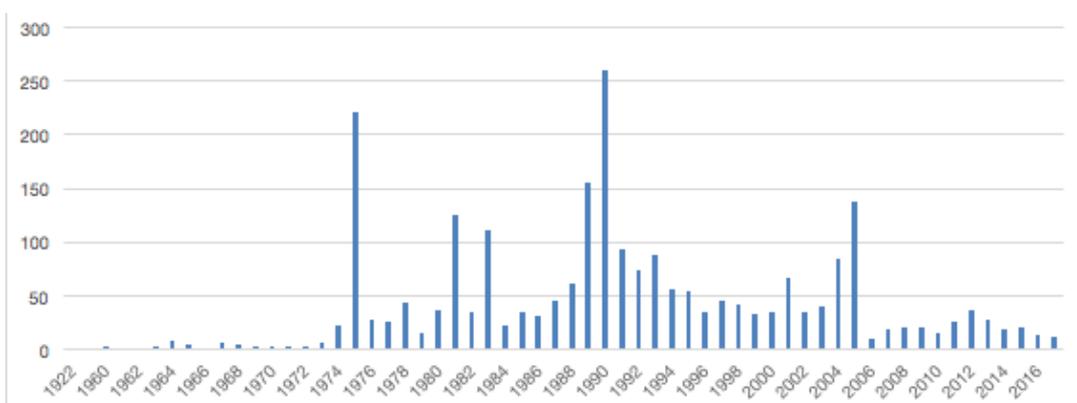


Figure 2 : Évolution du nombre des études & travaux dans le temps

A la suite de la conférence de Mar del Plata (1977), le Burkina Faso a entrepris, au début des années 80, de vastes programmes d'hydraulique villageoise, conformément aux objectifs fixés par la DIEPA<sup>6</sup>.

En même temps, à cette période après la conférence des Nations Unies sur l'eau (Mar del Plata<sup>7</sup>) beaucoup d'ONG et de services intervenant dans le domaine de l'hydraulique villageoise sont nés et développés au Burkina Faso comme dans de nombreux pays sahéliens.

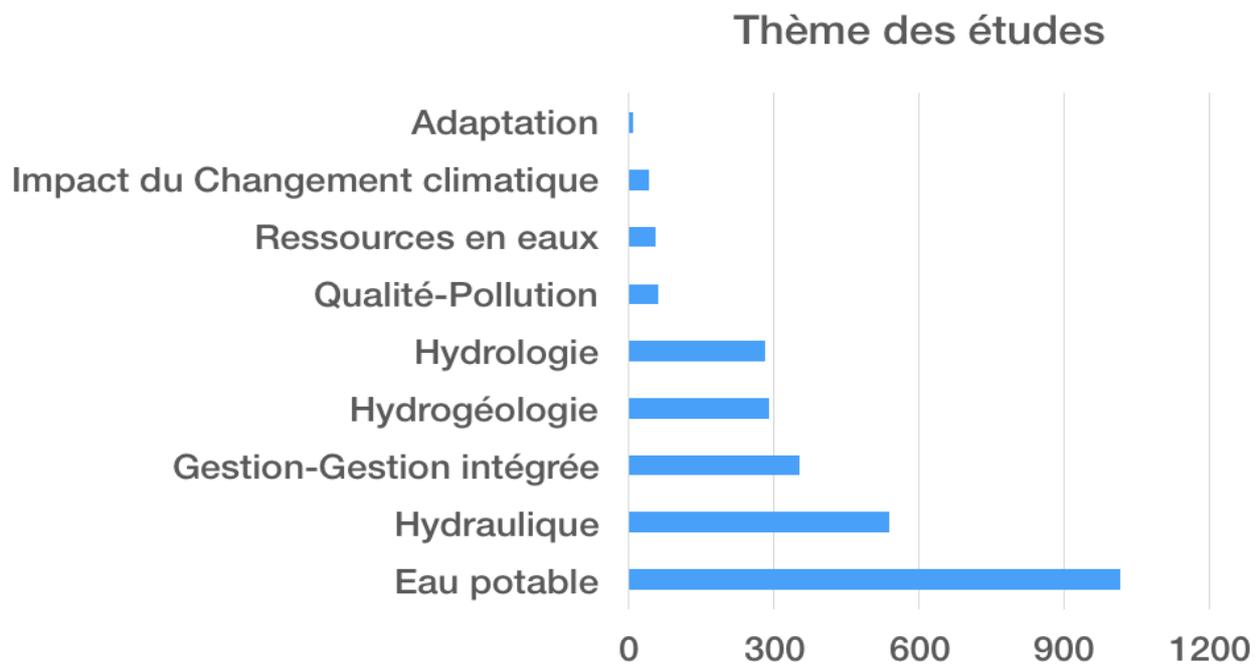


Figure 3 : Distribution du nombre des études & travaux selon le thème abordé

Parmi les thèmes objets des études, du point de vue quantitatif, celui de l'eau potable vient en tête, suivi de l'hydraulique puis viennent ensuite ceux de la gestion intégrée, l'hydrogéologie, l'hydrologie, de la pollution, des ressources en eau, de l'impact du changement climatique, et enfin celui de l'adaptation (figure 3).

Les manifestations liées au climat ont commencé à être abordées dans les années 80, surtout au milieu de cette décennie, mais ces phénomènes étaient vus seulement sous l'angle de la position géographique du pays positionné dans le Sahel (Stern et al, 1980 ; Pouyau, 1985 ; Albergel et al, 1985 ; Sivakumar, 1988). Le thème du changement climatique ne commencera vraiment à être dans les mots clés des études que vers le début des années 90 où on commence à faire un lien avec des changements historiques (Rognon, 1991), même si dans la communauté scientifique internationale certains ont continué à parler de variabilité climatique plutôt que de changement climatique (Gautier et al, 1998 ; Le Barbé et al, 2000 ; Balme et al, 2006). Comme indicateur de la situation de vulnérabilité, de faiblesse, le thème d'adaptation et/ou de résilience face aux effets du changement climatique est très récent. Cela date du début des années 2000 et compte encore un nombre très faible d'études et de publications.

<sup>6</sup> DIEPA : Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (1981-1990) proclamée

<sup>7</sup> Première conférence internationale sur l'eau ayant eu un impact d'envergure sur le dialogue au niveau mondial et sur l'élaboration des Programmes des Nations Unies, la Conférence de Mar del Plata constitue l'ouverture d'une politique globale d'action sur l'eau C'est à l'occasion de cette réunion que seront également fixés les buts de la Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (1981-1990). Mar del Plata peut être considérée comme point de référence dans le domaine de la gestion de l'eau et son développement. <http://ise.unige.ch/isdd/spip.php?article262>

## 4.2 Observation et gestion des ressources en eau

Historiquement, le suivi des réseaux d'observation sur les ressources en eau, de surface particulièrement, a commencé au Burkina Faso au début des années cinquante avec l'ouverture de la première station hydrométrique sur le Sourou à Léry en 1952.

Le réseau piézométrique pour le suivi des eaux souterraines existe seulement depuis 1988. Le réseau de suivi de la qualité des eaux de création plus récente, existe depuis 1992.

Depuis l'année 2007, suivant la réorganisation agraire et foncière (RAF) et son décret d'application<sup>8</sup>, le Burkina Faso a créé cinq (05) agences de l'eau<sup>9</sup>, répertoriées dans le tableau 2 ci-dessous. Ces Agences, conformément aux objectifs du PAGIRE2 (SP-PAGIRE, 2010) sont créées pour gérer de manière concertée les ressources en eau des bassins hydrographiques du pays. Chacune des agences a élaboré un schéma d'aménagement et de gestion de l'eau (SDAGE). Selon la Loi d'Orientation de l'Eau<sup>10</sup>, le SDAGE « ...fixe le cadre, selon le cas, d'un bassin, d'un groupement de bassins, d'un ou plusieurs sous- bassins, d'une portion de cours d'eau ou d'un système aquifère, les orientations d'une gestion durable de l'eau... » (AN, 2001).

Tableau 2 : Agences de l'eau du Burkina Faso

Agence de l'eau	Date de Création	Siège	Superficie
<b>Nakambé (AEN)</b>	22 mars 2007	Ziniaré	60 337 Km <sup>2</sup>
<b>Mouhoun (AEM)</b>	20 janvier 2010	Dédougou	91 036 Km <sup>2</sup>
<b>Cascades (AEC)</b>	22 mars 2010	Banfora	17 610 Km <sup>2</sup>
<b>Gourma (AEG)</b>	24 janvier 2011	Fada N'Gourma	50 238 Km <sup>2</sup>
<b>Liptako (AEL)</b>	31 janvier 2011	Dori	53 000 Km <sup>2</sup>

<sup>8</sup> Loi n° 014/96/ADP du 23 mai 1996 portant réorganisation agraire et foncière (RAF) au Burkina Faso et de son décret d'application n° 97-054/PRES/PM/MEF du 06 février 1997 (RAF, 1996; RAF, 1997)

<sup>9</sup> Le sous bassin de la SIRBA se retrouve dans l'espace de compétence de l'AEG

<sup>10</sup> Loi n° 002 – 2001 / AN du 08 février 2001, portant loi d'orientation relative à la gestion de l'eau (AN, 2001)

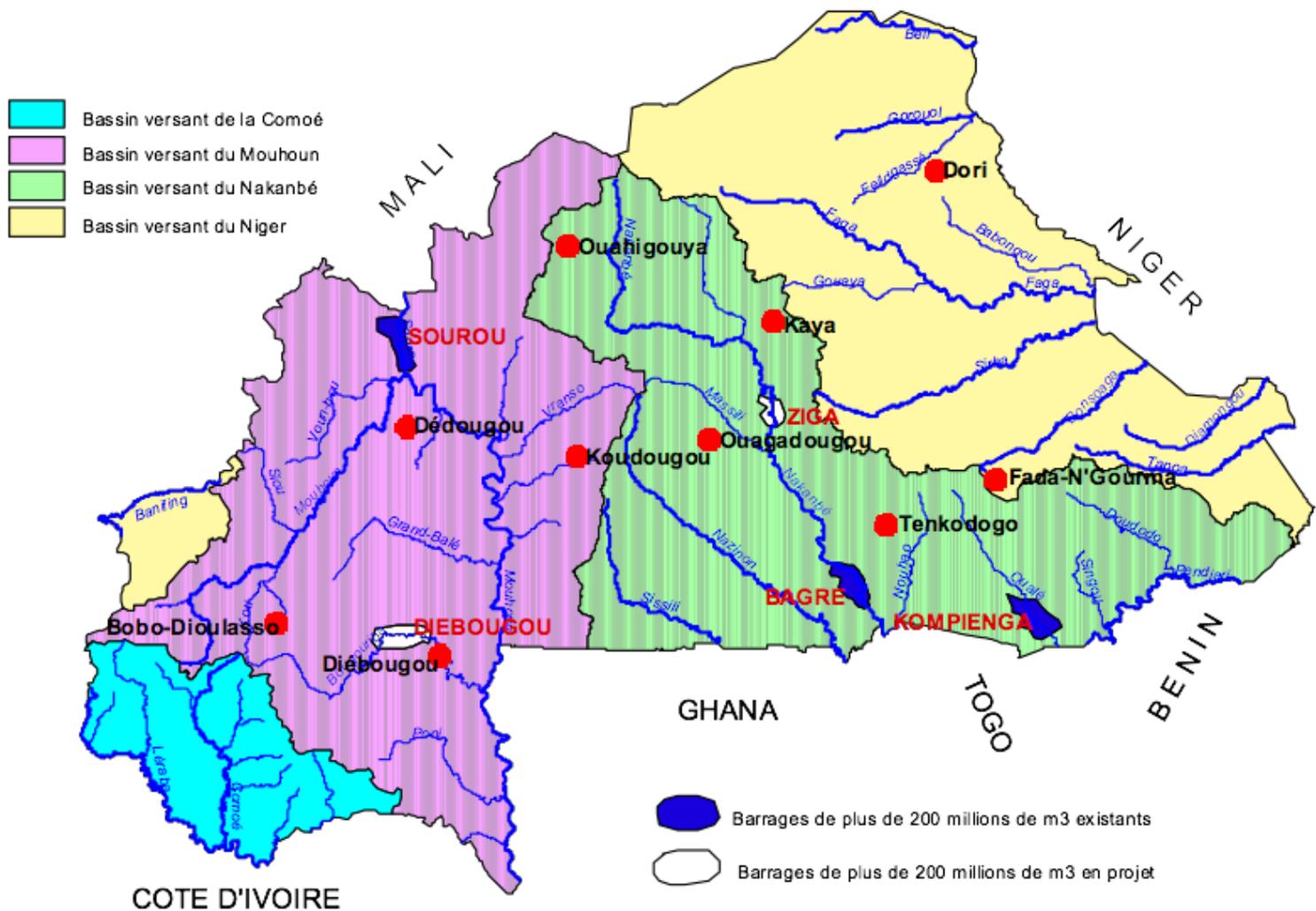


Figure 4 : Carte des bassins versants et réseau hydrographique du Burkina Faso (source : MEE, 1998)

### 4.3 Production des connaissances sur l'état actuel des ressources en eau au Burkina Faso

Après la grande sécheresse des années 1973-74, le Burkina Faso a entrepris de mettre en place une politique nationale de l'eau. C'est aussi à cette période que le Burkina Faso va renforcer sa présence au sein du CILSS<sup>11</sup>.

L'axe principale de la politique, avec l'adoption de la DIEPA est l'hydraulique rurale et villageoise.

C'est aussi à cette date que des études de recherche seront commanditées auprès des bureaux d'étude européens pour les connaissances en matière de ressources en eaux de surface ou souterraines (Lahaye, 1978 ; Simonot, 1978 ; De Jong & Kikietta, 1980 ; MRB, 1982 ; ME, 1990 ; ME, 1991).

<sup>11</sup> Le Comité Permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS) a été créé le 12 septembre 1973 à la suite des grandes sécheresses qui ont frappé le Sahel dans les années 70. <http://portails.cilss.bf/archivesCILSS/spip.php?rubrique1>

Le milieu des années 1970 voit aussi les premières thèses qui, toutes, porteront sur les eaux souterraines (Savadogo, 1975 ; Taho, 1976 ; Kikietta, 1978).

Depuis la mise en place de la Première Politique nationale de l'eau en 1976, il y a eu plusieurs tentatives pour déterminer les quantités des ressources en eaux. Ainsi, selon le Programme GIRE, il y a eu les estimations de Engalenc en 1981, celles de Bourgeois en 1981, du CIEH en 1987, du Projet Bilan d'Eau en 1993, et avant celle du GIRE en 2000, celles du programme RESO de la période 1996-1999 (MEE, 2000).

#### 4.3.1 Production des connaissances sur la quantité d'eaux de surface

Les bassins nationaux du Mouhoun et de la Comoé ainsi que le sous-bassin national du Banifing ont été les plus largement étudiés à travers le Projet RESO et le Programme VREO (RESO, 1998 ; VREO, 2005 ; VREO, 2006a ; VREO, 2006b ; VREO, 2007a-p ; VREO, 2009 ; VREO, 2010 ; COWI, 2011a ; COWI, 2011b ; COWI, 2012a ; COWI, 2012b ; COWI, 2013a ; COWI, 2013b). Il y a eu aussi les études faites par l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS, 2012 ; OSS, 2013).

Pour le Nakanbé, les bassins du Nord et de l'Est du pays, des études et états de lieux ont été réalisés par les administrations centrales, notamment, les Agences de l'eau mises en place pour compter de 2007.

Les estimations des eaux de surface varient de 8,6 à 11 milliards de m<sup>3</sup> (**Tableau 3**). En effet, selon des mesures réalisées sur la période allant de 1970 à 1999, le SP/GIRE estime à 8,6 milliards de m<sup>3</sup> le potentiel annuel moyen en eau de surface sur l'ensemble des 4 bassins versants du pays (MEE, 2001). Selon une modélisation couvrant une période plus longue, 1960 à 1999, le volume serait de 8,79 milliards de m<sup>3</sup>. La dernière estimation de 2017 est celle du PNAH<sup>12</sup> et s'élève à 10,903 milliards de m<sup>3</sup>. Ce volume élevé est essentiellement dû à une correction très importante qui a été faite sur le potentiel du Mouhoun qui passe de 2,75 à 4,715 milliards, soit une augmentation de 71% par rapport au potentiel estimé par le SP/GIRE en 2001. Cependant, en l'absence de justification, certaines études préconisent « d'aller dans le sens de la sécurité et de s'en tenir aux évaluations proposées par l'état des lieux de 2001 » (BM, 2017a).

Tableau 3 : Débits moyens ainsi que les apports annuels en eau de surface par bassin versant (source : BM, 2017a)

Bassins	Estimation 1998 MEE (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Estimation 2001 GIRE Observations (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Estimation 2001 GIRE Modélisation (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Estimation 2017 PNAH (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
Comoé	1,2	1,63	1,41	1,958
Mouhoun	?	2,75	2,94	4,715
Nakanbé	?	3,32	3,08	3,320
Niger	?	0,90	1,36	0,963
<b>Total</b>	<b>8,0</b>	<b>8,60</b>	<b>8,79</b>	<b>10,956</b>

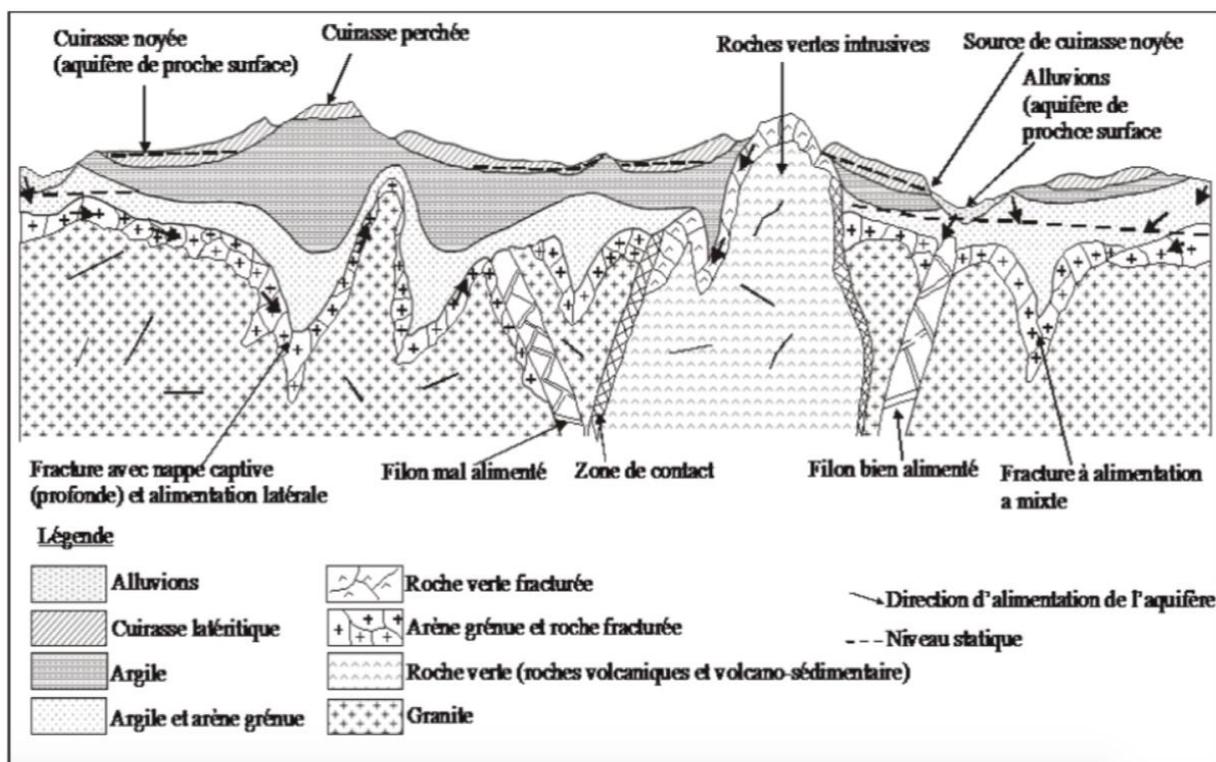
<sup>12</sup> Programme National des Aménagements Hydrauliques

### 4.3.2 Production des connaissances sur les eaux souterraines

En rappel, le Burkina Faso présente quatre grands ensembles aquifères (cf. section II 4) dont un sur socle cristallin (80% du territoire) et trois sur des secteurs sédimentaires (20% du territoire).

#### 4.3.2.1 Production des connaissances sur les eaux souterraines du socle cristallin

Dans la zone du socle, les premiers travaux répertoriés sont ceux de Savadogo (1975, 1984), Taho (1976) et Kikietta (1978). Ces travaux, notamment ceux de Savadogo (1984) ont permis une caractérisation des nappes souterraines dans la zone du socle. Selon cet auteur, voir **figure 5** ci-dessous, le mode de gisement des eaux souterraines, dans la zone du socle cristallin est en étage avec une nappe superficielle, dépendante de la morphologie externe, et une nappe profonde liée au modelé du substratum et selon les mégafractures que



connaît ce substratum (ibidem).

Figure 5 : Mode de gisement des ressources en eau souterraine décrit par Savadogo A.N. (Ouandaogo/Yaméogo, 2008)

Un autre résultat important qui est ressorti de ces travaux a été la mise en évidence de l'existence d'indices biologiques pour la localisation de fractures du socle. En effet, « Si l'importance de la fracturation dans le mode de gisement des eaux souterraines dans les régions à substratum cristallin du Burkina Faso, ex Haute-Volta, n'est plus à démontrer, le problème de la localisation des failles sur le terrain n'est point résolu dès lors que l'on veut se limiter aux faits d'observations géologiques directes. L'extension généralisée de la couverture des altérités en zone tropicale fait de l'affleurement rocheux un élément exceptionnel, voire insolite et rend ainsi difficile l'investigation géologique direct sur le terrain » (Savadogo, 1984). Ces indices biologiques se sont avérés de grande utilité et de grande précision dans la localisation des fractures et la réalisation de forages productifs.

Après ces pionniers, les ressources en eaux souterraines, dans la zone du socle cristallin, ont fait l'objet de nombreuses autres études notamment les travaux de doctorat de Yaméogo (1988), de Millville (1990), de Nakolendoussé (1991), de Bazié (1993), de Mathieu (1993), de Koussoubé (1996), de Compaoré (1997), de Vouillomo (2003), de Toé (2004), de Sandwidi (2007), de Ouandaogo/Yaméogo (2008) et de Soro (2017). Cependant les connaissances de ces aquifères restent faibles en termes de géométrie, de caractéristiques hydrodynamiques et de recharge (BM, 2017a).

#### 4.3.2.2 Production des connaissances sur les eaux souterraines des aquifères sédimentaires

Les ensembles aquifères sédimentaires sont formés par trois domaines situés à l'Ouest, au Nord et à l'Est du Burkina. Ces bassins ont été beaucoup étudiés par les structures et projets à l'instigation du gouvernement et de ses démembrés (RESO, 1998 ; VREO, 2005 ; VREO, 2006a ; VREO, 2006b ; VREO, 2007a-p ; VREO, 2009 ; VREO, 2010 ; COWI, 2011a ; COWI, 2011b ; COWI, 2012a ; COWI, 2012b ; COWI, 2013a ; COWI, 2013b). Sur la bordure avec la frontière du Mali et du Niger, l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS) a également mené des études dans le cadre du GICRESAIT<sup>13</sup> (OSS, 2012 ; OSS, 2013). Ces bassins ont été également l'objet de plusieurs thèses, de Masters, et de Mémoires de diplômés d'ingénieurs (Dakouré, 2003 ; Koussoubé, 2010 ; Sauret, 2013 ; Kafando, 2014 ; Oubda, 2016 ; Yofé Tirogo, 2016). Les bassins sédimentaires ont été cartographiés (Dakouré, 2003 ; VREO, 2008, Kafando, 2014 ; Oubda, 2016 ; BM, 2017a). Le domaine occidental (Figure 6 ci-dessous) du fait de son importance en superficie, de sa situation dans une zone de forte pluviosité et l'existence d'un cours d'eau pérenne est celui qui a bénéficié de plus d'investigation. Ces formations sédimentaires localisées à l'ouest et au sud-ouest du Burkina constituent la partie sud-est du bassin sédimentaire de Taoudéni, située à cheval entre deux pays, le Burkina Faso et le Mali, forme un système aquifère continu transfrontalier (Dakouré, 2003 ; Koussoubé, 2010).

Cette zone est considérée par l'Observatoire du Sahara et du Sahel comme étant une zone à ressources renouvelables abondantes. « La partie amont du bassin versant recèle des ressources en eau souterraine considérables avec les importantes sources de Nasso-Guinguette, dans la région de Bobo Dioulasso, dont le débit cumulé est de l'ordre de 7 200 m<sup>3</sup>/h (soit 2 m<sup>3</sup>/s), ainsi que les sources de Pessou. De nombreux forages ont un débit supérieur à 20 m<sup>3</sup>/h, parmi lesquels certains produisent plus de 500 m<sup>3</sup>/h ce qui permet des usages alimentaires et industriels (usines Lafi-Brakina et Jirma) ou industriels (usine SN CITEC). Certains forages sont artésiens. La zone d'alimentation de ce chapelet de sources dépasse vraisemblablement le bassin versant du Kou et devrait s'étendre vers les hauts-bassins (région d'Orodara) » (OSS, 2012 ; OSS, 2013).

Bien que ces domaines sédimentaires aient bénéficié d'une intense activité de recherche, il demeure encore des insuffisances quant aux connaissances des aquifères de ces bassins :

- Il n'y a eu, pour le moment, aucun forage assez profond pour permettre de mieux connaître les caractéristiques des nappes.
- Il n'y a pas eu non plus une prospection géophysique profonde qui pourrait permettre de relever ces insuffisances.
- une étude récente a souligné qu'il n'y a pas de relevés piézométriques suivis et fiables permettant d'avoir une idée des directions d'écoulement des eaux souterraines et de proposer ainsi une carte piézométrique correcte.

---

<sup>13</sup> Gestion Intégrée et Concertée des Ressources en Eau des Systèmes Aquifères d'Iullemeden, de Taoudéni/Tanezrouft et du fleuve Niger –GICRESAIT

#### 4.3.2.3 Production des connaissances sur les quantités des eaux souterraines

Les connaissances des aquifères tant en zone du socle que dans les domaines sédimentaires restent faibles en termes de géométrie, de caractéristiques hydrodynamiques et de recharge.

Aussi, l'estimation des ressources en eau souterraine du Burkina Faso reste très variable selon les études. Les bassins qui semblent les plus « riches » en eaux souterraines à savoir le bassin du Nakanbé et celui du Niger, sont précisément les moins connus car appartenant à l'ensemble des aquifères de socle, où les méthodes d'évaluation sont incertaines. Selon une étude récente (BM, 2017a,b,c), le potentiel total du Burkina Faso en eaux souterraines est estimé à environ 302 milliards de m<sup>3</sup>.

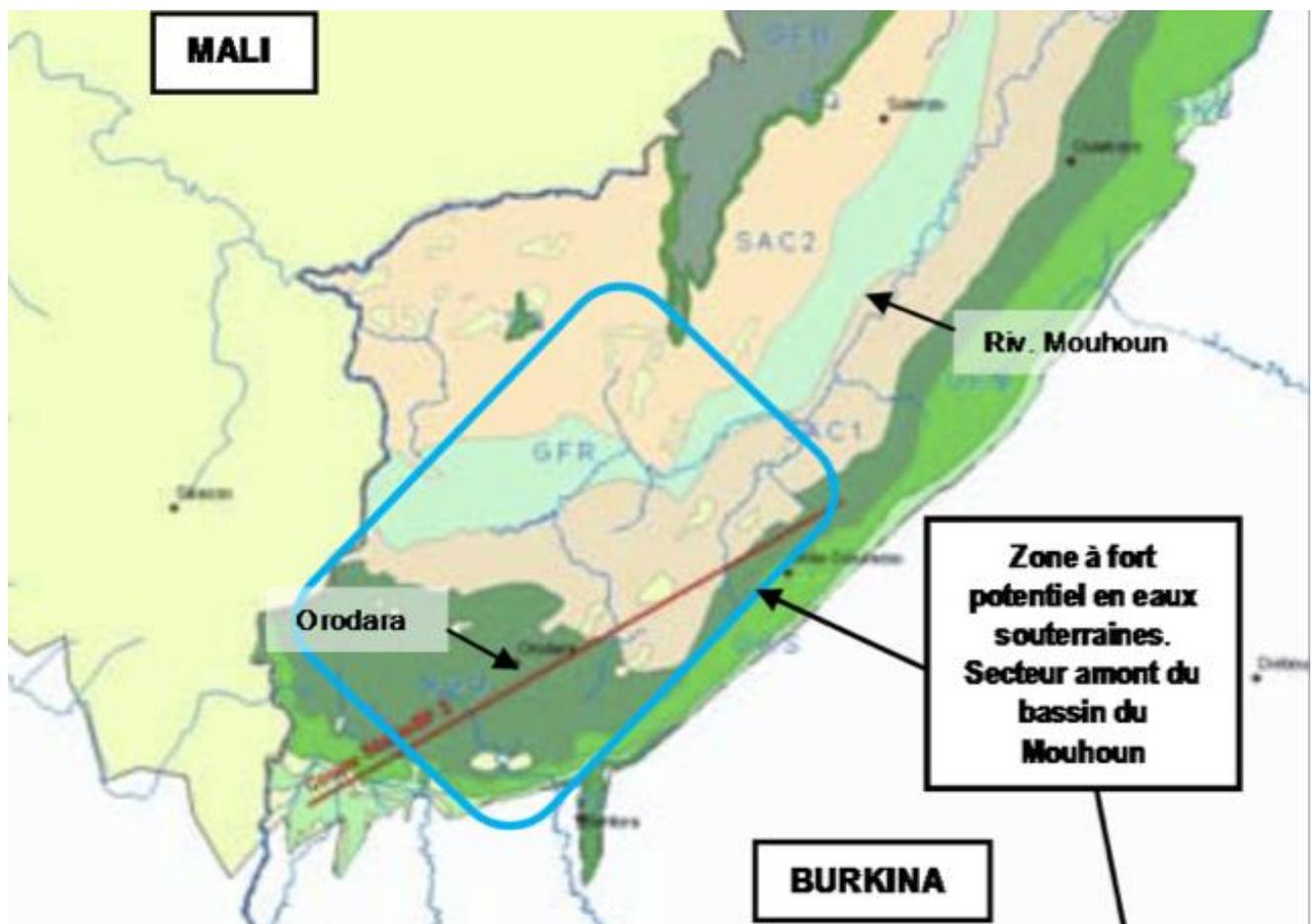


Figure 6 : Formations sédimentaires occidentales à cheval entre le Mali et le Burkina Faso (source OSS, 2013)

Tableau 4 : Eaux souterraines : potentiel total et part renouvelable annuellement (BM, 2017a-c)

Bassin	Réserves totales (milliards de m <sup>3</sup> )	Réserves renouvelables (ou utiles) (milliards de m <sup>3</sup> )
Niger	58 610*	5 072*
Nakanbé	80 173*	6 105*
Mouhoun	74 996*	494**
Comoé	88 080*	695**
<b>Total</b>	<b>301 859</b>	<b>12 366</b>

\* Estimations GIRE<sup>14</sup> ; \*\*Estimations Projet RESO<sup>15</sup> et COWI<sup>16</sup> (COWI, 2012a,b)

#### 4.3.2.4 Production des connaissances sur l'évolution des nappes d'eau souterraine

Comme précédemment souligné, il y a une réelle insuffisance dans les connaissances en matière de ressources en eaux souterraines. Des études ponctuelles ont permis d'avoir accès à certaines données concernant les comportements des nappes (Filippi et al, 1990 ; Milville, 1990 ; Bazié, 1993; Mathieu, 1993; Etrillard, 1994 ; Bazié et al, 1995 ; Compaoré, 1997 ; Koussoubé et al, 2000 ; Vouillamoz, 2003 ; Ouandaogo/Yaméogo, 2008). Ces études sont certes variées et sur une longue période mais eu égard à la très grande superficie du socle, près de 80% du territoire, elles ne permettent pas d'avoir un accès suffisant aux connaissances. Ainsi, la connaissance des mécanismes de la recharge en eau est encore réduite en zone de socle. Dans l'ensemble des ressources en eaux souterraines, les types de circulation dans les aquifères, restent assez méconnus. L'âge et l'histoire de la mise en place des formations géologiques au Burkina, notamment celles du socle cristallin font encore l'objet de controverses et discussions diverses (Ouandaogo/Yaméogo, 2008).

La pluviométrie a fortement baissé depuis 1970, même si ces dernières années on observe une légère remontée depuis le milieu des années 90. Cette sécheresse prolongée, a eu des effets néfastes sur le couvert végétal avec une augmentation des écoulements et une diminution des infiltrations. Elle a peut-être aussi entraîné la baisse du niveau des nappes souterraines, comme celle observée sur le réseau piézométrique dit « du CIEH » (Ibrahim, 2013) ; mais les connaissances actuelles ne permettent pas de donner des indications claires sur cette baisse (BM, 2017a).

<sup>14</sup> État des lieux des ressources en eau du Burkina Faso et de leur cadre de gestion, mai 2001 (MEE, 2001).

<sup>15</sup> Programme de développement des ressources en eau du Sud-Ouest (RESO, 1998).

<sup>16</sup> Gestion Intégrée des Ressources en Eau dans les bassins du Mouhoun et de la Comoé (COWI, 2012a,b)

### 4.3.3 Production des connaissances sur la qualité de la ressource en eau

Pour ce qui concerne la qualité de l'eau, en 2011, une sonnette d'alarme a été tirée en termes des connaissances et la mesure/suivi en ces termes : « *Si, à l'échelle nationale, on peut dire que le réseau de suivi de la qualité des eaux géré par la DGRE est insuffisant, au niveau des bassins du Mouhoun, de la Comoé et du sous bassin du Banifing, la situation est encore plus déplorable. On ne compte en effet que :*

- 4 sites d'échantillonnage dans le Mouhoun, dont 3 pour les eaux de surface et 1 pour les eaux souterraines ;
- 4 sites d'échantillonnage dans la Comoé, dont 2 pour les eaux de surface et deux pour les eaux souterraines ;
- 2 sites d'échantillonnage d'eau souterraine dans le Banifing.

*En réalité, il s'agit de simples points d'échantillonnage à l'emplacement de stations hydrométriques ou dans des piézomètres. Ces points d'échantillonnage ne semblent pas avoir été choisis en fonction de problématiques spécifiques. Il ne s'agit pas de stations munies d'équipements permanents de suivi de la qualité de l'eau » (COWI, 2011b).*

Contrairement à ce que ce commentaire laisserait à penser, il n'y a pas non plus une meilleure situation concernant le troisième bassin national, le Nakanbé. Dans ce bassin les travaux sont aussi à l'état embryonnaire. Les premiers travaux dans le Nakanbé, datent seulement de 2017 par une étude pilote initiée par le MEA : « *Cette étude pilote traite de la qualité des eaux brutes du bassin hydrographique du Nakanbé. D'autres études s'inspirant de cette première, porteront sur les autres bassins nationaux (Mouhoun, Niger, Comoé) en vue d'une meilleure perception de la qualité des eaux brutes du pays » (MEA, 2017).*

Au niveau sous-régional, l'ABN et l'ABV ont été alertées également quant à « *...l'augmentation des risques de détérioration de la qualité des eaux.* » (GEF-VOLTA, 2010, GEF-VOLTA, 2013a,b) et ont recensé « *les principaux enjeux* » pour garantir un accès à une eau de bonne qualité pour les populations, assurer et diffuser la connaissance de base sur la ressource quantitativement et qualitativement, et intégrer le changement climatique dans les scénarios de développement envisagés et initié des plans d'action dans les deux bassins (ABN, 2005 ; ABN, 2007a-c ; GEF-VOLTA, 2010 ; ABV, 2011 ; ABV, 2012 ; GEF-VOLTA, 2013a,b ; ABV, 2014 ; ABV, 2015).

L'enjeu est de taille car, des travaux récents (Ouedraogo et al, 2016a-c ; Ouedraogo 2017) ont indiqué que les eaux souterraines sont très vulnérables dans les bassins versants d'Afrique Centrale et d'Afrique de l'Ouest où le niveau de la nappe phréatique est très bas. Ces risques sont moins élevés pour les bassins versants sédimentaires où les nappes sont plus profondes. Ce sont les régions du Nord, du Centre et de l'Ouest du continent africain où l'on relève une vulnérabilité élevée liées à la faible profondeur de la nappe phréatique et au développement des activités agricoles.

Il faut cependant souligner, que si au plan national, les efforts et activités (VREO, 2005 ; VREO, 2006a,b) ne sont pas au niveau souhaité et doivent être approfondis, au niveau des universités et centres de recherche, il y a des activités qui sont menées quant aux connaissances de la qualité des ressources en eau souterraine et de surface. Ainsi, pour l'arsenic par exemple, « *la présence d'arsenic dans l'eau de boisson a été mise en évidence, une des toutes premières fois, en 1979 dans le village dénommé V5 du bloc de Mogtedo* » (MAHRH, 2010). Il y a eu des recherches sur les nitrates (Savadogo & Yaméogo, 2002 ; Yaméogo et al, 2006 ; Ouandaogo/Yaméogo, 2008), sur les teneurs en métaux lourds dans les eaux, les végétaux aquatiques et les poissons (Dioné, 2005 ; Ahissan, 2014 ; Bambara et al, 2015a ; Bambara, 2016 ; Ouedraogo A., 2016 ; Derra, 2018a,b) sur le cyanure, les métaux lourds et les radionucléides dans les sols et les ressources en eaux autour des zones minières (Bambara et al , 2015b ; K.Kaboré, 2017; Razanamahandry, 2017 ; Derra, 2017 ;

k.Kaboré, 2018). Mais ces activités de recherche ne sont pas coordonnées au niveau national, si bien que la conclusion sur les connaissances de la qualité des ressources en eaux, c'est que : « *certaines volets comme le suivi quantitatif et les usages connaissent des avancées significatives. Par contre les aspects qualitatifs restent mal connus du fait qu'on ne dispose pas d'informations suffisantes pour évaluer la situation de la qualité des ressources en eau à l'échelle nationale* » (MEA, 2017a).

#### 4.4 Production des connaissances sur la demande actuelle en ressources en eau et sa projection à l'horizon 2030

L'évaluation de la demande en eau du Burkina Faso, est faite selon BM (2017a), en partant des états de lieux et études qui ont été faites entre 2001 et 2017 par MEE (2001), VREO, (2009, 2010), MEA (2017a) et par des données de l'ONEA (estimations).

Les deux tableaux ci-dessous (Tableau 5 et Tableau 6) rassemblent les résultats indiquant l'évaluation de la demande actuelle pour les différents secteurs en 2016 et à l'horizon 2030 : l'agriculture, le domestique, l'élevage, les mines et industries.

Tableau 5 : Demandes en eau 2016 en  $10^3m^3$  (source : BM, 2017a)

Bassin	Demande consommatrice							Demande non consommatrice
	Agriculture	*AEP ONEA	*AEP hors ONEA	Industries	Mines	Elevage	Total	Hydroélectricité
Nakanbé	314 006	62 047	59 011	2 200	1 000	8 991	447 256	1 300 000
Mouhoun	403 869	24 300	40 018	2 000	2 000	68 179	540 367	
Liptako	191 230	1 520	21 431	2 000		73 806	289 987	
Gourma	252 191	1 118	17 246	-		42 158	312 713	700 000
Comoé	188 736	2 147	5 772	-		18 280	214 934	91 000
<b>Total</b>	<b>1 350 033</b>	<b>91 132</b>	<b>143 478</b>	<b>6 200</b>	<b>3 000</b>	<b>211 414</b>	<b>1 805 256</b>	<b>2 091 000</b>

\* AEP : Approvisionnement en Eau Potable

Tableau 6 : Projections échéance 2030 en  $10^3m^3$

Bassin	Demande consommatrice							Demande non consommatrice
	Agriculture	AEP urbain ONEA	AEP rural et semi-urbain	Industries	Mines	Elevage	Total	Hydroélectricité
Nakanbé	471 415	88 475	155 674	7 776	2 469	16 041	741 850	1 300 000
Mouhoun	613 747	34 651	70 863	7 070	4 938	121 634	852 902	1 937 163
Liptako	401 108	2 167	30 884	7 070	500	131 673	573 401	49 888
Gourma	514 539	1 594	24 688	-	500	75 211	616 532	700 000
Comoé	293 675	3 061	11 021	-	2 000	32 613	342 369	91 000
<b>Total</b>	<b>2 294 483</b>	<b>129 948</b>	<b>293 130</b>	<b>21 916</b>	<b>10 407</b>	<b>377 171</b>	<b>3 127 054</b>	<b>4 078 050</b>

Les données de ces deux tableaux, à savoir, les estimations des ressources en eau disponible dans les quatre bassins nationaux et les demandes sans cesse croissantes, indiquent que le Burkina Faso est en situation de pénurie au sens de la gestion durable de la ressource. Néanmoins, le pays bénéficie d'une dotation en eau élevée. La mobilisation des eaux de surface (barrages), est largement suffisante pour couvrir les besoins de l'économie et des ménages.

#### 4.5 Production des connaissances sur l'évolution des variables climatiques et météorologiques et vulnérabilité des ressources en eau

Comme souligné précédemment, pour l'Afrique de l'Ouest, les températures projetées, pour la fin du siècle en cours, connaîtront une élévation se situant entre 3°C et 6°C par rapport au niveau de base observé à la fin du 20<sup>ème</sup> siècle (Meehl et al., 2007 ; Fontaine et al., 2011 ; Mariotti et al., 2011 ; Diallo et al., 2012 ; Vizey et al., 2013). Quant aux précipitations, malgré la divergence présentée entre eux par les modèles climatiques la tendance est à la baisse (5 à 10%) pour la partie Ouest du Sahel et une légère augmentation pour la partie Est (5 à 15%) (OSS-GICRESAIT, 2012).

Les études (LAMI, 2012a-k ; Gamal, 2009 ; Ibrahim et al, 2011 ; Ibrahim, 2012; Ramaroson, 2013 ; PANA, 2007 ; Doumounia et al 2014 ; Waongo, 2015 ; Zongo, 2016 ; Kaboré H., 2017 ; Climate Analytics, 2018) indiquent que les tendances relevées au niveau du Sahel dans son ensemble se manifestent de manière similaire au Burkina Faso :

- une hausse des températures, en particulier pour les zones soudaniennes et soudano-sahélienne ;
- des changements dans la répartition dans le temps des précipitations : incertitudes sur le début et la durée des saisons de pluie, occurrence de périodes de sécheresse; diminution du nombre de faibles pluies et augmentation du nombre de fortes pluies;

Du point de vue du régime hydrologique, il ressort que les effets du changement climatique vont se poursuivre et se manifester, surtout en zone du socle, 80% du pays, par une diminution des infiltrations, une augmentation de l'évapotranspiration, une augmentation des écoulements, une dégradation de la qualité des eaux (Mahé et al, 2003 ; Mahé et al, 2005; Mahé et al, 2009 ; Ibrahim et al, 2012, Ibrahim, 2013 ; MEA, 2017a).

Un des documents clé du pays en matière d'informations / connaissances sur l'impact des changements climatiques est le Plan National d'Adaptation aux changements climatiques (PNA, 2015). Dans ce document, les impacts actuels et futurs (projections) des changements climatiques sur les ressources en eau ont été décrits en se focalisant sur 3 stations du pays (Dori, Ouagadougou, Bobo Dioulasso), pris comme représentant les différentes zones agro-climatiques. Par ailleurs, il n'a pas été donné, de degré d'incertitude ou de robustesse par rapport aux informations rapportées dans le PNA. Pour donc compléter ces études de vulnérabilité existantes, il y a besoin en informations spatialement explicites, plus quantitatives, mettant en évidence les incertitudes et robustesses des modèles utilisés, sur les impacts biophysiques sur les ressources en eau, et sur les changements futurs (projections) (LEJEUNE et SAEED, 2019).

## 5 Synthèse et discussion

### 5.1 Multitude de travaux sur les ressources en eau au Burkina Faso mais peu sur l'impact des changements climatiques sur ces ressources

Cette étude a révélé que la question des ressources en eaux est restée une préoccupation pour le Burkina Faso. Dans le contexte du changement climatique global, de par sa position géographique, à l'instar des pays de la région qui subissent de plein fouet les impacts du changement climatique, la question de l'eau apparaît de plus en plus nettement comme une question cardinale à résoudre pour le Burkina Faso. En effet, on observe une multitude de productions d'information. Au cours du présent travail, nous avons pu rassembler:

- 2272 publications que nous avons classées dans la littérature grise :
  - Etudes commandées par le Gouvernement ou ses démembrements, par des ONG, par les services de la coopération internationales, par les banques (Banque Mondiale, BOAD, BID, FED, KFW, BECEAO, etc.) ;
  - Les livres et ouvrages divers ;
  - Les comptes-rendus d'ateliers, les rapports techniques, les manuels de procédures ;
  - Les communications non publiées ;
- 290 thèses, mémoires et articles.

Nous sommes convaincus que nombre de productions nous ont échappées. Mais déjà ce qui a été disponibilisé montre qu'il y a beaucoup de travaux sur les ressources en eau même si peu d'entre eux sont en lien avec les impacts du changement climatique sur ces ressources.

## 5.2 Une multitude de productions disséminées, dispersées, éparpillées : une absence de gestion correcte des données

Même si des efforts ont été faits par les autorités, ce cri de cœur que nous rapportons reste d'actualité :

*« La gestion des données connaît d'énormes difficultés au niveau national. (...) Ainsi, l'ordinateur (...) qui devrait stocker la banque hydrométrique nationale, ne contient que les données de quelques stations. Le logiciel HYDROM 3.2 utilisé pour la gestion des données hydrométriques convient pour le moment au besoin spécifique de stockage des données. Il présente en outre l'avantage d'être utilisé dans la plupart des autres pays d'Afrique de l'Ouest. Cependant il comporte des insuffisances dans son fonctionnement (gestion de mémoire défectueuse, fichiers d'impression non satisfaisants, manque de convivialité dans les sélections de champs pour extraction, etc.). Actuellement, HYDROM 3.2 n'est pas évolutif car l'IRD semble avoir arrêté son développement. Le logiciel BEWACO<sup>17</sup> actuellement utilisé pour la gestion des données piézométriques fonctionne sous l'environnement MS-DOS. Il n'est pas convivial et n'est pas totalement maîtrisé par les agents de la DIRH. Le développement de BEWACO sous l'environnement Windows pourrait résoudre ce problème. Les données de l'ONEA ne sont pas encore dans la banque de données de la DIRH. Surtout, il faut déplorer l'inexistence d'archives sauvegardées sur un quelconque support informatique fiable et d'accès facile pour l'ensemble des données. » (MEE, 2000).*

Le temps et les efforts qui nous ont été nécessaires pour réunir la documentation répertoriée dans cette étude, témoignent, à souhait, de la dispersion de l'information dans ce secteur des ressources en eau.

Et pourtant, la connaissance et le suivi des ressources en eau, de leurs usages, des ouvrages d'exploitation, des demandes, des risques liés à l'eau, des besoins de l'environnement en eau sont les éléments de base indispensables pour assurer une bonne gestion des ressources en eau, surtout dans le contexte actuel. Il manque cruellement, un bon système de gestion de données pour permettre aux décideurs politiques, aux planificateurs, aux collectivités locales, aux exploitants de l'eau les moyens d'accès aux informations ci-dessus citées.

Les différentes dispositions institutionnelles d'observation et de gestion des ressources en eau (telles que décrites à la section IV-2), rigoureusement appliquées, seraient non seulement très importantes quant à la gestion efficiente des ressources en eaux, mais de plus et surtout seraient de grande portée pour le renforcement des connaissances en matière de ressources en eaux si le Système National d'Information sur l'Eau (SNIEau) venait à être opérationnel (MAHRH, 2004 ; MEA, 2016 ; MEA, 2017b). Dans ce sens aussi, le succès du « renforcement des capacités des agences de l'eau et des autres parties prenantes » prévus dans « les dix actions » du PN-GIRE 2016-2030 (MARHASA, 2014) est vivement attendu. Il y a, cependant, des pas encourageants (MARHASA, 2014).

---

<sup>17</sup> BEWACO : Etude du Bilan d'Eau du Burkina Faso, exécutée par le bureau néerlandais IWACO (ME, 1991)

### 5.3 Une multitude de travaux mais qui connaissent des limitations quant aux résultats

L'étude a montré que des catalogues sont tenus depuis 1920 sur les données météorologiques « Pluies - eaux de surface - productions végétales Haute - Volta (1920 - 1983) » (ORSTOM, 1984).

De même pour ce qui est des données hygrométriques on observe :

*« Sur l'ensemble du Burkina Faso, la densité des stations hydrométriques (3,7 stations pour 10.000 km<sup>2</sup>) est satisfaisante selon les normes de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM). Cependant, lorsqu'on descend au niveau des bassins versants nationaux, cette densité devient théoriquement insuffisante (2,4 stations pour 10.000 km<sup>2</sup> sur le bassin du Mouhoun, 2,7 stations pour 10.000 km<sup>2</sup> sur le bassin versant du Nakanbé sl<sup>18</sup> et 1,7 stations pour 10 000 km<sup>2</sup> sur le bassin versant du Niger). D'une manière générale, sur chaque bassin national, les stations sont concentrées sur une petite zone par rapport à l'ensemble de la superficie du bassin. Ce constat s'explique par le fait que de nombreuses régions sont encore d'accès difficile en saison pluvieuse et par l'évolution du réseau hydrométrique qui suit celle de la construction des grands barrages. » (MEE, 2000).*

En plus des difficultés que le Rapport technique souligne, il y a le fait que la plupart des mesures faites avec une bonne couverture sont liés à des projets. Une fois que le projet est terminé, tout est démonté, emballé et emporté comme si on n'avait plus besoin de collecter les données. Ainsi comme le montre la figure suivante, on observe dans le carré autour de Kindi<sup>19</sup>, un nombre de pluviomètres pratiquement équivalent au nombre dont disposait à l'époque la Direction Générale de la Météorologie (aujourd'hui, Agence Nationale de la Météorologie, ANAM).

Dès la fin du projet, tout a été emballé et emporté !!!

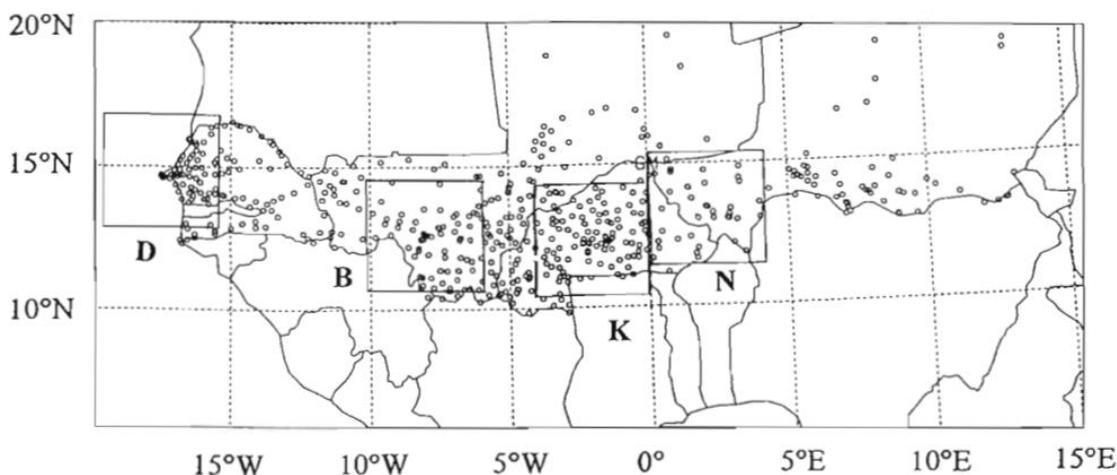


Figure 7 : Localisation des stations pluviométriques dans la base de données de Sivakumar (points non remplis) et les bassins versants régionaux (grands carrés) utilisés dans les analyses. Les lettres indiquent les stations sur lesquelles, les bassins versants sont centrés (D = Dakar ; B = Bamako ; K = Kindi ; N = Niamey). Les données de Rawinsonde ont également été utilisées pour D, B et N

<sup>18</sup> Nakanbé sl. : Nakanbé au sens large, le bassin versant complet du Nakanbé dans sa partie burkinabé. Le Nakanbé ss. (au sens strict) est une partie du bassin choisie pour la mise en œuvre du Projet Pilote Nakanbé du Programme GIRE

<sup>19</sup> Kindi est un département du Burkina Faso situé dans la province de Boulkiemdé de la région Centre-Ouest, à une centaine de kilomètres de Ouagadougou, la Capitale

Un autre fait grave qui nuit à la fiabilité des mesures est le non suivi des réseaux de capteurs qui sont installés (BM,2017a).

Pour ce qui est des ressources en eaux souterraines, les observations ci-dessous, formulées dans l'État des lieux de la GIRE en 2001 restent d'actualité :

*« Outre le problème de la répartition des piézomètres et de la fiabilité de leurs données, l'évaluation des ressources en eau souterraine, totales ou renouvelables, est rendue extrêmement imprécise par les facteurs suivants :*

- par manque de précision sur les données altimétriques, il n'est pas possible de tracer de courbes piézométriques fiables au niveau national ou même régional. Les connaissances sur les écoulements souterrains (direction, débits) à ces niveaux sont donc quasi absentes ;*
- la très grande majorité des forages vise une exploitation rurale avec des exigences de débit modestes, pour l'installation de pompes à motricité humaine. Ce genre de forage qui ne capte pas toute l'épaisseur des aquifères n'apporte donc pas d'information complète sur leurs potentialités réelles (débit, épaisseur saturée) ;*
- un paramètre fondamental pour estimer les ressources en eau est la porosité efficace pour les nappes libres et le coefficient d'emménagement pour les nappes captives. Au niveau national, ces paramètres sont très rarement connus. » ( MEE, 2001 ).*

## 6 Recommandations

Au vu de la synthèse qui vient d'être faite, il apparaît pertinent de faire les recommandations suivantes :

- \* Le renforcement de la connaissance et de la capacité de gestion des ressources en eau de surface à travers le suivi hydrologique in situ et la télédétection ;
- \* Les connaissances sur la qualité des ressources en eaux sont très faibles. **Une action urgente peut être entreprise sur les eaux de surface, dans un premier temps.** Ensuite, consacrer des efforts nécessaires par des moyens financiers plus importants à l'étude et à la connaissance de l'eau souterraine, notamment en zone du socle.
- \* La densification des réseaux de capteurs pour la collecte des données météorologiques, climatiques, hydrologiques, hydro-géologiques, agro-météorologiques
- \* La mise en place effective du SNI Eau tel que préconisée depuis bientôt 15 ans car un tel système est un fondement essentiel de la gestion intégrée des ressources en eau : sans connaissance des divers aspects de l'eau, pas de gestion durable possible. Cette chaîne opérationnelle devra s'étendre depuis la collecte de données de base sur le terrain jusqu'à la diffusion d'informations analytiques sur l'état des ressources en eau et de leurs usages. Elle comprend donc les réseaux et procédures de suivi sur le terrain, les systèmes de transfert d'information, de validation, de saisie, de stockage, les systèmes d'analyse et de traitement de l'information - les bases de données, le SIG, les outils informatiques associés -, les mécanismes de diffusion de l'information - centre de documentation, site WEB, procédures d'échanges entre producteurs et clients de l'information ;
- \* Le renforcement des laboratoires et structures de recherche de l'université et du CNRST et leur implication en synergie avec les ministères et leurs démembrements autour des ressources en eau dans le contexte du changement climatique global ;
- \* Le renforcement de la connaissance et de la capacité de gestion des eaux souterraines pour un certain nombre d'aquifères prioritaires, avec une combinaison des activités traditionnelles de suivi piézométrique et des techniques de télédétection ;
- \* Le développement des capacités institutionnelles et techniques des services nationaux - météorologiques, climatiques, hydrologiques, hydro-géologiques, agro-météorologiques et de la protection civile - en lien avec les organismes et structures de recherche de l'Université et du CNRST, pour une utilisation optimale des connaissances pour la gestion intégrée des ressources en eau, l'adaptation aux changements et à la variabilité climatique et la gestion des risques de catastrophe.

## Références

- ABN-Autorité du bassin du Niger, 2005. « Rapport de synthèse régionale des études multisectorielles nationales » janvier 2005, Niamey, Niger, 106p.
- ABN-Autorité du bassin du Niger, 2007a. « Elaboration du plan d'action de développement durable du bassin du Niger - Phase I : Bilan – Diagnostic - Rapport définitif ». juillet 2007, Niamey, Niger, 405p.
- ABN-Autorité du bassin du Niger, 2007b. « Elaboration du plan d'action de développement durable du bassin du Niger – 2007. Phase II : Schéma directeur d'aménagement et de gestion - Rapport définitif », juillet 2007, Niamey, Niger, 353p.
- ABN-Autorité du bassin du Niger, 2007c. « Etude d'élaboration du programme d'investissement et de formulation des projets d'investissement nécessaire à la mise en œuvre de la vision partagée - Rapport définitif », décembre 2007, Niamey, Niger, 457p.
- ABN-Autorité du bassin du Niger, 2010. « Etude pour pour la mise en place d'un système de surveillance de la qualité de l'eau dans le bassin du Niger - Rapport technique pré final » avril 2010, Niamey, Niger, 66p.
- ABV, SHER, 2011. Etat des lieux de la situation hydrométéorologique dans le bassin de la Volta - rapport final-Volet 2 : Cartes thématiques, janvier 2011, 16p.
- ABV, SHER, 2012. Etat des lieux de la situation socio-économique et environnementale dans le bassin Et analyse des problématiques et des enjeux de gestion durable des ressources en eau- Volet 2 : Analyse des problématiques et des enjeux de gestion durable des ressources en eau - rapport final, janvier 2012, 72p.
- ABV, 2014. Mise en place de l'Observatoire du Bassin de la Volta comme outil d'information, de communication et d'aide à la décision - Rapport A – Etablissement de l'Observatoire du bassin de la Volta – Version finale, mai 2014, 105p.
- ABV, 2015 : Plan Stratégique 2015-2019, janvier 2015, 28p.
- Marcelle Philippe Ammah AHISSAN, 2014 : Etat des lieux de la contamination des eaux souterraines par l'arsenic dans le sud-ouest du Burkina Faso Master 2, Ingénierie Eau et Assainissement, 2IE, 2014
- ALBERGEL J. , J.P. CARBONNEL , M. GROUZIS, 1985 Péjoration climatique au Burkina Faso, incidences sur les ressources en eau et des productions végétales, Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., sol. XXI, no 1, 1984-1985 : 3-19
- Ali A. and Lebel T. (2009). The Sahelian standardized rainfall index revisited, International Journal of Climatology 29(12), 1705–1714
- Ardoin-Bardin S., Dezetter A., Servat E., Paturol J-E., Mahé G., Niel H., Dieulin C, 2009 : Using general circulation model outputs to assess impacts of climate change on runoff for large hydrological catchments in West Africa,
- MAUD BALME, THIERRY LEBEL & ABOU AMANI, 2006 : Années sèches et années humides au Sahel: quo vadimus? Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques, 51(2) avril 2006

LUC T. BAMBARA, KARIM KABORE, MOUMOUNI DERRA, DR. MARTIAL ZOUNGRANA, PROF. F. ZOUGMORÉ, DR. OUSMANE CISSE « *Assessment of heavy metals in irrigation water and vegetables in selected farms at Loumbila and Paspanga, Burkina Faso* » *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)* e-ISSN: 2319-2402,p- ISSN: 2319-2399. Volume 9, Issue 4 Ver. II (Apr. 2015), PP 99-103 [www.iosrjournals.org](http://www.iosrjournals.org)

LUC T. BAMBARA, KARIM KABORE, DR. OUSMANE CISSE, MOUMOUNI DERRA, FRANÇOIS ZOUGMORE, NASH BENTIL « *Assessment of Pollution in Agricultural Soil and Interrelationship between the Heavy Metals at Paspanga, Burkina Faso* » *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)* e-ISSN: 2319-2402,p- ISSN: 2319-2399. Volume 9, Issue 8 Ver. I (Aug. 2015), PP 84-90 [www.iosrjournals.org](http://www.iosrjournals.org)

Luc Tilado BAMBARA, «Etude de la pollution en métaux lourds dans les zones de maraichage au Burkina Faso : Cas de Ouagadougou et de Loumbila», UFR-SEA, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 19 février 2016

Bazié Pibgnina, 1993 : Etude expérimentale et modélisation des transferts verticaux d'eau en milieu poreux non-sature : Application à la recharge des nappes de socle en climat soudano-sahélien, Thèse Doctorat-Sciences de l'Eau Thèse de Doctorat Université Louis Pasteur (Strasbourg) No national 1993STR13023

Bazie, P., Dieng, B. & Ackerer, P. (1995). Bilan des transferts verticaux d'eau en zone non-saturée sous climat soudano- sahélien: application à l'estimation de la recharge des nappes. *Revue des sciences de l'eau*, 8(2), 237–260. <https://doi.org/10.7202/705221ar>

Biasutti, M., and A. Giannini (2006), Robust Sahel drying in response to late 20th century forcings, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L11706, doi:10.1029/2006GL026067

Biasutti, M., I.M. Held, A.H. Sobel, and A. Giannini, 2008: SST forcings and Sahel rainfall variability in simulations of the twentieth and twenty-first centuries. *Journal of Climate*, **21(14)**, 3471-3486.

BM, 2017a : « Amélioration de la connaissance et de la gestion des eaux au Burkina Faso » - Rapport de synthèse, Septembre, 2017, <http://www.worldbank.org/water>

BM, 2017b : « Amélioration de la connaissance et de la gestion des eaux au Burkina Faso », Hubert MACHARD de GRAMONT avec la collaboration de Alain Nindaoua SAVADOGO et de Denis DAKOURÉ - Annexe 1 : Diagnostic sur les eaux souterraines, Septembre, 2017, <http://www.worldbank.org/water>

BM,2017c : « Amélioration de la connaissance et de la gestion des eaux au Burkina Faso », Serge A. PIEYNS avec la collaboration de François N. OUÉDRAOGO, Zéphirin KAGEMBEGA, Edmond KABORÉ - Annexe 2 : Évaluation des ressources en eau et des demandes sectorielles - Bilan Besoins-Ressources, Septembre, 2017, <http://www.worldbank.org/water>

BM, 2017d : « Amélioration de la connaissance et de la gestion des eaux au Burkina Faso », Athanase COMPAORÉ, et Hamidou GARANÉ - Annexe 3 : Analyse du cadre de gestion, Septembre, 2017, <http://www.worldbank.org/water>

AN II des inondations du 1er septembre 2009 : Quel bilan tirer ? *Burkinapmepmi*, 28 août 2011; [burkinapmepmi.com/spip.php?article5199](http://burkinapmepmi.com/spip.php?article5199)

Busby JW, Cook KH, Vizy EK, Smith TG, Bekalo M. Identifying hot spots of security vulnerability associated with climate change in Africa *Climatic Change*. 124: 717-731. 2014 DOI: 10.1007/s10584-014-1142-z

CARLIER Ph., FAVIN H.,LEGER Ch., 1992 : Etude de la recharge naturelle et artificielle des nappes de bas-fonds de la région de Bidi,

Climate Analytics, *Résultats préliminaires de l'étude de l'impact du changement climatique sur les ressources en eau au Burkina Faso*, Ouagadougou, Octobre 2018

Guissimbana Compaoré, 1997. « Evaluation de la fonction capacitive des altérites : site expérimental de Sanon (Burkina Faso) : socle granito gneissique sous climat de type soudano-sahélien ». *Thèse de doctorat. Université d'Avignon et des pays du Vaucluse. 171 p.*

COWI, 2011a :Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau dans les bassins du Mouhoun et de la Comoé - Rapport sur les besoins des systèmes de suivi et équipements proposés- Volume 2/4 - Suivi piézométrique, MCA-BF- AD9.1, octobre 2011, 105p.

COWI, 2011b : Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau dans les bassins du Mouhoun et de la Comoé - Rapport sur les besoins des systèmes de suivi et équipements proposés - Volume 3/4 - Suivi de la qualité de l'eau, MCA-BF- AD9.1, octobre 2011, 61p.

COWI, 2012a :Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau dans les bassins du Mouhoun et de la Comoé - Rapport d'Etat des lieux des ressources en eau du bassin de la Comoé, MCA-BF- AD9.1, novembre 2012, 353p.

COWI, 2012b : Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau dans les bassins du Mouhoun et de la Comoé - Rapport d'Etat des lieux des ressources en eau de l'espace de compétence de l'Agence de l'eau du Mouhoun, MCA-BF- AD9.1, décembre 2012, 468p.

COWI, 2013a. Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau dans les bassins du Mouhoun et de la Comoé – Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE) de l'espace de compétence de l'Agence de l'eau du Mouhoun, Décembre 2013, 252p.

COWI, 2013b. Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau dans les bassins du Mouhoun et de la Comoé - Schéma directeur d'aménagement et de gestion de l'eau du bassin de la Comoé, version provisoire n°2, novembre 2013, 225p.

Denis Dakouré, 2003. Etude hydrogéologique et géochimique de la bordure sud-est du bassin sédimentaire de Taoudéni (Burkina Faso - Mali) - Essai de modélisation, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2003. Français. <tel-00608860>

De Jong, S.J. & Kikietta, A., 1980 : Résultat de l'étude sur la présence de l'arsenic dans les eaux souterraines du périmètre de la Volta Blanche de l'AVV, 1980

Moumouni Derra, Dr. Ousmane I. Cisse, Dr. Luc Telado Bambara, Karim Kabore and Pr. François Zougmore, «*Assessment of heavy metals pollution in water and lettuce samples at Ouagadougou and its suburban, Burkina Faso* » Asian Journal of Science and Technology, Vol. 09, Issue, 01, pp.7263-7268, January, 2018 ISSN: 0976-3376 <http://www.journalajst.com>

Moumouni Derra, Dr. Luc Telado Bambara, Dr. Ousmane I. Cisse, Karim Kabore, Dr Inoussa Zongo and Pr. François Zougmore, «*Assessment of heavy metals pollution in Surfaces and Underground Irrigation waters at Ouagadougou, Boulbi and Tanghin-Dassouri* » International Journal of Engineering Research, Volume No. 7, Issue No. 5, pp :97-100, 1 May 2018 ISSN: 2319-6890(online), 2347-5013(print) DOI : 10.5958/2319-6890.2018.00105.8

Diallo, I., M. B. Sylla, F. Giorgi, A. T. Gaye, and M. Camara, 2012: Multimodel GCM-RCM ensemble-based projections of temperature and precipitation over West Africa for the early 21st century. *Int. J. Geophys.*, **2012**, 972896, doi:10.1155/2012/972896.

DIONE Malick 2005 : « Gestion intégrée des ressources en eau de la vallée du Kou : profil de pollution des eaux de surface en rapport avec les usages » Master d'ingénierie FI3 2005

Bernard Fontaine, Pascal Roucou, Paul-Arthur Monerie. Changes in the African monsoon region at medium-term time horizon using 12 AR4 coupled models under the A1b emissions scenario.. *Atmospheric Science Letters*, Wiley, 2011, 12 (1), pp.83-88. <10.1002/asl.321>. <hal-00463573>

Samir Al-Gamal and Abdel-Kader Dodo Climate Change and Water Resources in Africa Al-Gamal and Dodo *Journal of Environmental Hydrology* Volume 17 Paper 2 January 2009 <http://www.hydroweb.com>

F. GAUTIER , H. LUBES-NIEL , R. SABATIER , J. M. MASSON , J. E. PATUREL & E. SERVAT, 1998 : Variabilité du régime pluviométrique de l'Afrique de l'Ouest non sahélienne entre 1950 et 1989, *Hydrological Sciences Journal*, 43:6, 921-935, DOI: 10.1080/02626669809492187, <http://dx.doi.org/10.1080/02626669809492187>

UNEP-GEF Volta Project, 2010. Analyse Diagnostique Transfrontalière du bassin versant de la Volta : Rapport National Burkina Faso. UNEP/GEF/Volta/NR BURKINA 1/2010, 196p.

UNEP-GEF Volta Project, 2013a/*Projet PNUF-FEM Volta*, 2013. Analyse Diagnostique Transfrontalière du bassin de la Volta. *UNEP/GEF/Volta/RR 4/2013*, 154p.

UNEP-GEF Volta Project, 2013b. Analyse Diagnostique Transfrontalière (Document traduit en français). *UNEP/GEF /Volta RR 5/2013*, 182p.

GIEC, 2014a: *Changements climatiques 2014: Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 161 p

**Niang**, I., O.C. Ruppel, M.A. Abdrabo, A. Essel, C. Lennard, J. Padgham, and P. Urquhart, 2014: Africa. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1199-1265.

**GIEC**, 2014b: *Changements climatiques 2014: Incidences, adaptation et vulnérabilité – Résumé à l'intention des décideurs. Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [sous la direction de Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea et L.L. White]. Organisation météorologique mondiale, Genève (Suisse), 34 pages (publié en anglais, en arabe, en chinois, en espagnol, en français et en russe)

Giorgi, F. and L. O. Mearns, 1999: Introduction to special section: regional climate modeling revisited. *Journal of Geophysical Research*, 104, 6335–6352, doi:10.1029/98JD02072

Hulme, M., R. Doherty, T. Ngara, M. New, and D. Lister, 2001: African climate change: 1900-2100. *Climate Research*, **17(2)**, 145-168.

Ibrahim B, Polcher J, Karambiri H and Rockel B (2012). Characterization of the rainy season in Burkina Faso and its representation by regional climate models, *Climate Dynamics*, DOI : 10.1007/s00382-011-1276-x

Boubacar Ibrahim. Caractérisation des saisons de pluies au Burkina Faso dans un contexte de changement climatique et évaluation des impacts hydrologiques sur le bassin du Nakanbé. *Hydrologie*. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2012

Janicot, S., B. Harzallah, B. Fontaine, and V. Moron, 1998: West African monsoon dynamics and eastern equatorial Atlantic and Pacific SST anomalies (1970- 1988). *Journal of Climatology*, 11, 1874–1882.

Jung, G. and H. Kunstmann, 2007: High-resolution Regional Climate Modelling for the Volta Basin of West Africa. *Journal of Geophysical Research - Atmosphere*, 112, 1–17, doi:10.1029/2006JD007951

Karim Kabore, Inoussa Zongo, Luc Telado Bambara, Moumouni Derra, Ousmane Cisse, François Zougmore, Ali Ibrahim Doe « *Determination of Natural Radioactivity Level and Hazard Assessment of Groundwater Samples from Mining Area in the North Region of Burkina Faso* » *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS) (2017) Volume 37, No 1, pp 187-199*, ISSN (Print) 2313-4410, ISSN (Online) 2313-4402, <http://asrietsjournal.org/>

Karim Kabore, Luc Telado Bambara, Inoussa Zongo, Moumouni Derra, Ousmane Cisse, François Zougmore, Emmanuel DARKO « *Modelling Radionuclides Transport in a Groundwater System Around a Goldmine Site in Burkina Faso* » *International Journal of Engineering Research Volume No.7, Issue No.2, pp : 31-34 1 Feb. 2018 ISSN:2319-6890 (online), 2347-5013(print) DOI : 10.5958/2319-6890.2018.00090.9*

Kaboré Harouna, 2017 : Analyse des paramètres climatiques au Burkina-Faso, Master2 Environnement et Changement Climatique, UO, 2017, 90p.

Sayoba KAFANDO, « Amélioration des connaissances des ressources en eau souterraine au Burkina Faso : cas de la carte hydrogéologique de la région du sahel », Master II en sciences de la terre ,UFR/SVT, 2014

Kikietta Albert : Contribution à l'étude hydrogéologique des massifs granitiques et cristallins basiques en Afrique intertropicale : l'hydrogéologie du bassin versant de la Bougouriba (Haute-Volta), Doctorat : Génie géologique et minier : Vandoeuvre-les-Nancy, INPL : 1978

Youssouf Koussoubé, 1996 : Hydrogéologie en milieu de socle cristallin du Burkina Faso : Cas du bassin versant du bas-fond de Bidi (province du Yatenga), Thèse de 3ème Cycle en géologie UCAD, Dakar, Sénégal,1996

Youssouf Koussoubé, Alain N. Savadogo, Samuel Nakolendousse, Pibgnina Bazie, 2000 : « Efficience de trois méthodes géophysiques d'investigation latérale dans la mise en évidence de contacts entre des formations géologiques du Protérozoïque inférieur du Burkina Faso Evaluation of the efficiency of three geophysical methods for the determination of natural contacts between Lower Proterozoic geological formations of Burkina Faso ». *Pangea*, 2000, 33/34, pp.49-60.

Koussoubé, 2010. Hydrogéologie des séries sédimentaires de la dépression piézométrique du Gondo (bassin du Sourou) : Burkina Faso / Mali. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2010. Français. <tel-00815287>

Lahaye, J.P., 1978 : Etudes hydrologiques du barrage de Bagré sur la Volta Blanche, étude pluviométrique : Etude des hauteurs de pluies exceptionnelles en un et plusieurs jours consécutifs, 1978

LAME, 2012a : Elaboration du PANA programmatique du Burkina Faso. Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et d'analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Projections de scénarios climatiques au Burkina Faso, octobre 2012. Université de Ouagadougou. BURKINA FASO. 59 pages.

LAME, 2012b : Elaboration du PANA programmatique du Burkina Faso. Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et d'analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Analyse sociologique des catastrophes naturelles au Burkina Faso, octobre 2012. Université de Ouagadougou. BURKINA FASO. 38 pages.

LAME, 2012c: Elaboration du PANA programmatique du Burkina Faso. Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et d'analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Secteur de la Santé au Burkina Faso, octobre 2012. Université de Ouagadougou. BURKINA FASO. 77 pages.

LAME, 2012d: Elaboration du PANA programmatique du Burkina Faso. Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et d'analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Données sectorielles : Environnement au Burkina Faso, octobre 2012. Université de Ouagadougou. BURKINA FASO. 118 pages.

LAME, 2012e : Elaboration du PANA programmatique du Burkina Faso. Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et d'analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Données sectorielles : Agriculture au Burkina Faso, octobre 2012. Université de Ouagadougou. BURKINA FASO. 111 pages.

LAME, 2012f: Elaboration du PANA programmatique du Burkina Faso. Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et d'analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Secteur de l'Énergie au Burkina Faso, octobre 2012. Université de Ouagadougou. BURKINA FASO. 107 pages.

LAME, 2012g: Elaboration du PANA programmatique du Burkina Faso. Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et d'analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Données sectorielles : Les infrastructures, octobre 2012. Université de Ouagadougou. BURKINA FASO. 40 pages.

LAME, 2012h : Elaboration du PANA programmatique du Burkina Faso. Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et d'analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Evaluation des risques et de la vulnérabilité : Secteurs environnement, agriculture et élevage au Burkina Faso, octobre 2012. Université de Ouagadougou. BURKINA FASO. 91 pages.

LAME, 2012i: Elaboration du PANA programmatique du Burkina Faso. Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et d'analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Evaluation des risques et de la vulnérabilité : Ressources en eau et infrastructures au Burkina Faso, octobre 2012. Université de Ouagadougou. BURKINA FASO. 27 pages.

LAME, 2012j : Elaboration du PANA programmatique du Burkina Faso. Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et d'analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Tendances climatiques 1980-2010 au Burkina Faso, octobre 2012. Université de Ouagadougou. BURKINA FASO. 114 pages.

LAME, 2012k : Elaboration du PANA programmatique du Burkina Faso. Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et d'analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques. Données climatiques : Tableaux, octobre 2012. Université de Ouagadougou. BURKINA FASO. 68 pages.

Le Barbé L., Lebel T., Tapsoba D. (2000) Rainfall variability in West Africa during the years 1950–90, *J. Climate* 15, 187 – 202.

Lejeune Q., Saeed F., 2019 Étude de l’impact des changements climatiques futurs sur les ressources en eau au Burkina Faso. Report produced under the project “Projet d’ Appui Scientifique aux processus de Plans Nationaux d’Adaptation dans les pays francophones les moins avancés d’Afrique subsaharienne ” , Climate Analytics gGmbH, Berlin.

Tiganadaba Lodoun, Alessandra Giannini, Pierre Sibiry Traoré, Léopold Somé, Moussa Sanon, Michel Vaksmann , Jeanne Millogo Rasolodimby, 2013 : « Changes in seasonal descriptors of precipitation in Burkina Faso associated with late 20th century drought and recovery in West Africa » *Environmental Development* 5 (2013) 96–108, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envdev.2012.11.010>

Mahé ., Paturel J. (2009). 1896-2006 Sahelian annual rainfall variability and runoff increase of Sahelian Rivers, *Comptes Rendus Geosciences* 341(7), 538–546.

Mahé G., Leduc C., Amani A., Paturel J., Girard S., Servat E. and Dezetter A. (2003). Aug- mentation récente du ruissellement de surface en région soudano-sahélienne et impact sur les ressources en eau, (*Proceedings of an international symposium held at Montpellier, April 2003*) *IAHS PUBLICATION* 278, 215–222.

Mahé G, Paturel J, Servat E, Conway D and Dezetter A, 2005 : The impact of land use change on soil water holding capacity and river flow modelling in the Nakambe River, Burkina-Faso, *Journal of Hydrology* 300(1-4), 33–43.

MAHRH - Ministère de l’Agriculture, de l’Hydraulique et des Ressources Halieutiques, 2004. Plan de conception et de mise en œuvre du Système National d’Information sur l’Eau (SNIEau) – Version finale.

MAHRH - Ministère de l’Agriculture, de l’Hydraulique, et des Ressources Halieutiques, 2009. « Etude des périmètres de protection des sources de Nasso et des forages de l’ONEA -Rapport Final - 2009 » Aout 2009, 143p.

MAHRH - Ministère de l’Agriculture, de l’Hydraulique, et des Ressources Halieutiques, 2010 . « Programme d’Appui au Développement du Secteur Eau et Assainissement Phase II- PDSEAll -Eau - Hygiène et Assainissement en milieu rural, Rapport final, Tome 1 - Synthèse », Mai 2010, 203p.

MARHASA - Ministère de l’agriculture, des ressources hydrauliques, de l’assainissement et de la sécurité alimentaire, 2014. Projet de plan d’action pour la gestion intégrée des ressources en eau du Burkina Faso 2016-2030 - Version provisoire validée, octobre 2014, 154p.

Mariotti L., Coppola E., Sylla M.B., Giorgi F., and Piani C., 2011. Regional climate model simulation of projected 21st century climate change over an all-Africa domain: comparison analysis of nested and driving model results. *Journal of Geophysical Research D: Atmospheres*, **116(D15)**, D15111, doi:10.1029/2010JD015068.

Masih I., Maskey S., Mussá F. E. F., and Trambauer P., « A review of droughts on the African continent: a geospatial and long-term perspective » *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 3635–3649, 2014 [www.hydrol-earth-syst-sci.net/18/3635/2014/](http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/18/3635/2014/) ; doi:10.5194/hess-18-3635-2014

Renaud Mathieu, 1993 : « Apport de la géochimie isotopique (2H et 18O) à l’étude des mouvements d’eau dans les sols argileux. Modélisation, étude expérimentale et application au milieu naturel (Burkina Faso) ». Thèse de Doctorat. Université Pierre et Marie Curie Paris VI, 1993

ME - Ministère de l'eau, 1990 IWACO : Etude des ressources en eau souterraine dans le Yatenga, 1990, 160p.

ME - Ministère de l'eau, 1991. Etude du Bilan d'eau au Burkina Faso, septembre 1991, 128p.

MEA - Ministère de l'Eau et de l'Assainissement, 2016: Rapport diagnostique du Système National d'Information sur l'Eau (SNI Eau) - Version finale, Octobre 2016, 86p.

MEA - Ministère de l'Eau et de l'Assainissement, 2017 : Etat des lieux de la qualité des eaux brutes du bassin versant hydrographique du Nakanbé (Burkina Faso), janvier 2017, 130p.

MEA - Ministère de l'Eau et de l'Assainissement, 2016: Plan opérationnel du Système National d'Information sur l'Eau 2017-2020, Draft, 55p.

MEE - Ministère de l'Environnement et de l'Eau, 1998 : Politique et stratégies en matière d'eau -Adopté par le Conseil des Ministres en sa séance du 1° Juillet 1998 , Ouagadougou, Burkina Faso, Juillet 1998, 119p.

MEE - Ministère de l'Environnement et de l'Eau, 2000 : Connaissance des ressources en eau sur le plan quantitatif - Pertinence du système de suivi - Version définitive, novembre 2000, 86p.

MEE - Ministère de l'Environnement et de l'Eau, 2001 : État des lieux des ressources en eau du Burkina Faso et de leur cadre de gestion- Version finale, mai 2001, 252p.

Meehl G.A., Covey C., Delworth T., Latif M., McAvaney B., Mitchell J.F.B., Stouffer R.J., and Taylor K.E., 2007: The WCRP CMIP3 multimodel dataset: a new era in climatic change research. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **88(9)**, 1383-1394 DOI:10.1175/BAMS-88-9-1383 .

MRB - Météorologie Royale de Belgique- 1982, Etude du bilan hydrique et données hydrologiques d'un bassin hydrographique de Haute Volta: bassin du Bambassou, 1982

Nakolendousse S., 1991. Méthode d'évaluation de la productivité des sites aquifères au Burkina Faso : géologie, géophysique, télédétection. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 1991, France <tel-00756438>

Nicholson S. and Palao I. (1993). A re-evaluation of rainfall variability in the sahel. Part I. Characteristics of rainfall fluctuations, *International Journal of Climatology* 13(4), 371– 389.

Nicholson SE (1978) Climatic variations in the Sahel and other African regions during the past five centuries. *J Arid Env- iron* 1:3–24

Nicholson S (2001). Climatic and environmental change in Africa during the last two centuries, *Climate Research* 17(2), 123–144.

OSS-GICRESAIT, Changements Climatiques en Afrique de l'Ouest et Conséquences sur les Eaux Souterraines, Rapport N°13, Décembre 2012

OSS, 2012. Gestion intégrée et concertée des ressources en eau des systèmes aquifères de l'Iulimeden, de Taoudeni/Tanezrouft et du fleuve Niger (GICRESAIT) – Rapport de synthèse hydrogéologique, décembre 2012, 56p.

OSS, 2013. Gestion intégrée et concertée des ressources en eau des systèmes aquifères de l'Iulimeden, de Taoudeni/Tanezrouft et du fleuve Niger (GICRESAIT) – Synthèse finale, mai 2013, 99p.

Suzanne Ouandaogo/Yaméogo, 2008. « Ressources en eau souterraine du centre urbain de Ouagadougou au Burkina Faso - qualité et vulnérabilité » Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, France, 28 novembre 2008.

Jean OUBDA, 2016. Etude de la disponibilité de la ressource en eau souterraine de la zone sédimentaire du Sud-est du Burkina Faso, Master 2, 2IE, 2016

Ouedraogo Adam, 2016 : « Evaluation de la teneur en métaux lourds dans les tissus du tilapia du Nil (Clarias Sp.) et du poisson chat d'eau douce du Burkina Faso », Mémoire, Ingénieur de conception en vulgarisation agricole 2016

Ouedraogo, I., Defourny, P., Vanclooster, M. (2016a). Mapping the groundwater Vulnerability for pollution at the pan-African scale. Science of the Total Environment, Vol. 544, p. 939-953. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.11.135.

Ouedraogo, I., and Vanclooster, M.(2016b). Shallow groundwater poses pollution problem for Africa. In: SciDev.Net.4 pp, <http://hdl.handle.net/2078.1/169630>.

Ouedraogo, I., and Vanclooster, M. (2016c). A meta-analysis and statistical modelling of nitrates in groundwater at the African scale. In: Hydrology and Earth System Sciences, Vol. 20, no.6, p. 2353-2381. DOI: 10.5194/hess-20-2353-2016.

Ouedraogo I., and Vanclooster, M. (2017). Evaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines africaines. "La lettre du RIOB", no.25, p. 9 (Juin 2017). <http://www.riob.org/pub/RIOB-25/>

Issouf Ouedraogo, 2017 : Mapping groundwater vulnerability and identify sources of nitrate pollution at the pan-African scale, Thèse Doctorat Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique, 2017

PANA : Programme d'Action National pour l'Adaptation

Pavelic, P.; giordano, M.; Keraita, b.; Ramesh, V; Rao, T. (Eds.). 2012. groundwater availability and use in Sub-Saharan Africa: A review of 15 countries. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 274 p. doi: 10.5337/2012.213 KEYWORDS: groundwater development / groundwater potential / groundwater recharge / aquifers / groundwater irrigation / irrigated farming / groundwater policy / groundwater extraction / water availability / water storage / water quality / water use / domestic consumption / livestock / case studies / wells / boreholes / pumps / costs / drainage / socioeconomic environment / hydrogeology / legal aspects / water rights / Sub-Saharan Africa

PDNA, 2010 : « Inondations du 1er Septembre 2009 au Burkina Faso, Evaluation des dommages, pertes et besoins de construction, de reconstruction et de relèvement » avril 2010, Ouagadougou, Burkina Faso, 151p.

Pieyns, S.; Klein, Jean-Claude Etude hydrologique des bassins versants dans la région de Ouaga: campagne 1962, tome I, données géographiques et climatologiques: étude hydrologique, 1964

Perspective Monde Université de Sherbrooke, Source : Banque Mondiale ; <http://perspective.usherbrooke.ca/bilan/servlet/BMTendanceStatPays?>

Plan National de Développement Economique et Social (PNDES) 2016-2020

Bernard POUYAU, 1985 : CONTRIBUTION A L'ÉVALUATION DE L'ÉVAPORATION DE NAPPES D'EAU LIBRE EN CLIMAT TROPICAL SEC EXEMPLES DU LAC DE BAM ET DE LA MARE D'OURSIS (BURKINA-FASO), DU LAC TCHAD ET D'AÇUDES DU NORD EST BRÉSILIEN, Thèse de Doctorat d'État Université de Paris-Sud - Centre d'Orsay , 15 juillet 1985, 285p.

Ramaroson Suzannah Maminirina , 2013 : Analyse de l'évolution du régime pluviométrique dans un contexte du changement climatique : Cas du centre Nord de Burkina Faso, Master2 Environnement et Changement Climatique, UO, 2013, 83p.

Lovaso Christine RAZANAMAHANDRY, 2017 : Pollution environnementale par le cyanure et potentialités de la bio remédiation dans des zones d'extraction aurifère en Afrique Subsaharienne : cas du Burkina Faso ; Thèse de Doctorat en Science et Technologie de l'Eau, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), 19 décembre 2017, 247p

Programme RESO, 1998. « Synthèse sur la géologie et l'hydrogéologie de la série sédimentaire du sud-ouest du Burkina Faso », juillet 1998, 82p.

Roehrig, R., D. Bouniol, F. Guichard, F. Hourdin, and J.C. Redelsperger, 2013: The present and future of the West African monsoon: a process-oriented assessment of CMIP5 simulations along the AMMA transect. *Journal of Climate*, **26(17)**, 6471-6505.

Pierre Rognon, 1991 : Les secheresses au sahel réplacées dans l'évolution climatique des vingt derniers millénaires, Science et changements planétaires / Sécheresse, Volume 2, numéro 3, Septembre 1991(p.199-210)

Sandwidi Wennegouda Jean Pierre, 2007 : Potentialités en eaux souterraines pour la satisfaction des besoins des populations du bassin versant du barrage de la Komienga au Burkina Faso -Thèse de doctorat (Zentrum für Entwicklungsforschung), Germany, 2007)

SAURET Elie Serge Gaëtan, 2013. Etude des potentialités hydrogéologiques d'une plaine alluviale en relation avec les eaux souterraines et de surface dans un contexte d'agriculture irriguée (Burkina Faso), Grade de Docteur en Sciences de l'Ingénieur, Université de Liège (ULG), 2013

Savadogo. A N. Yameogo S. (2002). The Urban pollution of surficial and groundwater Aquifers Vulnerability in Africa : Pollution par les nitrates des nappes aquifères de l'agglomération de Ouagadougou. *Rapport 28 p + annexes*.

Alain Nindaoua SAVADOGO : « Hydrogéologie du bassin versant de la Haute-Sissili (Haute-Volta)», Thèse de 3ème cycle, Université de Grenoble, France, 1975

Alain Nindaoua SAVADOGO : « Géologie et Hydrogéologie du socle cristallin de Haute-Volta : Etude régionale du bassin versant de la Sissili », Thèse de Doctorat d'État, Université de Grenoble, France, HAL Id: tel-00764194, 1984

Stratégie de Croissance Accélérée et de Développement Durable - SCADD, 2011-2015, Version Provisoire, Burkina Faso, Septembre 2010

Simonot, M., 1978 : Etude des eaux souterraines dans la Vallée de la Bougouriba, rapport technique n°3 : Présentation du projet, campagne 1977 - 78, conclusions et recommandations, 1978

Sivakumar MVK, 1988 : Predicting rainy season potential from the onset of rains in southern sahelian and sudanian climatic zones of West Africa, *Agricultural and Forest Meteorology*, 42 (1988) 295-305

SP-PAGIRE 2010 : Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau Préparation détaillée 2010- 2012, mai 2010.

R.D. STERN , M. D. DENNETT AND D. J. GARBUTT, 1980 : THE START OF THE RAINS IN WEST AFRICA  
Journal of Climatology, VOL. 1,59-68(1981)

Sylla MB, Giorgi F, Stordal F (2012) Large-scale origins of rainfall and temperature bias in high-resolution simulations over southern Africa. *Clim Res* 52:193–211. doi:10.3354/cr01044

Sylla MB, Giorgi F, Coppola E, Mariotti L (2013a) Uncertainties in daily rainfall over Africa: assessment of observation products and evaluation of a regional climate model simulation. *Int J Climatol* 33:1805–1817. doi:10.1002/joc.3551

Sylla MB, I Diallo and JS Pal (2013b) West African monsoon in state of the science regional climate models, *Climate variability - regional and thematic patterns*, Dr. Aondover Tarhule (Ed.), ISBN: 978-953-51-1187-0, In Tech. doi:10.5772/55140. Available from: <http://www.intechopen.com/books/climate-variability-regional-and-thematic-patterns/westafrican-monsoon-in-state-of-the-science-regional-climate-models>

Sylla MB, Giorgi F, Pal JS, Gibba P, Kebe I, Nikiema M (2015) Projected changes in the annual cycle of high intensity precipitation events over West Africa for the late 21st century. *J Clim* 28:6475–6488. doi:10.1175/JCLI-D-14-00854.1

Sylla MB, Gaye AT, Jenkins GS, Pal JS, Giorgi F (2010) Consistency of projected drought over the Sahel with changes in the monsoon circulation and extremes in a regional climate model projections. *J Geophys Res Atmos* 115:D16108. doi:10.1029/2009JD012983

TAHO Amadé : « Contribution à l'étude géologique et hydrologique du bassin versant de la Volta Blanche : Étude du haut bassin versant de la Nouaho (Haute-Volta), Thèse de Doctorat D'État : Terre, océan, espace : Montpellier 2 : 1976

Thomas, N and NIGAM, S « Twentieth-Century Climate Change over Africa: Seasonal Hydroclimate Trends and Sahara Desert Expansion » *J. Climate*, 31, 3349–3370, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0187.1>

Ghyslain Toé, 2004. Apport de nouvelles techniques géophysiques a la connaissance des aquifères de socle - Tomographie électrique, électromagnétisme fréquentiel, résonance magnétique protonique - Applications au Burkina Faso, Thèse d'Université, Paris 6, 2004

Vizy, E.K., K.H. Cook, J. Créat, and N. Neupane, 2013: Projections of a wetter Sahel in the twenty-first century from global and regional models. *Journal of Climate*, **26(13)**, 4664-4687 DOI: 10.1175/JCLI-D-12-00533.1

Volta-Hycos, 2006 : Projet Volta-Hycos Sous-composante du Projet AOC-Hycos - Document de projet, septembre 2006, 154p.

Jean Michel Vouillamoz, 2003. La caractérisation de aquifères par une méthode non invasive – Les sondages par résonance magnétique protonique, Thèse d'Université, Paris XI, 2003.

Programme VREO, 2005. Expertise hydrologique pour le compte du programme VREO - Rapport définitif, Décembre 2005, 35p.

Programme VREO, 2006. Inventaire des risques de pollution des sources de Nasso et Pessô , Rapport définitif, Avril 2006, 41p.

Programme VREO, 2006. Evaluation du réseau hydrométrique pour le compte du Programme VREO - Rapport définitif, octobre 2006, 64p.

Programme VREO, 2007a. Avant-Projet de Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du Mouhoun - Tome 1 : Rapport principal, Mai 2007, 125p.

Programme VREO, 2007b. Avant-Projet de Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du Mouhoun - Tome 2 : Etat des lieux et diagnostic de la ressource, Mai 2007, 259p.

Programme VREO, 2007c. Avant-Projet de Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du Mouhoun - Tome 3 : Cartographie et Annexes, Mai 2007, 210p.

Programme VREO, 2007d. Avant-Projet de Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du Mouhoun - Tome 4 : Glossaire, Mai 2007, 22p.

Programme VREO, 2007e. Avant-Projet de Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du Mouhoun - Tome 5 : Guide Juridique et annexes, Mai 2007, 66p.

Programme VREO, 2007f. Avant-Projet de Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du Mouhoun - Tome 6 : Résumé , Mai 2007, 28p.

Programme VREO, 2007g. Avant-Projet de Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) de la Comoé - Tome 1 : Rapport principal, Mai 2007, 148p.

Programme VREO, 2007h. Avant-Projet de Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) de la Comoé - Tome 2 : Annexes et cartographie, Mai 2007, 291p.

Programme VREO, 2007i. Avant-Projet de Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) de la Comoé - Tome 3 : Glossaire , Mai 2007, 22p.

Programme VREO, 2007j. Avant-Projet de Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) de la Comoé - Tome 4 : Guide Juridique et annexes, Mai 2007, 61p.

Programme VREO, 2007k. Avant-Projet de Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) de la Comoé - Tome 5: Résumé, Mai 2007, 14p.

Programme VREO, 2007l. Avant-Projet de Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) du Banifing - Tome 1 : Rapport principal, Mai 2007, 92p.

Programme VREO, 2007m. Avant-Projet de Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) du Banifing - Tome 2 : Cartographie et annexes, Mai 2007, 235p.

Programme VREO, 2007n. Avant-Projet de Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) du Banifing - Tome 3 : Glossaire, Mai 2007, 22p.

Programme VREO, 2007o. Avant-Projet de Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) du Banifing - Tome 4 : Guide juridique et références, Mai 2007, 64p.

Programme VREO, 2007p. Avant-Projet de Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) du Banifing - Tome 5 : Résumé, Mai 2007, 15p.

Programme VREO, 2009. Schéma directeur d'aménagement et de gestion des ressources en eau du bassin du Mouhoun- (avant-projet)- volume n°1 : analyse & diagnostic de l'état des lieux des ressources en eau du bassin -Version finale , Décembre 2009, 90p.

Programme VREO, 2010. Evaluation des ressources en eau de surface dans le bassin du Mouhoun - Développement d'un modèle de gestion des ressources en eau de surface du bassin du Mouhoun - Elaboration de scénarios sélectionnés

Waongo Moussa, 2015 : « Optimizing Planting Dates for Agricultural Decision-Making under Climate Change over Burkina Faso/West Africa » Thèse de Doctorat, Augsburg, 2015

S. Yaméogo, A N. Savadogo, S. Nakolendoussé & Y. Koussoubé (2006) , Spatial and temporal variations of groundwater pollution in Ougadougou city, Burkina Faso, *Groundwater pollution in Africa*. Edited by YangxinXu and Brent. H. Usher, p.157-167. UNEP, UNESCO.

Dieudonné Yameogo, 1988. Hydrogéologie des formations fissurées de la partie sud du plateau Mossi entre le Nazino et le Nakambe (région de Kombissiri-Manga), Burkina-Faso, Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1988. France <tel-00756428>

Justine YOFE TIROGO, 2016. Etude du fonctionnement hydrodynamique de l'aquifère sédimentaire du bassin du Kou au sud-ouest du Burkina Faso, Thèse de doctorat d'Hydrogéologie, UPMC-2IE, 2016

ZONGO Bétéo (2016). Innovative adaptation strategies to climate variability and change in the Sahel: Case of supplemental irrigation and climate information in agricultural farms of Burkina Faso. (PhD in English). Belgium, University of Liege, Gembloux Agro-Bio Tech, 257 pages, 78 tables, 55 figures, 4 maps.

## Annexe 1 : Liste des structures et Institutions ciblées pour la collecte des données

N° d'ordre	STRUCTURE OU INSTITUTION
1	Institut National de l'Environnement et de Recherche Agricole (INERA)
2	Institut pour la Recherche en Développement (IRD)
3	Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST)
4	Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE)
5	West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Land Use (WASCAL)
6	Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA)
7	Secrétariat Permanent du Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (SP/PAGIRE)
8	Secrétariat Permanent du Conseil National pour l'Environnement et le Développement (SP/CONED)
9	Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE)
10	Agence de l'Eau du Nakanbé (AEN)
11	Agence Nationale de la Météorologie (ANAM)
12	Association des Ingénieurs et Techniciens en Génie Civil du Burkina (AITB)
13	Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS)
14	Bureau des Mines et de la Géologie du Burkina (BUMIGEB)
15	Autorité de Mise en Valeurs de la Vallée du Sourou (AMVS)
16	Autorité du Bassin de la Volta (ABN)
17	Autorité du Bassin du Niger (ABN)
18	Union Internationale de la Conservation de la Nature (UICN)
19	ONG WaterAid
20	ONG Naturama
21	Autorité du Bassin du Niger (ABN)
22	Université Ouaga I Professeur Joseph KI-ZERBO et ses UFR et Instituts
23	Université Ouaga 2 et ses UFR et Instituts

## Annexe 2 : Liste des sites web visités<sup>20,21</sup>

Climate Research - Interactions of Climate with Organisms, Ecosystems and Human Societies : <https://www.int-res.com/journals/cr/cr-home/> (période de consultation : septembre à décembre 2018)

Africa Groundwater Literature Archive : <https://www.bgs.ac.uk/africagroundwateratlas/archive.cfm> (période de consultation : décembre 2018)

Africa Groundwater Atlas : <https://www.bgs.ac.uk/africaGroundwaterAtlas/index.cfm>

Best of the Web Archive : <https://www.historicalclimatology.com/study-reconstructs-african-climate-history.html> (période de consultation : décembre 2018)

Climats, Changements Climatiques et Résilience (*Cartes et Faits*) : <https://issuu.com/swac-ocd/docs/climats-changements-climatiques-res> (période de consultation : septembre à décembre 2018)

Scinapse - Sci-napse is a free, nonprofit, Academic search engine for papers, serviced by Pluto Network : <https://scinapse.io/> (période de consultation : septembre à décembre 2018 )

MDPI open Access Journals MDPI currently publishes 202 journal titles and is continuously expanding its portfolio. - <https://www.mdpi.com/> (période de consultation : septembre à décembre 2018)

Publication et Echange d'Information : <https://docplayer.fr/> (période de consultation : décembre 2018)

Oxford Research Encyclopedias - *African History* : <http://oxfordre.com/africanhistory/> (période de consultation : septembre à novembre 2018)

Hydrological Sciences Journal : Published by the International Association of Hydrological Sciences (IAHS) (période de consultation : août à décembre 2018)

HAL Archive Ouverte Mines ParisTech : <https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/> (période de consultation : août à décembre 2018)

Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences : <https://www.proc-iahs.net/> (période de consultation : août à décembre 2018)

SUDOC Le catalogue du Système Universitaire de Documentation : <http://www.sudoc.abes.fr/>

Base de données theses.fr qui répertorie l'ensemble des thèses de doctorat soutenues en France depuis 1985 : <http://www.theses.fr/> (période de consultation : décembre 2018)

Base de des thèses de doctorat et habilitations à diriger des recherches (HDR) : <https://tel.archives-ouvertes.fr> (période de consultation : décembre 2018)

European portal of Electronic Theses and Dissertations (ETDs) : <http://www.dart-europe.eu>

Directory Of Open Access Journals : <http://doaj.org> ; (période de consultation : décembre 2018)

African Centre of Meteorological Application for Development (ACMAD) : <http://www.acmad.ne/> (période de consultation : septembre à décembre 2018)

---

<sup>20</sup> Il y a des sites où il n'a pas été possible de télécharger car le téléchargement n'était pas autorisé. Nous ne les avons pas listés. Ceux de cette liste sont ceux qui ont permis au moins un téléchargement complet.

<sup>21</sup> Normalement nous aurions dû indiquer les dates de visites, mais, il y a des sites que nous avons visités à plusieurs reprises, par jour, et à des très nombreuses dates. Le décompte ne pouvait être fait que pour quelques uns. Nous avons préféré ne pas citer les dates mais plutôt indiquer les périodes de visite.

African Monsoon Multidisciplinary Analyses (AMMA) : <http://www.amma-international.org>

Centre Régional Agrhymet (CRA) : <http://www.agrhymet.ne/> (période de consultation : septembre à décembre 2018)

Commission Economique pour l’Afrique (CEA) : <http://www.uneca.org/> (période de consultation : décembre 2018)

Direction de la coopération pour le développement (DCD-CAD/OCDE) : <http://www.oecd.org/> (période de consultation : décembre 2018- janvier 2019)

Direction de l’environnement (ENV/OCDE) : <http://www.oecd.org/> (période de consultation : décembre 2018- janvier 2019)

FAO (site sur les changements climatiques) : <http://www.fao.org/clim/> (période de consultation : août à décembre 2018)

FAO (site Climpag sur l’impact du climat sur l’agriculture) : [http://www.fao.org/nr/climpag/index\\_fr.asp](http://www.fao.org/nr/climpag/index_fr.asp) (période de consultation : août à décembre 2018)

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) : <http://www.ipcc.ch/> (période de consultation : août à décembre 2018)

International Research Institute for Climate and Society (IRI) : <http://portal.iri.columbia.edu/portal/server.pt> (période de consultation : décembre 2018)

Les sceptiques du réchauffement climatique : <http://www.pensee-unique.fr/paroles.html> (période de consultation : août à décembre 2018)

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) : <http://unfccc.int> (période de consultation : janvier 2019)

Climate Analytics gGmbH  
Ritterstr. 3  
10969 Berlin  
Germany

T / +49 302 5922 9520  
E / [contact@climateanalytics.org](mailto:contact@climateanalytics.org)

Climate Analytics Inc. New York  
115 E 23rd St, 3rd Floor, Office #319  
New York, NY, 10010  
USA

T / + 1 718 618 5847  
E / [info.ny@climateanalytics.org](mailto:info.ny@climateanalytics.org)

Climate Analytics Lomé  
61, ru 195 Quartier Agbalépédogan  
s/c BP 81 555 Lomé  
Togo

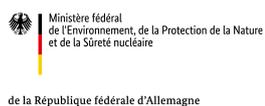
T / +228 22 25 65 38 / 22 25 74 74  
E / [togooffice@climateanalytics.org](mailto:togooffice@climateanalytics.org)



Mis en oeuvre par :



Mandaté par :



Sous la tutelle de :



En coopération avec :

