MINISTERE DE L'ENERGIE ET DE L'EAU

PNUD

PROJET DEVELOPPER LE BENIN A PARTIR DES SOURCES D'ENERGIES RENOUVELABLES

IDENTIFICATION ET CARTOGRAPHIE DES POTENTIALITES ET SOURCES D'ENERGIE RENOUVELABLES ASSORTIES DES POSSIBILITES D'EXPLOITATION

Rapport final

Juillet 2010

Cette étude a été financée par le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD). Elle a été conduite avec la collaboration de la Direction Générale de l'Energie et le concours de l'équipe composée de :

1. **Adrien BIO YATOKPA**, Ingénieur Energéticien, Directeur Général de la Société Alternatives Nouvelles Sarl
2. **Sakariyou MAHMAN**, Docteur Ingénieur des Mines/Energétique, Directeur des études, de la Statistique, de la Planification et de la Réglementation à la Direction Générale de l'Energie
3. **Koffi ABBLE**, Expert cartographe en service au Projet de Fournitures de Services d'Energie

SOMMAIRE

Sigles et abréviations.....	**8**
Liste des tableaux.....	**5**
Liste des figures et photos.....	**6**
RESUME.....	**9**
INTRODUCTION.....	**11**
0GENERALITE.....	**13**
0.1 Définition et classification des énergies renouvelables.....	**13**
0.2 Objectifs et résultats attendus de l'étude.....	**14**
0.2.1 Objectif global.....	**14**
0.2.2 Objectifs spécifiques.....	**14**
CHAPITRE 1 : APPROCHE METHODOLOGIQUE.....	**15**
CHAPITRE 2 : ETAT DES LIEUX DU SECTEUR DE L'ENERGIE ET DETERMINATION DES POTENTIELS DES SOURCES D'ENERGIES RENOUVELABLES AU BENIN.....	**22**
2.1 Etat des lieux du secteur de l'énergie au Bénin [7].....	**23**
2.1.1 du cadre institutionnel et réglementaire.....	**23**
2.1.2 de la typologie des consommations des différentes formes d'énergie.....	**26**
2.1.3 de l'étude diagnostique de la politique de développement des énergies renouvelables.....	**35**
2.1.4 de la contribution pour l'amélioration de la politique.....	**37**
2.2 Programme d'électrification rurale et ses conséquences sur la vie en milieu rural	**40**
2.2.1 du choix des options techniques d'électrification rurale.....	**40**
2.2.1.1 de l'électrification par raccordement des localités au réseau MT et HT de transport.....	**40**
2.2.1.2 de l'électrification rurale décentralisée.....	**41**
2.2.2 du développement d'une synergie entre les projets d'électrification rurale et les autres projets sectoriels.....	**41**
2.2.3 de la mise en place d'un partenariat public/privé.....	**42**
2.2.4 des conditions d'éligibilité des localités aux programmes d'électrification Rurale.....	**42**
2.3 Evaluation du potentiel en sources d'énergies renouvelables au Bénin.....	**46**
2.3.1 de la biomasse-énergie.....	**46**

2.3.1.1 de l'agriculture	46
2.3.1.2 de l'élevage	47
2.3.1.3 de la foresterie	47
2.3.1.4 des ménages	47
2.3.2 des biocarburants	48
2.3.3 de l'énergie solaire	53
2.3.4 de l'hydroélectricité	56
2.3.4.1 de l'hydrologie et de la géologie	57
2.3.4.2 du résumé des sites potentiels d'aménagement hydroélectrique	59
2.3.5 de l'énergie éolienne	64
2.4 Estimation du potentiel pour les différentes sources d'énergies renouvelables	65
2.4.1 du potentiel hydroélectrique	66
2.4.2 du potentiel des résidus agricoles	68
2.4.3 du potentiel en énergie solaire photovoltaïque	72
2.4.4 du potentiel en énergie éolienne	73
2.4.5 du potentiel en biogaz	75
2.4.6 du potentiel en biocarburants	78
CHAPITRE 3 : ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS	80
3.1 Présentation, analyse et interprétation des résultats d'enquête	85
CHAPITRE 4 : PROPOSITION ET SUGGESTIONS SUR LES POSSIBILITES DE DEVELOPPEMENT DES SOURCES D'ENERGIE RENOUVELABLE AU BENIN	91
4.1 Choix des technologies d'exploitation par zone agro écologique	92
4.2 Proposition de mécanismes de financement	95
4.3 Choix du mécanisme de financement approprié pour chaque zone	101
5. Recommandations	102
6. Conclusion	104
Références bibliographiques	105
ANNEXES	107

LISTE DES TABLEAUX

N°	LIBELLES	PAGES
01	Ratio produit/déchet dans la production agricole……..	20
02	Evolution de la production et des importations d'électricité au Bénin..	28
03	Indicateurs d'électrification…..……	32
04	Evolution de la demande en puissance sur le réseau de la SBEE…….	34
05	Consommation de produits pétroliers dans le transport au Bénin ……..	49
06	Estimation des superficies nécessaires pour la production de biocarburant……	50
07	Moyennes mensuelles d'ensoleillement journalier en kW/m² ……..	53
08	Caractéristiques principales des 6 sites hydro retenus par le cabinet Tecsult ……	59
09	Estimation du potentiel hydroélectrique par zone agro écologique….	67
10	Estimation du potentiel des résidus agricoles et du productible en 2010	71
11	Estimation du potentiel des résidus agricoles et du productible en 2015	72
12	Potentiel éolien à différentes hauteurs avec a = 0,1……..	73
13	Potentiel éolien à différentes hauteurs avec a = 0,4……...	74
14	Estimation du potentiel en biogaz par zone agro écologique……	75
15-a à 15-d	Dépouillement des fiches d'enquête dans la Commune de Djidja…..	86
16-a à 16-c	Dépouillement des fiches d'enquête dans les Communes de Djougou et Parakou…….....	87
17	Priorité de valorisation des énergies renouvelables par zone agro écologique……	90
18	Type de biomasse et processus de conversion adéquat……..	92

LISTE DES FIGURES

N°	LIBELLES	PAGES
01	Structure de consommation par type d'énergie.....	27
02	Structure de consommation par secteur d'activités.....	27
03	Structure d'approvisionnement en énergie électrique.....	29
04	Evolution des pointes MAXI en kW de 19$96 à 2005.....	33
05	Evolution de la demande en puissance sur le réseau SBEE.....	34
06	Etat des lieux de sites de valorisation des ENR au Bénin.....	38
07	Réseaux électrique existants de la CEB et de la SBEE.....	39
08	Localités électrifiées et à électrifier dans le cadre du programme d'électrification rurale.....	44
09	Localités non prises en compte par le programme d'électrification rurale.....	45
10	Demande de biocarburants.....	50
11	Carte d'exploitation des sols.....	52
12	Carte de productible solaire annuel au Bénin.....	55
13	Carte d'ensoleillement de la partie nord de l'Afrique.....	56
14	Pluviométrie moyenne mensuelle en millimètre.....	57
15	Réseau des stations hydrométriques sur les cours d'eau du Bénin.....	58
16	Cartographie des Sites retenus par le cabinet Tecsult.....	60
17	Sites retenus par l'étude du PNUD/FEM/BAD.....	61
18	Représentation des sites potentiels d'aménagement hydroélectrique.....	63
19	Délimitation des zones agro-écologique du Bénin.....	65
20	Représentation des sites de micro centrales hydroélectrique par zone agro écologique.....	66
21	Potentiel d'énergie productible par les résidus agricoles (campagne 2007-2008).....	69
22	Energie productible par les résidus de palmiers à huile en MWh (2006)....	70
23	Etat du cheptel par Commune.....	76
24	Nombre de tête de bovins par habitant et par Commune.....	77
25	Taux d'occupation des terres cultivables	79
26	Positionnement des sites de Microcentrale Hydroélectrique (MCH) par rapport aux massifs forestiers.....	82
27	Potentiels en résidus agricoles par Commune	83

28	Possibilités de valorisation de l'énergie éolienne…….…….…..…….....	**84**
29	Classement des ENR par abondance par zone agro-écologique…….….....	**89**
30	Classification des procédés de conversion de la biomasse…….....	**93**
31	Procédé de gazéification de la biomasse sèche…….....	**93**
32	Procédé de production d'électricité par turbine à vapeur d'origine biomassique…….……..	**94**
33	Schéma de principe de fonctionnement d'un système solaire photovoltaïque……..……	**94**
34	Schéma de principe de fonctionnement d'un système éolien……..….	**94**
35	Schéma de principe de fonctionnement d'un système hydroélectrique……..….	**95**
36	Le schéma du mécanisme de financement adopté par le Gouvernement……..….	**98**
37	Le schéma du mécanisme de financement avec l'intervention du Gouvernement……..….	**99**
38	Le schéma du mécanisme de financement sans intervention du Gouvernement……...	**100**

TABLES DES ABREVIATIONS ET SIGLES

ABERME	:	Agence Béninoise d'Electrification Rurale et de Maîtrise de l'Energie
AEV	:	Adduction d'Eau Villageoise
ASECNA	:	Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et Madagascar
BAD	:	Banque Africaine pour le Développement
BDHP	:	Bande de Données Hydro et Pluvio
BT	:	Basse Tension
CEB	:	Communauté Electrique du Bénin
DGE	:	Direction Générale de l'Energie
DGEau	:	Direction Générale de l'Eau
DGFRN	:	Direction Générale des Forêts et des Ressources Naturelles
DMN	:	Direction de la Météorologie Nationale
ENR	:	Energies Nouvelles et Renouvelables
FEM	:	Fonds pour l'Environnement Mondial
GWh	:	Giga Watt heure
HPP	:	Heures Pleines Puissances
HT	:	Haute Tension
INSAE	:	Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique
Km	:	Kilomètre
Kv	:	Kilovolt
kWh/m²	:	Kilo Watt Heure par mètre carré
m/s	:	Mètre par Seconde
MAEP	:	Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche
MCH	:	Micro Centrale Hydroélectrique
MEE	:	Ministère de l'Energie et de l'Eau
MT	:	Moyenne Tension
MW	:	Méga Watt
ONG	:	Organisation Non Gouvernementale
ONUDI	:	Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel
PNUD	:	Programme des Nations Unies pour le Développement
SBEE	:	Société Béninoise d'Energie Electrique
SIE	:	Système d'Information Energétique
SER	:	Système d'Energie Rurale
SNV	:	Organisation Néerlandaise pour le Développement
TCN	:	Transmission Connexion of Nigeria
TVA	:	Taxe sur Valeur Ajoutée
UAC	:	Université d'Abomey Calavi
Wh	:	Wattheure
[ ]	:	Encadrement des sources ou références

RÉSUMÉ

Le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) en collaboration avec la Direction Générale de l'Energie a sollicité l'expertise d'un consultant individuel pour identifier et caractériser le potentiel national en sources d'énergies renouvelables en vue de stimuler le développement des zones rurales.

Le présent rapport vient compléter les connaissances des uns et des autres sur la disponibilité des sources d'énergies renouvelables dans les huit zones agro écologiques que compte le Bénin.

Les zones agro écologiques ont été choisies pour servir d'espaces de regroupement et de comparaison de la disponibilité des sources d'énergies renouvelables, car ces zones constituent des pôles de développement et les localités qui s'y trouvent sont régies par les mêmes conditions écologiques.

Le Bénin a réalisé plusieurs projets de valorisation des sources d'énergies renouvelables par le passé, mais seulement quelques uns sont encore fonctionnels à ce jour. Les causes de ces échecs sont à chercher dans la conception et/ou la gestion de ces projets.

Chaque zone agro écologique a ses spécificités et les sources d'énergie ont été évaluées en fonction de ces dernières. De cette évaluation on peut retenir que la zone agro écologique 7 qui couvre la zone côtière et les vallées du fleuve Ouémé et du lac Ahémé est surtout prédisposée à recevoir des éoliennes, car les vitesses des vents à 60 m d'altitude sont estimées dans le cadre de cette étude à environ 11,50 m/s. Avant la mise en valeur de cette source d'énergie, il est recommandé de faire une campagne de mesures des vents à cette hauteur, car cette valeur n'est que le fruit d'une extrapolation.

Les zones agro écologiques n° 1 et 2 sont recommandées pour la valorisation de la biomasse, car elles ont un grand potentiel en résidus agricoles ; ainsi il parait nécessaire de faire une étude approfondie avant d'implanter n'importe quel projet pour la valorisation de cette source d'énergie. Ces zones offrent de même de grands atouts pour la production de biocombustibles gazeux (biogaz domestique) et le développement de biocombustibles liquides (bioéthanol, biodiesel).

L'irradiation moyenne de 3,9 kWh/m^2.j au sud et 6,2 kwh/m^2.j au nord sur toute l'année constitue un potentiel énergétique solaire qui peut être valorisée dans toutes les zones agro écologiques du pays.

Les mécanismes de financement adaptés sont proposés pour chaque zone agro écologique. A cet effet, il est proposé des mécanismes de financement avec ou sans l'intervention de l'état.

Les sources d'énergie ont été catégorisées par priorité en fonction de leur potentiel. Les résultats sont mentionnés dans la figure n° 27.

La valorisation des sources d'énergies renouvelables a des contraintes techniques liées à la méconnaissance du gisement, des contraintes liées au manque de formation et d'information, des contraintes institutionnelles et réglementaires et des contraintes économiques et financières. Pour une mise en valeur durable et efficace des sources d'énergies renouvelables disponibles dans chaque zone agro écologique, il est recommandé qu'une loi sur les énergies renouvelables soient adoptée par l'Assemblée Nationale.

INTRODUCTION

Les pays africains en général et le Bénin en particulier sont depuis l'indépendance face à leur destin.

De nombreux défis sont à relever. Le plus pernicieux de ces défis est la pauvreté, qui se caractérise aussi par une pratique culturale uniquement basée sur la traction humaine et quelques rares fois appuyée par la culture attelée, entraînant ainsi une faible productivité agricole. Or il existe au Bénin un ensemble d'énergies inépuisables à l'échelle humaine et dont la plupart est issue de l'activité solaire, qui peuvent être exploitées pour l'amélioration des conditions de vie et de travail tant en milieu rural qu'urbain. Ce sont les énergies renouvelables. Le Bénin dispose d'importantes potentialités en matière d'énergies renouvelables, mais l'accès aux services énergétiques de base que constituent la chaleur nécessaire à la cuisson, l'éclairage, la force motrice, la communication et la réfrigération reste très difficile surtout en zones rurales. En effet, le potentiel hydroélectrique est de 624 MW, toutes catégories confondues, le potentiel en biomasse valorisable pour produire l'énergie est important et les études de gisement solaire révèlent que les moyennes mensuelles d'irradiation journalière sont estimées environ de 3,9 kWh/m2 à 6,2 kWh/m^2 du Sud au Nord pour une durée d'ensoleillement de 4,5 – 6h/j.

Malgré ses nombreuses potentialités au plan énergétique, le taux d'électrification se situerait à environ 51,8% en milieu urbain et moins de 3% en milieu rural (MEE, 2007) et le Bénin a une facture des énergies commerciales qui s'est élevée à 3,9% du PIB en 2005, soit 37.923.000.000 FCFA. Les projections de la facture énergétique montrent que si rien n'est fait et que si la tendance historique devrait se poursuivre, la facture des énergies commerciales serait de **131,437 milliards de FCFA en 2015** [1]**.**

Au Bénin, plus de 60% des ménages vivent en milieu rural. Les villages sont isolés et les habitations sont dispersées pour la plupart, ce qui rend complexe l'électrification rurale par raccordement au réseau conventionnel national.

On observe une prédominance du bois-énergie (bois de feu et charbon de bois) dans le bilan énergétique national. Le bois-énergie représente 59,4% dans les consommations totales finales d'énergie, en 2005, tandis que les produits pétroliers représentent 38,4%. L'électricité ne représente que 2,2% de ces consommations. Le Bénin dépend à 100% de l'extérieur pour son approvisionnement en produits pétroliers et d'environ 80% pour approvisionnement en électricité [TBE 2005].

Face à ce tableau, le Gouvernement béninois s'est fixé comme objectif de porter le taux d'électrification rural de moins de 3% à 40% au moins d'ici 2015 en y associant tous les acteurs de l'électrification, qu'ils soient publics, privés ou issus du milieu associatif. L'une des quatre options stratégiques mise en exergue dans le Plan Stratégique de Développement du Secteur de l'Energie (MEE, 2009) est fondée sur le secteur rural et consiste en la promotion de l'électrification rurale, de la maîtrise d'énergie et des filières de la bioénergie.

La présente étude s'intègre dans le cadre du projet intitulé « Développer le Bénin à partir des sources d'énergies renouvelables », qui vient matérialiser l'engagement du Programme des Nations Unies pour le Développement à accompagner le Gouvernement dans sa mission de pourvoir à l'accès aux services énergétiques de bases nécessaires pour le développement du pays. La présente étude ne prend en compte que quatre (04) sources d'énergie à promouvoir

selon les avantages comparatifs des localités rurales. Ce sont, l'énergie solaire (photovoltaïque et thermique), l'hydroélectricité, la biomasse énergie (matières organiques transformables en énergie) et l'énergie éolienne.

Une exploitation ciblée, à visée optimale n'est pas possible à ce jour à cause du manque de données et de connaissances fiables sur la répartition des potentialités d'énergies renouvelables.

Pour faciliter la mise en application de cette vision, le PNUD en collaboration avec d'autres partenaires, a lancé le plan d'initiation « Développer le Bénin à partir des sources d'énergies renouvelables» dont l'une des principales activités est la présente étude. A cet effet il a été décidé, en collaboration avec d'autres partenaires, d'accompagner le Gouvernement dans sa mission de fourniture de services énergétiques pour l'éclairage et le développement d'activités génératrices de revenus en milieu rural. A cet effet, Il est demandé de mettre l'accent sur quatre (04) sources d'énergie à promouvoir selon les avantages comparatifs de chaque localité ou zone agro-écologique. Il s'agit de l'énergie solaire (photovoltaïque et thermique), de l'hydroélectricité, de la biomasse, de l'énergie éolienne.

En vue de parvenir à des résultats concrets, il sera procédé à une revue documentaire suivie des missions sur le terrain devant permettre de faire l'état des lieux sur l'utilisation des énergies renouvelables en général et de l'énergie électrique en particulier. L'identification et l'évaluation des sources d'énergies renouvelables disponibles sur toute l'étendue du territoire constitueront un point fondamental de ce document. La cartographie des résultats de l'évaluation permettra de représenter toutes les données recueillies dans la carte du Bénin. L'estimation des potentiels à court et moyen termes permettra de se rendre compte de leur évolution dans le temps et dans l'espace. Le choix des technologies d'exploitation, les propositions de schémas de financement ainsi que les choix de ces mécanismes de financement pour chaque zone seront abordés dans ce document, qui devra servir de document de base et d'aide à la décision.

0 Généralités

0.1 Définition et classification des énergies renouvelables

On range sous le terme d'énergies renouvelables un ensemble d'énergies inépuisables à l'échelle humaine, la plupart issue de l'activité solaire, mais qui se manifeste à travers des phénomènes physiques très divers.

• Energie solaire
✓ L'énergie solaire qui provient de réactions thermonucléaires du soleil qui provoquent l'émission d'un rayonnement électromagnétique ;

• Energie éolienne
✓ Energie cinétique de masses d'air mises en mouvement entre régions de l'atmosphère ou résident des pressions inégales ;

• Energie biomassique
✓ Matières organiques susceptibles d'être sources d'énergie;

• Energie microhydroélectrique
✓ Provient d'une masse d'eau (prélevée dans une rivière) renouvelée sans arrêt sous forme de débit constant et d'une différence de niveau ;

• Energie géothermique
✓ Energie provenant du centre (des entrailles) de la terre

• Energie marémotrice
✓ Energie issue du mouvement de l'eau créée par les marrées, (causées par l'effet conjugué de gravitation de la lune et du soleil)

0.2 Objectifs et Résultats attendus de l'étude

0.2.1 Objectif global

L'objectif général de l'étude est d'identifier et de caractériser le potentiel national en sources d'énergies renouvelables en vue de stimuler le développement des zones rurales.

0.2.2 Objectifs spécifiques

De manière spécifique, il s'agira de :

- Produire la cartographie des sources d'énergies renouvelables en mettant pour chaque zone l'accent sur les sources dominantes;
- Evaluer pour chaque zone et pour les sources dominantes, le potentiel énergétique;
- Définir des pôles de développement par source d'énergie en tenant compte du programme d'électrification rurale ainsi que des réalisations antérieures du PNUD et d'autres acteurs intervenant dans le domaine;
- Caractériser et décrire pour chaque zone les dispositifs propices de production d'énergie, le système d'électrification et le mécanisme de distribution à mettre en place en tenant compte des perspectives d'arrimage au réseau conventionnel et des contraintes socio-économiques.

Chapitre 1 : Approche méthodologique

Cette étude a un caractère transversal, analytique et prospectif sur toute la population béninoise, les institutions de micro finances, les mairies, le Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, le Ministère de l'Energie et de l'Eau, Le Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature, les Ministères en charge des transports et autres structures indirectement liées au secteur de l'énergie.

Elle a couvert toutes les Communes du Bénin et elle s'est déroulée de la manière suivante:

a- la séance de cadrage de la mission

Cette séance a eu lieu en vue d'harmoniser les points de vue sur le déroulement des travaux lors de la revue documentaire et de la collecte des données à l'intérieur du pays. Elle a permis de mieux comprendre la tâche à nous assignée par le PNUD et la DGE/MEE.

b- la revue documentaire

Cette étape a été l'une des étapes déterminantes de cette mission. Elle a consisté en la collecte, à la lecture et à la synthèse des documents d'informations existants à la Direction Générale de l'Energie (DGE), à l'Agence Béninoise d'Electrification Rurale et de Maîtrise d'Energie (ABERME), à la Direction de la Programmation et de la Prospective du Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (DPP/MAEP), à l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne (ASECNA), à la Direction Générale de l'Environnement du Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature (DGE/MEPN), à la Coopération Technique Allemande (GTZ) ainsi qu' à la Représentation nationale du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD). Elle a permis de :

1. faire l'état des lieux de la politique énergétique pour mieux comprendre la mission à nous confiée ;
2. s'approprier le programme d'électrification rurale et de son impact sur la vie des populations vivant en zone rurale ;
3. disposer la typologie des consommations des différentes formes d'énergie ;
4. recueillir les données primaires pour l'évaluation du potentiel des différentes formes d'énergies renouvelables ;
5. identifier les conditions pour l'estimation à court, moyen et long termes et dans l'espace des potentiels des différentes formes d'énergies renouvelables

c- l'élaboration des outils de collecte des données et l'état des lieux

Les outils de collecte des données ont été élaborés tout en tenant compte de l'objectif visé par cette étude et des résultats de la revue documentaire. L'outil est élaboré de manière à recueillir des données, qui puissent nous confirmer, ou au besoin actualiser les données déjà mentionnées dans les documents. Il s'agit des données suivantes:

1. caractéristiques du ménage enquêté ;
2. différents types d'énergies utilisées dans les ménages ;
3. niveau de développement des activités agricoles ou d'élevage ;
4. différentes sources de revenus des ménages.

d- l'enquête et suivi des travaux sur le terrain

Pour cette phase des enquêteurs ont été recrutés (Niveau Bac et plus) et ont été formés sur le contenu et le mode de gestion des outils de collecte de données et sur la définition de quelques concepts clés. Les séances de travail préalables avec les autorités communales en compagnie des personnes ressources identifiées par ces autorités ont permis d'identifier des villages et les

ménages à qui les questionnaires doivent être administrés. A cet effet et en vue de faciliter la compréhension entre enquêteurs et enquêtés, des guides ont été quelques fois nécessaires.

e- la saisie et l'analyse statistique des données

Cette phase est celle qui a fourni plus d'éléments d'aide à la décision pour la formulation des recommandations de cette étude. Elle a consisté au classement et au dépouillement des fiches d'enquête par rapport aux données recueillies. Les données contenues dans les revues et les travaux déjà exécutés n'ont plus fait objet d'un retraitement.

f- la cartographie des sources d'énergie par zone agro écologique

Cette étape a permis de regrouper dans les zones agro-écologiques ou dans les communes selon les cas, les sites potentiels de valorisation des sources d'énergies renouvelables compte tenu de leurs coordonnées spatiales. Les cartes sur les potentiels bio-massique (résidus agricoles et massifs forestiers), hydroélectrique, solaire, éolien en biocarburants sont de ce fait réalisées et jointes au présent rapport.

g- l'évaluation du potentiel et la synthèse des travaux

Cette évaluation s'est réalisée sur la base soit des additions ou soit des formules adaptées. La formule d'extrapolation des vitesses des vents à une hauteur donnée par rapport à une hauteur de référence a été appliquée pour estimer les vitesses des vents à différentes hauteurs. Aussi la formule d'évaluation de la puissance nominale récupérable d'une éolienne est utilisée en vue de l'évaluation de ce potentiel.

Eolien

Dans ces conditions atmosphériques, dites neutres en termes météorologique, le profil vertical du vent de la couche limite se détermine à partir de la « loi de la puissance » permettant d'extrapoler la vitesse du vent à une hauteur Z à partir de la vitesse du vent à une hauteur Zo ce qui, en pratique, correspond davantage aux besoins de l'analyse en météorologie appliquée à l'éolien. Cette formule appliquée est issue du Manuel de Formation sur l'Energie Eolienne réalisé par la Société canadienne Hélimax Energie inc. Basée au Québec. Cette équation est la suivante:

$$\frac{V}{V_0} = \left(\frac{Z}{Z_0}\right)^{a} \qquad [1]$$

V : vitesse à la hauteur Z ;
α : Coefficient de Cisaillement ;
Vo : vitesse de référence ;
Z : hauteur d'extrapolation ;
Zo : hauteur de la vitesse de référence.

Il est à noter que le facteur de cisaillement, dont la valeur moyenne est généralement comprise entre 0,1 et 0,4 varie en fonction de la rugosité et de la topographie des environs du site considéré.

Quelle proportion de l'énergie électrique consommée au Bénin peut-on espérer produire grâce à l'énergie éolienne ?

Pour répondre à la question, nous allons évaluer la proportion maximale d'énergie électrique qui pourrait être produite par des éoliennes sur le territoire béninois exploitable.

Les facteurs qui influencent la puissance d'un aérogénérateur seront présentés. Nous évaluerons la surface exploitable au Bénin, à partir de laquelle nous pourrons calculer la proportion d'énergie productible.

La puissance récupérable par un aérogénérateur est fonction du carré du diamètre des pales et du cube de la vitesse du vent. La puissance nominale d'une éolienne est calculée dans des conditions optimales de fonctionnement, c'est-à-dire pour un vent d'une vitesse de 12m/s. La puissance est exprimée en Watts.

On a donc la formule suivante :

P(nominale) = $\mathbf{1/8 \times rho \times pi \times Cp \times d^2 \times v^3}$ [2]

Avec :
rho : masse volumique de l'air (= 1.225kg/m^3 à 15°C et 1013 bar)
Cp : coefficient de performance, sans unité (0< Cp < 1). Un coefficient de performance correct se situe entre 0,3 et 0,5.
d : diamètre du rotor (en m)
v : vitesse du vent (en m/s)

Exemple : pour une éolienne de 20 mètres de diamètre, la puissance nominale sera : $1/8 \times 1.225 \times pi \times 0.4 \times 20^2 \times (11,5)^3 = 988\ 538$ *W soit environ 110 kW.*

Ce potentiel est évalué pour la zone côtière sur la base de l'estimation des vitesses de vents réalisée au moyen des équations n° 1 et n° 2. Des valeurs obtenues à partir des altitudes de 50 à 60 m confirment, que la zone côtière pourrait constituer un site attrayant pour la mise en valeur de l'énergie éolienne avec des vitesses allant de 7 à 11,5 m/s et ayant une fréquence relativement constante durant toute l'année.

Pour connaître l'énergie produite en un an par une éolienne, il faut multiplier sa puissance nominale par 8760 (365×24 : nombre d'heures en une année). Or une éolienne a une production variable au cours du temps. Sur un site suffisamment venté, la production annuelle d'une éolienne est d'environ 30% de l'énergie maximale qu'elle pourrait produire. En Allemagne, pays phare en énergie éolienne en Europe, on utilise la notion d'heures pleines puissances (HPP) qui est égale à 30%×8760 soit 2600heures. L'énergie produite en un an par une éolienne est exprimée en Wh.

Les résidus agricoles

Le tableau n° 1 est exploité pour déterminer le potentiel des résidus agricoles à partir des productions agricoles. La Formule ci-dessous est utilisée pour estimer le potentiel énergétique.

1 tep=107 kcal=11,625 MWh

Tableau n° 1: Ratio Produit/déchet dans la production agricole [11]

Types de produits	Déchets ou sous produits	Ratio déchet/produit	Pouvoir calorifique (kcal/kg)
Maïs	Raffles	1	3500
	Tiges et feuille	3	2500
Riz	Balles	1	3000
	Paille	0,25	2500
Petit mil	Tiges	2	2500
	Epis	0,5	3500
Sorgho	Tiges	2	2500
	Epis	0,5	3500
Coton	Tiges et Raffles	2,7	4100
	Coques	0,3	3900
	Linter	1	3500

Produits	Produit Noble/ Résidu	Taux résidu	PCI résidu
			MJ/kg
Noix de Coco bourres	3	0,333	14,8
Noix de Coco coques	0,9	0,526	15
Palmier à huile fibre	18	0,180	9,6
Palmier à huile rafle	0,25	0,240	4,4
Cacao		0,500	17
Café		0,357	18,3

En supposant qu'un bovin normal produit 10 kg de fumier par jour, susceptible de fournir 0,36 m3 de biogaz [9] et en supposant que 50% du fumier peuvent être collectés et utilisés pour des fins énergétiques, on peut estimer le potentiel du biogaz par commune ou par zone agro écologique.

Les résidus de palmiers à huile sont estimés suivant les tableaux ci-dessus. Les valeurs énergétiques des coques palmistes n'étant pas disponibles, il a été supposé qu'elles ont la même valeur calorifique que les coques de café, qui poussent dans les mêmes conditions. Il a été supposé que les coques représentent 16% des récoltes de noix de palme.

h- la concertation avec l'équipe de pilotage mise sur pied pour le suivi de l'étude

Après quelques grandes tendances pour la conception du rapport compte tenu des résultats obtenus, il était nécessaire de contacter l'équipe de pilotage du projet en vue de recevoir les

amendements et recommandations pour la mise au propre des résultats.

i- la rédaction et la finalisation du rapport provisoire
Après toutes ces étapes, la rédaction du rapport s'en est suivie. Elle n'a consisté qu'en la compilation des résultats d'analyse des données de terrain et de la revue documentaire.

j- la validation du rapport provisoire de l'étude
La validation du document consistera en la présentation des résultats et des recommandations issues de cette étude. Les observations et les suggestions d'amélioration du rapport présenté seront recueillies.

k- la prise en compte des observations faites lors de la séance de validation
Les observations et suggestions citées plus haut seront prises en compte.

l- La validation du rapport final de l'étude
Le comité de relecture appréciera le rapport amélioré après la prise en compte des observations recueillies lors de l'atelier de validation du rapport provisoire.

Chapitre 2 : Etat des lieux du secteur de l'énergie et détermination des potentiels des sources d'énergies renouvelables au Bénin

2.1 Etat des lieux du secteur de l'énergie au Bénin [7]

2-1.1 du cadre institutionnel et réglementaire

Les structures en charge de l'énergie électrique sont les suivantes :

Le Ministère de l'Energie et de l'Eau a en charge la gestion des secteurs de l'énergie et de l'eau. Ce ministère a sous sa tutelle les directions techniques ci-après :
La Direction Générale de l'Energie (DGE) et
L'Agence Béninoise d'Electrification Rurale et de Maîtrise d'Energie (ABERME).

La DGE est chargée de définir la politique générale et les orientations du secteur. Elle élabore et veille à l'application de toutes les réglementations relatives aux activités concernant l'énergie, exerce un contrôle technique sur les entreprises du secteur. Elle est aussi chargée de promouvoir toutes les formes d'énergie.

Quant à l'ABERME, elle est chargée de mettre en œuvre la politique de l'Etat dans les domaines de l'électrification rurale et de la maîtrise d'énergie. Sa mission consiste entre autres à :

- Elaborer et mettre en œuvre les programmes nationaux de développement, des actions de maîtrise de l'électrification rurale ;
- Réaliser les projets de démonstration ;
- Proposer des mesures d'incitation et d'encouragement susceptible d'aider à la promotion de la maîtrise de l'énergie et de l'électrification rurale ;
- Etudier et donner son avis sur les projets d'investissement sollicitant des mesures d'encouragement visant la promotion de la maîtrise d'énergie et de l'électrification rurale ;
- Contribuer au renforcement du secteur privé national dans les domaines de l'offre de services techniques et de fourniture d'équipements nécessités par l'élaboration et la réalisation des programmes de maîtrise d'énergie et d'électrification rurale.
- D'autre Ministères interviennent aussi dans la gestion du secteur. Il s'agit :
- **Ministère du Commerce** qui assure la tutelle des sociétés d'importation et de distribution des produits pétroliers,
- **Ministère des Recherches Pétrolières et Minières ;**
- Ce ministère élabore la politique du Gouvernement en matière de mines et d'hydrocarbures et veille à sa mise en œuvre.
- **Le Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature** qui est chargé de l'exploitation durable des ressources naturelles ;
- **Le Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche** est chargé de mettre en œuvre la politique agricole du Bénin dans le strict respect de l'environnement et assurer la sécurité alimentaire.

Les acteurs de la filière de production et de la distribution des produits énergétiques sont les suivants :

Acteurs de production, de transport et de distribution de l'énergie électrique :

1. la Communauté Electrique du Bénin (CEB) en charge de l'importation, de la production et du transport de l'Energie électrique en vue de l'approvisionnement du Bénin et du Togo ;
2. La SBEE en charge de la distribution de l'énergie électrique au Bénin.

Acteurs des filières d'importation et de distribution des produits pétroliers :
- la Société Nationale de Commercialisation des produits Pétroliers (SONACOP) : acteur public ;
- les Sociétés agréées par l'Etat depuis l'ouverture aux privés des activités d'importation et de distribution des produits pétroliers au Bénin ;

A ces acteurs légaux s'ajoutent aussi les importateurs et distributeurs non agréés qui ont créé un marché parallèle de commercialisation de produits pétroliers et qui agissent dans l'illégalité, animant ainsi un secteur informel très dense de produits pétroliers de qualité parfois douteuse.

Acteurs de production et de distribution de la biomasse-énergie :
L'Administration Forestière à travers l'Office Nationale de Bois (ONAB) qui commercialise les rebus de l'exploitation des plantations de teck sous forme de fagot de bois de feu qui développe des plantations de bois à des fins de production de bois de feu ;

Les paysans producteurs de bois de feu et de charbon de bois ;

Les sociétés de transformation de bois d'œuvre et de service qui vendent les déchets de transformation de bois pour des usages d'énergie de cuisson ;

Les commerçants grossistes, vendeurs des produits du bois-énergie ;

Les ONG qui s'occupent de la sensibilisation des populations au reboisement et à l'utilisation rationnelle du bois –énergie par la diffusion des foyers à rendement amélioré.

En vue de redresser et d'améliorer la gestion technique et financière de la SBEE qui est défaillante et déficitaire et pour répondre efficacement aux exigences des Partenaires Techniques et Financiers, tels que la Banque Mondiale et le Fonds Monétaire International, le sous secteur est soumis à une réforme. Celle-ci vise la scission de la SBEE en deux Sociétés Autonomes que sont la Société Publique de Patrimoine et la Société Mixte de Gestion.

Du point de vue réglementaire, le sous-secteur de l'électricité est régi par deux (02) lois fondamentales. Ce sont :

1. le **Code Bénino-Togolais de l'Electricité**, qui est un accord international entre le Bénin et Togo et existe depuis les années 70. Ce code a été révisé en 2003, afin de se conformer aux nouvelles réalités auxquelles est confronté le sous-secteur, en particulier en matière d'ouverture aux producteurs indépendants et de Statut d'acheteur unique de la CEB ;
2. la **loi portant Code de l'électricité en République du Bénin**, qui est adoptée le 27 mars 2007 et régit le sous secteur uniquement au Bénin. Cette loi complète le code Bénino-Togolais de l'électricité en ce qui concerne :
    - les dispositions relatives à la production, à la distribution, aux installations électriques intérieures, à toutes activités des constructeurs, installateurs et autres professionnels de l'électricité;

- les modalités de participation des entreprises publiques et privées du secteur, la mise en place des règles de concurrence et les formalités auxquelles elles sont soumises.

De ce fait, cette loi libéralise la production et la distribution de l'énergie électrique au Bénin et autorise la signature des conventions de concession aux producteurs indépendants d'énergie électrique. Elle n'est malheureusement approfondie pour favoriser le développement des sources d'énergies renouvelables

2-1.2 de la typologie des consommations des différentes formes d'énergie

La consommation finale d'énergie est globalement caractérisée par :
- un faible niveau de consommation d'énergie par habitant, de l'ordre de 0,305 tonne équivalent pétrole (tep) en 2005 ;

- une structure de consommation d'énergie marquée par un poids relativement lourd du secteur domestique en raison de la prédominance du bois-énergie 59,4% (bois de feu et charbon de bois), suivi des produits pétroliers (38,4%) et de l'électricité (2,2%) dans le bilan énergétique national (cf figure n° 1);

- un faible taux d'accès des populations à l'électricité et aux sources d'énergies modernes de cuisson. Les taux d'accès à l'électricité en 2008 sont estimés à une moyenne de 27,1% au niveau national, tandis que les centres urbains ont un taux d'accès de 51,7% contre 2,5% pour les zones rurales [7];

- un accroissement rapide de la demande de bois-énergie évalué à 3%/an conduisant à une surexploitation des ressources forestières avec des risques d'aggravation du déboisement du pays dans un futur proche ou lointain ;

- Une forte présence du secteur des ménages dans la consommation totale d'énergie (63,9%) contre 23,2% pour le secteur des transports, 10,6% pour le secteur des services et 2,3% pour le secteur industriel (cf figure n° 2).

Afin d'éviter un double comptage dans le bilan énergétique, un signe négatif est affecté aux formes d'énergies utilisées pour des transformations. Dans ce cadre le fuel-oil et le gasoil utilisés pour la production d'électricité, ainsi que le bois de feu carbonisé pour produire le charbon de bois sont affectés d'un signe moins(-).

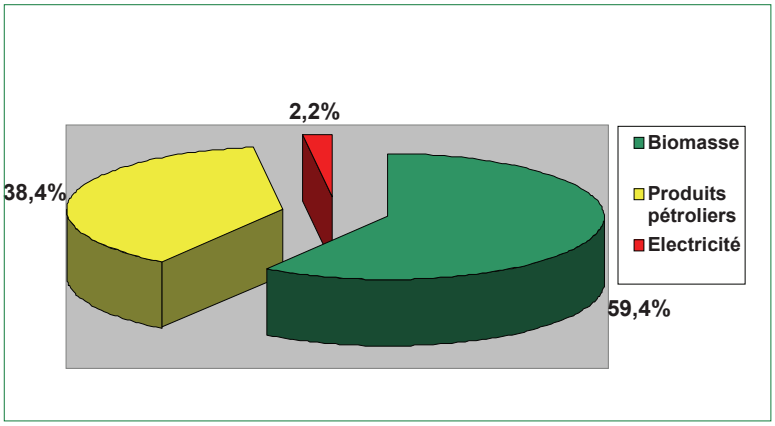


Figure 1 : Structure de consommation par type d'énergie [1]

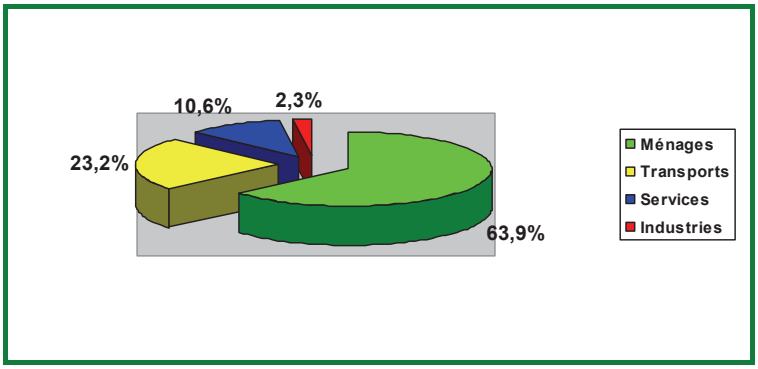


Figure 2 : Structure de consommations par secteur d'activités [1]

Au niveau des approvisionnements énergétiques, la situation est caractérisée par un faible développement des capacités de production d'énergies modernes engendrant une dépendance à :

- 100% de l'extérieur (marché international) pour la satisfaction des besoins en produits pétroliers (le Bénin ne disposant pas de raffinerie de pétrole).

- plus de 80% des pays de la sous-région Ouest africaine (Nigeria, Ghana) (Côte d'Ivoire) pour les approvisionnements d'électricité.

Le tableau n°2 et la figure n°3 présentent l'évolution de la structure des approvisionnements d'électricité de 1996 à 2006.

Tableau n°2 : Evolution de la production et des importations d'électricité au Bénin [1]

Année	Production Hydroélectrique à Yéripao (MWh)	Production thermique SBEE (MWh)	Autoproduc-teurs (MWh)	Production nationale totale (MWh)	Importations de la CEB (MWh)	Offre totale (production nationale + importations) (MWh)	Taux d'autosuffisance en électricité (%)
1996	87	46890	nd	46977	264138	311115	15,10
1997	1525	48674	8614	58813	283663	342476	17,17
1998	1896	52869	23971	78736	255461	334197	23,56
1999	1926	41895	27719	71540	326966	398506	17,95
2000	1634	52234	30113	83981	374275	458256	18,33
2001	1569	54319	10003	65891	456157	522048	12,62
2002	1519	51339	10003	62861	532682	595543	10,56
2003	1694	66975	11554	80223	512810	593033	13,53
2004	1489	69306	9970	80765	577837	658602	12,26
2005	752	81316	25120	107188	594607	701795	15,27
Taux moyen d'accroissement (%)	-8,46	6,63	14,31	7,79	9,69	9,38	

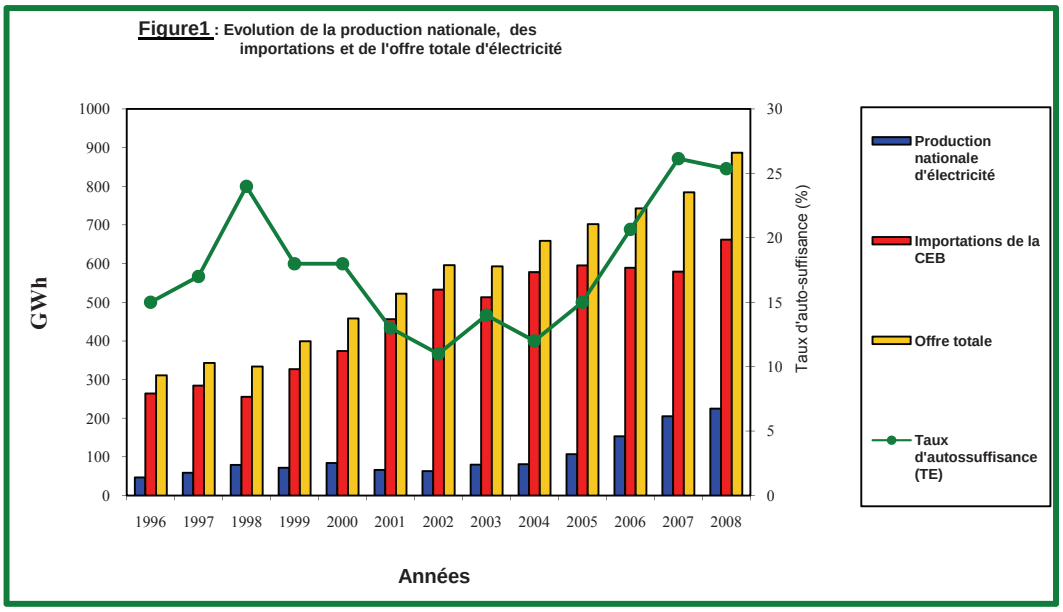


Figure n° 3 : Structure d'approvisionnement en énergie électrique [6]

Malgré une croissance relative de la production nationale d'électricité, surtout après 2006, le taux d'autosuffisance demeure faible avec une valeur de 15% en 2005 (tableau 1). Ce taux a été évalué à 22% en 2006 à cause de la crise énergétique, qui a entrainé une forte production thermique au niveau national.

Cette situation expose le Bénin à des crises énergétiques cycliques et répétées liées à des déficits de fourniture d'énergie électrique.

C'est ainsi qu'au cours des années 1983, 1994, 1998 et 2006 les sécheresses prolongées ont imposé des réductions drastiques dans l'approvisionnement en électricité, car l'eau était en manque dans les barrages de Nangbéto au Togo et de la VRA au Ghana.

L'impact économique de la crise énergétique qui secoue le Bénin actuellement n'a pas été précisément évalué. Toutefois, les conséquences socio-économiques de celle-ci sont perceptibles. La crise d'énergie électrique de 1998 a coûté plus de dix (10) milliards de F CFA à l'économie nationale, environ cent (100) décès au niveau des hôpitaux et plusieurs dizaines de cas d'accidents électriques avec des coûts sociaux et humains [Source : INSAE].

Depuis 2004, des efforts importants pour accroître la capacité nationale de production décentralisée d'électricité et la création de pôles régionaux de production ont permis de renforcer la capacité de la centrale thermique de Parakou (de 6 MW à 22 MW), de Natitingou (de 1 MW à 13 MW) et de Porto-Novo (12 MW). Toutefois, ces efforts sont insuffisants pour couvrir les besoins des centres urbains et le renchérissement des prix des produits pétroliers ne favorise pas l'utilisation de ces groupes thermiques. De plus l'utilisation de grandes quantités de produits pétroliers pour la production d'énergie électrique a des effets néfastes sur notre environnement si bien qu'il faille trouver des solutions alternatives pour satisfaire les besoins des populations rurales qui représentent près de 70% de la population totale du Bénin.

Aussi, a-t-il été réalisé l'interconnexion entre les réseaux de transport de la CEB et de la TCN (Transmission Company of Nigeria) pour mieux sécuriser l'approvisionnement du pays en énergie

électrique. La mise en service de ces ouvrages le 13 février 2007 permet au Bénin et au Togo d'être désormais alimentés sous une puissance de 80 MW à partir du Nigéria.

Toutefois, aujourd'hui l'offre d'énergie de l'ensemble des fournisseurs extérieurs de la CEB (Côte d'Ivoire, Ghana et Nigéria) et sa propre production n'arrive pas à couvrir la demande des deux pays de la communauté. Le déficit enregistré actuellement à la pointe est de l'ordre de 40 à 50 MW pour le Bénin; non compris la puissance additionnelle fournie par la SBEE.

Aussi, pour résorber ce déficit, le Gouvernement a-t-il pris des mesures urgentes pour acquérir une Turbine à Gaz (TAG) dual fuel (jet A1, gaz naturel) de 80 MW. La fin des travaux d'installation de la TAG est prévue pour fin août 2010.

Cependant, il est à craindre que le niveau du déficit énergétique n'augmente considérablement dans les prochaines années avec l'accroissement rapide de la demande potentielle d'électricité dans les centres urbains qui ont un taux d'accroissement démographique de 4,6%/an contre 1,7%/an en milieu rural. Ceci est dû à un important exode rural qui s'accompagne de trois phénomènes. Ce sont :

- une augmentation du nombre de ménages bénéficiant des services de l'électricité ;
- une croissance des restaurants populaires au détriment des cuisines individuelles.

Ces phénomènes sont à la base de la forte croissance en demande d'énergie électrique qui a été évaluée en 2005 à 10,4%. Le raccordement au réseau d'un nombre important de localités dans le cadre de nouveaux projets d'électrification viendra augmenter cette demande.

Il est alors nécessaire d'accroître la capacité de production d'énergie électrique dans des délais raisonnables, afin de limiter les impacts de plus en plus grands du manque d'énergie sur l'économie nationale.

Ainsi le sous-secteur de l'électricité est caractérisé par une grande dépendance vis-à-vis de l'extérieur. En effet, en 2005, l'énergie électrique consommée a été importée à hauteur de 84,73% de la Communauté Electrique du Bénin (CEB). Ainsi, la Société Béninoise d'Energie Electrique (SBEE) a assuré par ses propres moyens 15,27 % de la consommation nationale. Cette dernière production est essentiellement d'origine thermique ; par conséquent, elle est largement dépendante des produits pétroliers importés. Cette situation est, avec une facture énergétique de près de seize milliards (16 000 000 000) FCFA, dommageable pour l'économie béninoise et est l'une des causes des crises cycliques vécues ces dernières années dans l'approvisionnement.

Face à cette situation énergétique dommageable pour l'économie nationale, le développement social et la préservation de l'environnement, le Gouvernement a défini des politiques et stratégies sous-sectorielles devant permettre de :

- accroître l'autonomie énergétique du pays par le développement des capacités de production d'énergie ;
- diversifier les sources d'approvisionnement énergétiques ;
- développer l'accès des populations aux technologies modernes d'énergies.

Les indicateurs répertoriés dans le tableau n°1 sont ceux de 2006. Si le taux de couverture était de 19,0% en 2001, il est passé à 24,2% en 2005. Les taux d'électrification et de desserte sont respectivement passés de 18,1% et 32,4% en 2001 à 23,2% et 40,5% en 2005. Le taux de desserte

urbaine est le plus fort au cours de cette période. Il est passé de 75,8 en 2001 à 92,2 en 2005. Le taux de desserte rurale est passé de 4,4 en 2001 à 5,5 en 2005 (tableau n°3).

Tableau n°3 : Indicateurs d'électrification [7]

Année	2001	2002	2003	2004	2005
Taux d'électrification (%)	18,1	20,3	21,3	22,2	23,2
Taux de desserte (%)	32,4	35,5	35,8	37,9	40,5
Taux de couverture (%)	19,0	19,9	20,1	22,0	24,2
Taux de desserte urbain (%)	75,8	83,6	83,3	87,4	92,2
Taux de desserte rural (%)	4,4	4,7	4,8	5,0	5,5

• **Le taux de desserte** = Population desservie/Population totale
• **Le taux de couverture** = Nombre localités électrifiées/Nombre total des localités
• **Le taux d'électrification** = Population effectivement raccordée/ Population totale
= Nombre Abonnés BT X Taille de Ménages/Population totale

La variabilité des pics de kW montre une évolution exponentielle sur le réseau de la SBEE entre 1996 et 2005. De la lecture de la figure n°4, on peut constater que la pointe était de 100 MW en 2005 pendant qu'elle était de 40 MW en 1996.

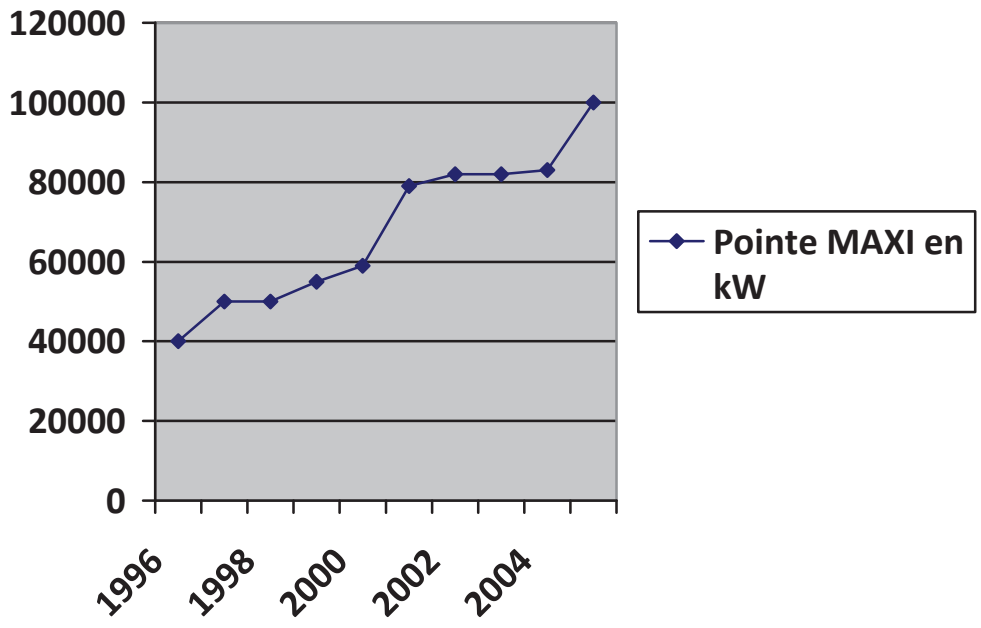


Figure 4 : Évolution des Pointes MAXI en kW de 1996 à 2005 [7]

On observe une forte croissance de la puissance de pointe. En effet, cette puissance de pointe a connu un accroissement annuel de 10,83% sur la période allant de 1996 à 2005.

On observe également une forte croissance de l'offre d'électricité. Elle s'est accrue entre 2000 et 2005 et est passée de 458,3 GWh à 701,8 GWh soit un accroissement annuel de 13% pour un accroissement démographique de 3,5%/an. De ces statistiques, l'on pourrait estimer les demandes en puissance sur le réseau de la SBEE jusqu'en l'an 2025, comme mentionner dans le tableau n°4, qui indique les sources d'approvisionnement et l'offre totale d'énergie électrique au cours de cette période.

Tableau n°4 : Evolution de la demande en puissance sur le réseau de la SBEE [6]

Année	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Puissance	130,00	143,00	157,30	173,03	190,33	209,37	230,30

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Puissance	253,33	278,67	306,53	337,19	370,91	408,00	448,80

Année	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
Puissance	493,67	543,04	597,35	657,08	722,79	795,07	

L'analyse de ces données montre une croissance soutenue de la puissance sur le réseau de la SBEE jusqu'en 2025, année à laquelle la puissance sur les réseaux est estimée à 795 MW (figure n°5).

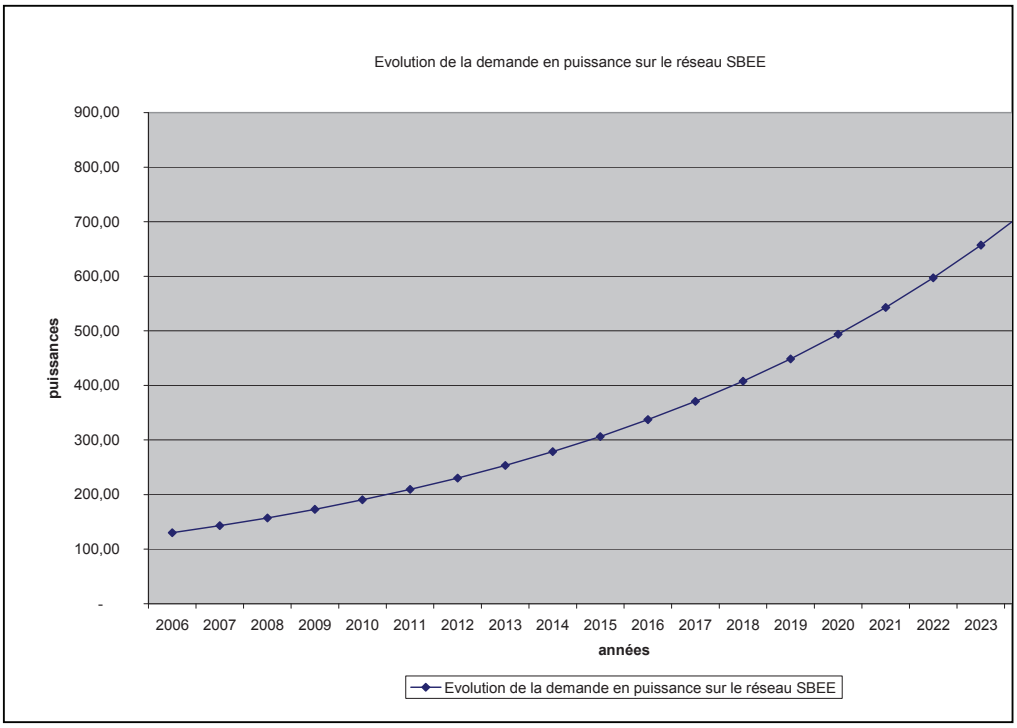


Figure 5: Evolution de la demande en puissance sur le réseau SBEE [7]

La quantité d'énergie électrique vendue par la SBEE est passée de 506,6 GWh en 2005 à 536,6 GWh en 2006. Soit une évolution de 5,92 %.

Les statistiques de la SBEE ont permis de constater que l'énergie électrique consommée sur son réseau double tous les dix (10) ans.

Ainsi, l'énergie électrique envoyée sur son réseau électrique passera de 653,3 GWh en 2006 à 1 306,7 en 2012 et à 2 613,3 GWh en 2022.

Face à cette demande importante, le Gouvernement s'engage dans la mise en œuvre d'une stratégie d'énergie électrique courageuse qui vise la valorisation des sources d'énergies nationales afin d'atteindre une croissance économique à deux (2) chiffres d'ici à 2011.

2-1.3 de l'étude diagnostique de la politique de développement des énergies renouvelables

Le Bénin a, dans son document de politique et de stratégie énergétique adopté en 2004 et appuyé par son document du plan stratégique de développement du secteur de l'Energie et à travers son programme d'actions pour l'électrification des localités rurales et son Programme Prioritaire d'Electrification des Localités Rurales, exprimé sa volonté de développer les sources d'énergies propres et en l'occurrence la filière éolienne. Cette volonté du Bénin de développer des filières énergétiques écologiques et durables est le fruit d'un contexte énergétique caractérisé par :

- un déficit de 50 MW en puissance d'énergie électrique. La mise à disposition de cette puissance par l'"installation des éoliennes coûterait 60 000 000 d'Euros soit 40 milliards de FCFA ;
- un coût de production élevé de l'énergie électrique du fait de la prédominance des centrales thermiques dans la structure nationale de production. Le coût de production du KWh thermique varie entre 140 et 150 FCFA le KWh ;
- un tarif élevé de l'électricité surtout le tarif industriel ;
- un faible niveau (27%°) d'accès à l'électricité ;
- une dépendance de 100% vis à vis de l'extérieur en produits pétroliers avec une importation d'un volume de 867 ktep en 2005.

Mais il est à signaler que ces programmes n'ont pu être mis en œuvre en totalité, car les moyens financiers n'ont pas suivi leur élaboration. Si tous ces programmes étaient réalisés, ils auraient porté le taux d'électrification de 2,5% en 2008 à 13% en 2010.

L'ABERME est la structure mandatée par l'Etat pour la promotion et la réalisation de l'électrification rurale au Bénin. Si dans les années 86 à 96 le Bénin a connu un démarrage percutant d'électrification rurale des villages par l'énergie solaire, la progression a été plutôt mitigée de 1996 à 2006 pour des raisons organisationnelles, de discontinuité opérationnelle et surtout de l'absence d'une véritable stratégie énergétique nationale intégrant les innovations technologiques et les préoccupations environnementales. Il faille que le Conseil d'Administration et le Fonds d'Electrification rurale soient fonctionnels, afin de faciliter les activités de cette structure.

Les initiatives de développement du secteur de l'énergie observées depuis 2006 augurent à nouveau d'une ère favorable qui devrait être renforcée et poursuivie avec l'actualisation du document de politique et stratégies énergétiques existant sur lequel la réflexion doit se poursuivre.

La politique mise en œuvre par l'ABERME en ce moment et contenue dans le document de politique d'électrification rurale se donne pour missions :

- la promotion de l'accès des populations vivant en milieu rural aux services énergétiques modernes
- la mise en place de partenariat public/privé dans le domaine des énergies renouvelables ;
- la définition d'un régime fiscal et douanier favorable pour les projets d'Electrification Rurale par les énergies renouvelables en zones rurales ;
- la valorisation des sites potentiels de micro-mini barrages hydro-électriques, etc. ;
- la mise en place de mécanisme de financement avec la participation des bailleurs de fonds;
- la mise en route du Fonds d'Electrification Rurale [2].

L'objectif visé en matière de production des agro carburants est de développer au plan national, un secteur de production d'énergies de substitution (bioéthanol et biodiesel) dans l'optique de:

✓ Remplacer à l'horizon 2020:

o au moins 10% des importations d'essences et de gasoil destinées au secteur du transport routier par la production nationale de bioéthanol et de biodiesel;

o et 15% de la demande en bois-énergie (bois de feu ou charbon de bois) du secteur des ménages par la production nationale de bioéthanol;

✓ Développer l'exportation des biocarburants pour satisfaire à l'horizon 2020, au moins 2% de la demande européenne.

2-1.4 de la contribution pour l'amélioration de la politique

Une des actions importantes de l'ABERME est l'inscription, dans les dernières lois de finances (2008-2010), de l'exonération des taxes sur les équipements devant servir dans le cadre de l'électrification rurale au Bénin.

Toutefois, la prise en compte de cette initiative dans la loi des finances ne suffit pas, car cette disposition est limitative. Il est souhaitable d'élaborer et de faire adopter une loi pour le développement des énergies renouvelables au Bénin. A cet effet, toutes les structures compétentes du Ministère de Energie et de l'Eau, des Ministères en charge de la justice et de la décentralisation pourraient être mises à contribution.

L'élaboration et la mise en oeuvre des projets de valorisation des énergies renouvelables au Bénin témoignent encore la volonté ferme des pouvoirs en place de développer cette source d'énergie considérée durable. A cet effet, plusieurs projets de valorisation des sources d'énergies renouvelables ont été initiés et mis en oeuvre dans des localités à grandes potentialités de ces sources d'énergie. Aussi, d'autres projets peuvent-ils être élaborés et mis en oeuvre, car il existe un grand potentiel non encore exploité. La figure n°6 montre la position de quelques sites de valorisation des énergies renouvelables au Bénin.

A ces réalisations s'ajoutent les projets d'électrification par solaire photovoltaïque réalisés par l'ABERME et mentionnés en annexe n° 1 .

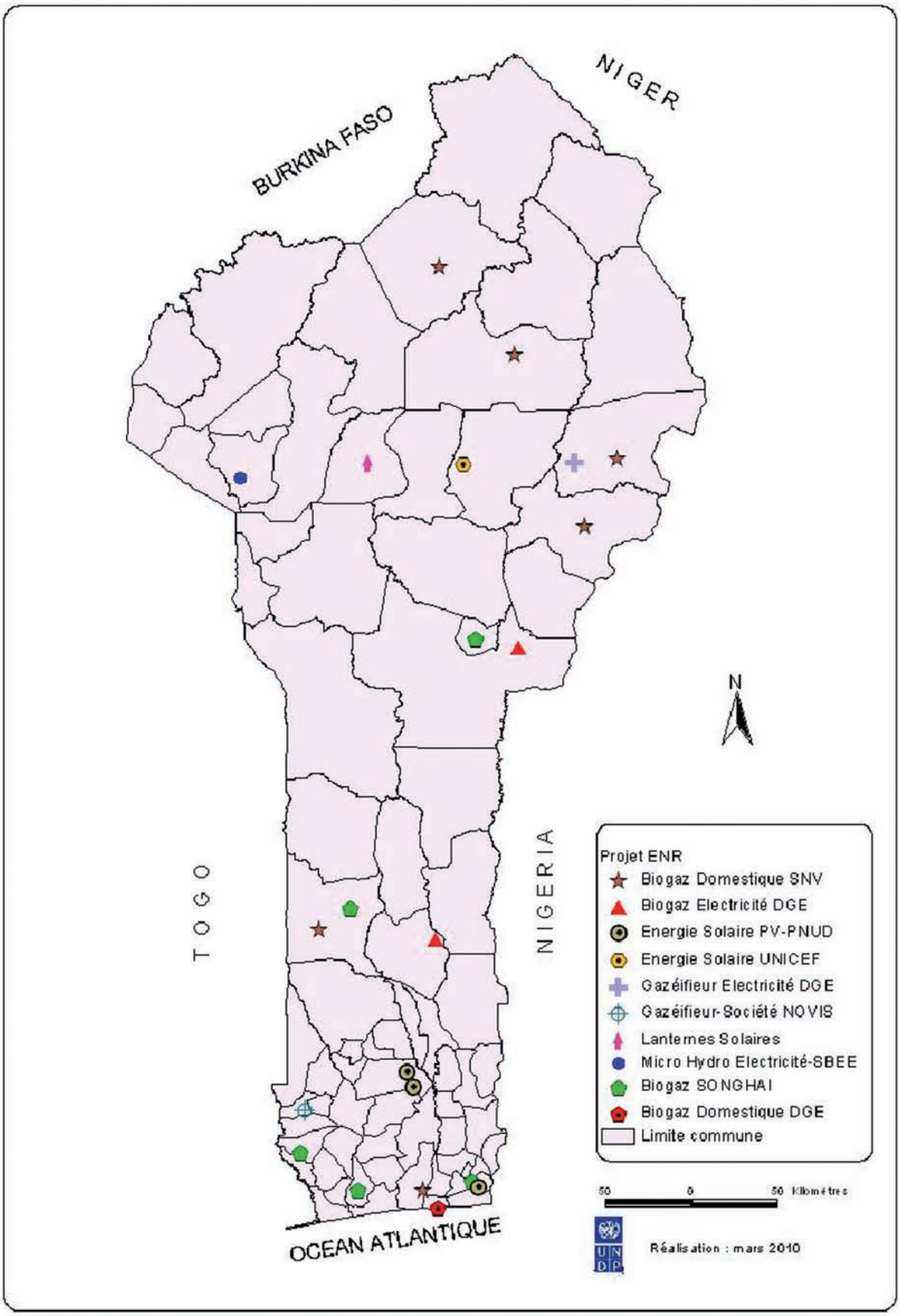


Figure n° 6 : Etat des lieux de sites de valorisation des ENR au Bénin

Cette politique vient renforcer celle existante et qui n'a permis que, comme le montre la figure 7 l'électrification convenable des grands centres urbains par raccordement au réseau.

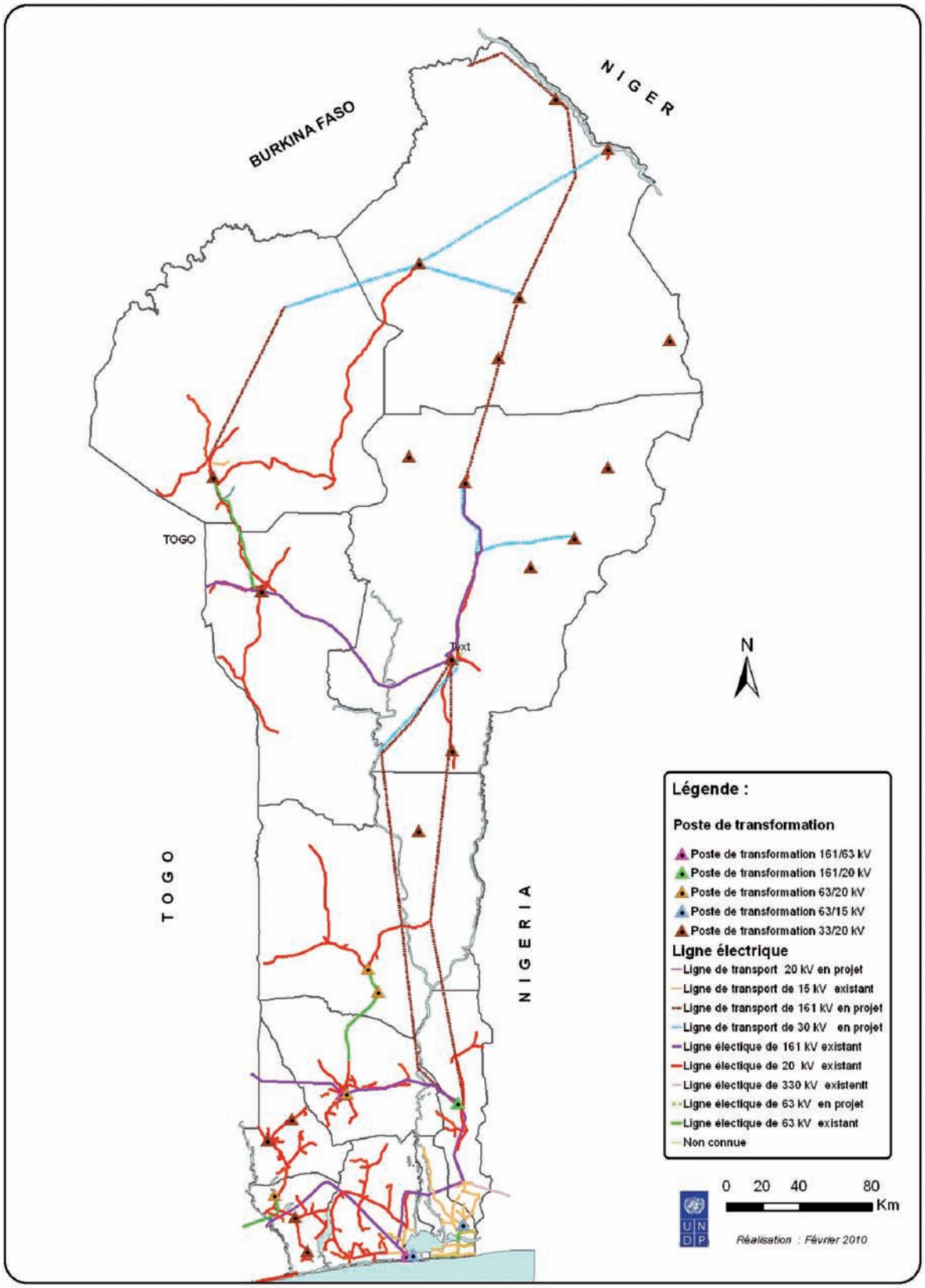


Figure n° 7 : Réseau électrique existant CEB / SBEE

Seuls les grands centres sont jusque là pris en compte par cette extension des réseaux de transport (HT, MT) (figure n°7). Ces réseaux sont plus denses dans le sud que dans le nord du pays. Le programme d'électrification rurale de la SBEE, qui prend en compte les localités situées entre 0 et 20 km du réseau ne fera qu'améliorer le taux de couverture. Les Objectifs du Millénaire pour le

Développement qui projettent l'accès à l'énergie propre pour tous les ménages d'ici 2025 ne pourra pas être atteint. C'est ce qui justifie le souci de valorisation des sources d'énergies renouvelables, en vue de la satisfaction des besoins énergétiques là où les réseaux interconnectés ne peuvent pas atteindre, compte tenu du caractère purement capitalistique du secteur.

2.2 Programme d'électrification rurale et ses conséquences sur la vie en milieu rural

Ce programme est élaboré sur la base de la politique d'électrification des localités rurales. Cette politique est basée entre autres, sur les aspects importants suivants :

- le choix des options techniques d'électrification ;
- le développement d'une synergie avec les autres projets sectoriels;
- la mise en place d'un partenariat public/privé ;
- les conditions d'éligibilité.

2.2.1 du choix des options techniques d'électrification rurale

2.2.1.1 de l'électrification par raccordement des localités au réseau MT et HT de transport

Cette option est envisagée pour les localités ou ensemble de localités d'une certaine taille (population supérieure ou égale à 1500 habitants au recensement de 2002), situées dans un rayon de 20 km des réseaux MT (MT à 15, 20 ou 33 kV, HT à 63 kV et 161 kV existants et en projets jusqu'à à l'horizon 2010 pour l'année de mise en service.

Les infrastructures d'électrification des localités rurales par raccordement aux réseaux comprennent:

- une ligne MT de 15 ou 20 kV reliant la localité à un réseau MT de la SBEE ou à un réseau HT de la CEB avec dans ce cas un dispositif de transformation HT/MT ;
- un réseau de distribution à l'intérieur des localités comprenant des lignes MT et BT, des postes de transformations MT/BT à l'intérieur dont le nombre dépendra de l'importance et de la localisation de la charge à desservir.

Cette option, évaluée à environ 28.500 millions de FCFA, n'entre pas dans le cadre des propositions concernées par cette étude, car la SBEE et la CEB sont à pieds d'œuvre pour la réalisation des lignes de transport et de distribution d'énergie électrique de part et d'autre des lignes principales HT et MT pour les localités comprises à moins de 20 Km du réseau. De même, le Projet Facilité Energie de l'Union Européenne entre dans la mise en œuvre du programme d'électrification rurale par raccordement au réseau existant ou en cours de construction.

2.2.1.2. de l'électrification rurale décentralisée

L'option décentralisée de base retenue est l'électrification par groupe diesel et par la mise en valeur de sources d'énergies renouvelables pour les localités importantes (Chefs lieux d'arrondissements, localités ayant une population de 1000 habitants au moins, au recensement de 2002, éloignées des réseaux MT et HT).

L'électrification par ce mode décentralisé collectif nécessite :

- un réseau distribution à l'intérieur des localités comprenant des lignes MT et BT;
- des postes de transformations MT/BT à l'intérieur dont le nombre dépendra de l'importance et de la charge à desservir.
- l'électrification par des micro/mini centrales hydroélectriques là où les sources hydrauliques de proximité existent ;
- l'électrification par plates-formes multifonctionnelles pour des localités relativement petites (population ≤ 500 habitants au recensement de 2002). Les plates-formes multifonctionnelles sont des équipements de production aussi bien d'énergies électriques que mécaniques ;
- l'électrification par système solaire photovoltaïque essentiellement par la promotion de la location-vente des systèmes solaires autonomes ;
- l'électrification par l'exploitation des ressources biomasse disponibles localement en milieu rural.

Il est prévu la définition des conditions techniques et économiques pour une affectation optimale des ressources financières entre ces deux modes d'électrification. La mise œuvre du Programme Prioritaire d'Electrification des Localités Rurales élaboré à cet effet est évaluée à près de 118 milliards de FCFA

2.2.2 du développement d'une synergie entre les projets d'électrification rurale et les autres projets sectoriels

La recherche d'une synergie entre les projets, l'électrification rurale et les autres projets sectoriels concernant le milieu rural (hydraulique villageoise, agriculture, éducation, santé, artisanat, transformation agroalimentaire etc.) est un élément important de la stratégie d'électrification rurale à mettre en place.

L'eau étant un bien vital pour les populations, un accent particulier sera mis sur la synergie avec l'hydraulique villageoise.

Dans le cas des systèmes décentralisés collectifs, la recherche de cette synergie est justifiée par une motivation visant à assurer simultanément ces deux services aux populations à partir de l'exploitation d'une même installation de fourniture d'électricité ; ce qui permettra d'avoir un coût optimal de service.

L'application de cette synergie sur le terrain nécessite :

- dans les localités disposant déjà d'un système d'Adduction d'Eau Villageoise (AEV) à partir d'un forage équipé de pompe motorisée, l'extension de la capacité des installations électriques mises en place par les projets d'hydraulique villageoise ;
- dans les autres localités, le montage dès le départ de projets intégrés d'électrification rurale et d'adduction d'eau villageoise, dans le cadre de la collaboration à établir entre l'ABERME et la Direction Générale de l'Eau ;
- dans les localités où les plateformes multifonctionnelles nécessaires pour la chaine alimentaire doivent être installées, des entretiens avec les collectivités locales qui peuvent produire du biocarburant pour alimenter les groupes électrogènes en vue de la production d'électricité sont à promouvoir.

2.2.3 de la mise en place d'un partenariat public/privé

La politique à mettre en place prévoit :

- la création d'un fonds destiné à l'électrification des localités rurales ;
- la définition d'un régime fiscal et douanier favorable pour les projets d'électrification en zones rurales ;
- la mise en place d'un mécanisme de financement avec la participation des bailleurs extérieurs, et du système financier national ;
- le recours à des opérateurs privés pour la gestion des systèmes d'électrification et du service de fourniture d'électricité dans le cadre de concessions d'électrification rurale qui seront octroyées à ces derniers par appel à candidature.

A cet effet, la création des centres de mise en synergie des projets au niveau du Ministère en charge de la Coordination de l'Action Gouvernementale est recommandée.

2.2.4 des conditions d'éligibilité des localités aux programmes d'électrification rurale

Les conditions fixées par la politique d'électrification rurale, pour des raisons de responsabilisation des autorités communales et des populations d'une part et surtout d'utilisation optimale des ressources financières conditionnant la durabilité du mécanisme de financement participatif d'autre part, sont les suivantes :

- la localité figurant sur les listes provisoires des projets prioritaires et souhaitant bénéficier effectivement du programme d'électrification rurale doit en faire la demande à l'Agence Béninoise d'Electrification Rurale et de Maîtrise d'Energie à travers la commune dont elle relève;
- la localité doit avoir mobilisé les ressources financières correspondant à sa participation à l'investissement initial nécessité par son électrification ;
- un nombre minimum des ménages de la localité (25 à 30% au moins du total des ménages) doit avoir, à partir de leurs propres ressources ou en souscrivant aux aides financières remboursables accordées par le programme d'électrification rurale, réalisé leurs installations électriques intérieures, ouvert un compte épargne au niveau d'une institution financière décentralisée impliquée dans la mise œuvre du programme et y déposer les frais d'abonnement au système d'électrification. [Source : DGE, ABERME]

Le programme d'électrification rurale, élaboré sur la base du Schéma Directeur d'électrification rurale a retenu 1278 localités à électrifier d'ici l'an 2015. Ceci améliorerait le taux de couverture de 26% à 60%. A cette date près de 2300 localités seraient couvertes par l'électricité. Ainsi, sur les 3778 localités recensées au niveau national, il ne resterait que 1515 à électrifier après 2015.

Les localités retenues sont représentées sur la figure n°8.

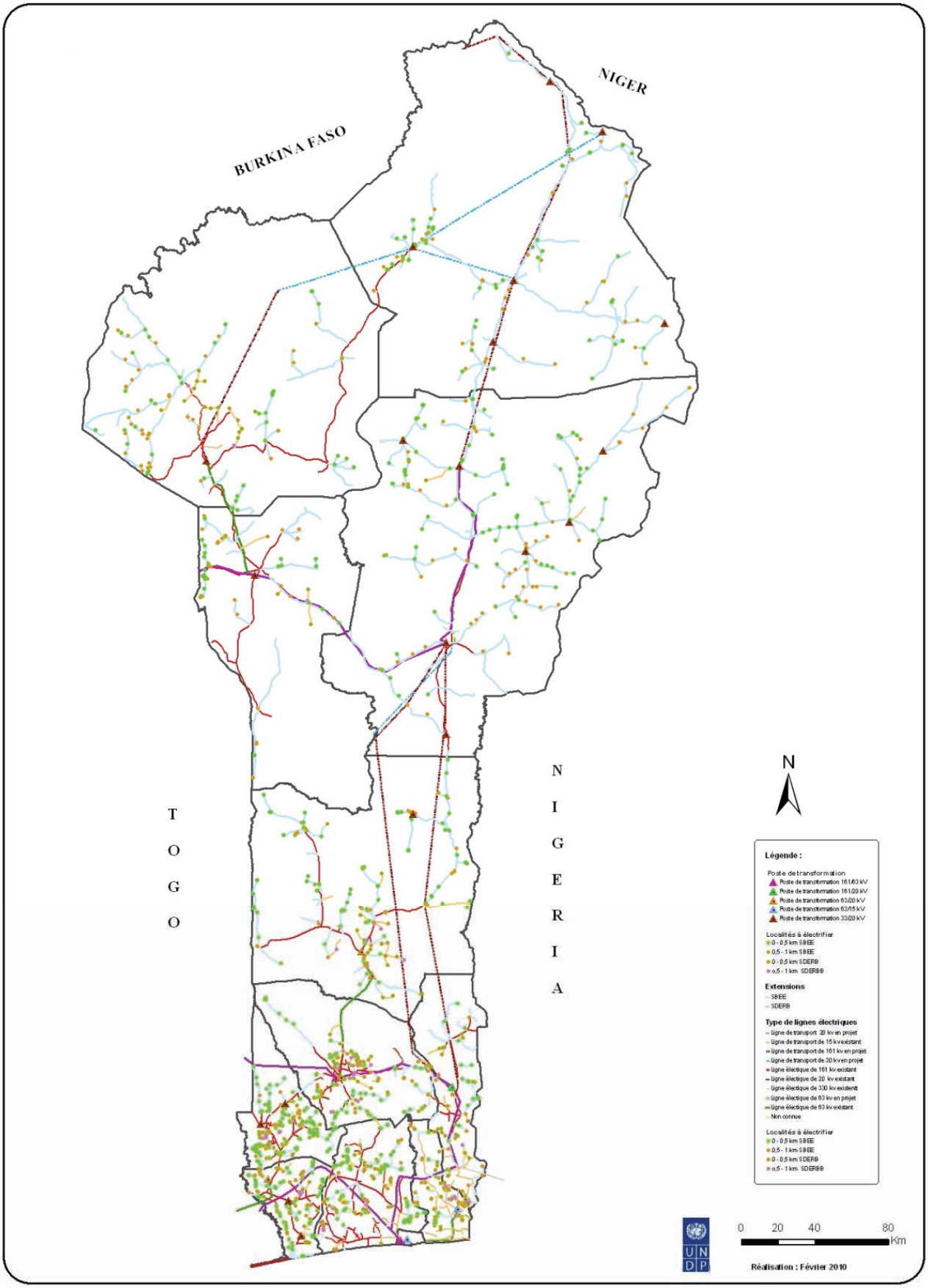


Figure n°8. : Localités électrifiées et à électrifier dans le cadre du programme d'électrification rurale.

Le reste des localités pourrait être pris en compte par cette étude (voir figure n°9)

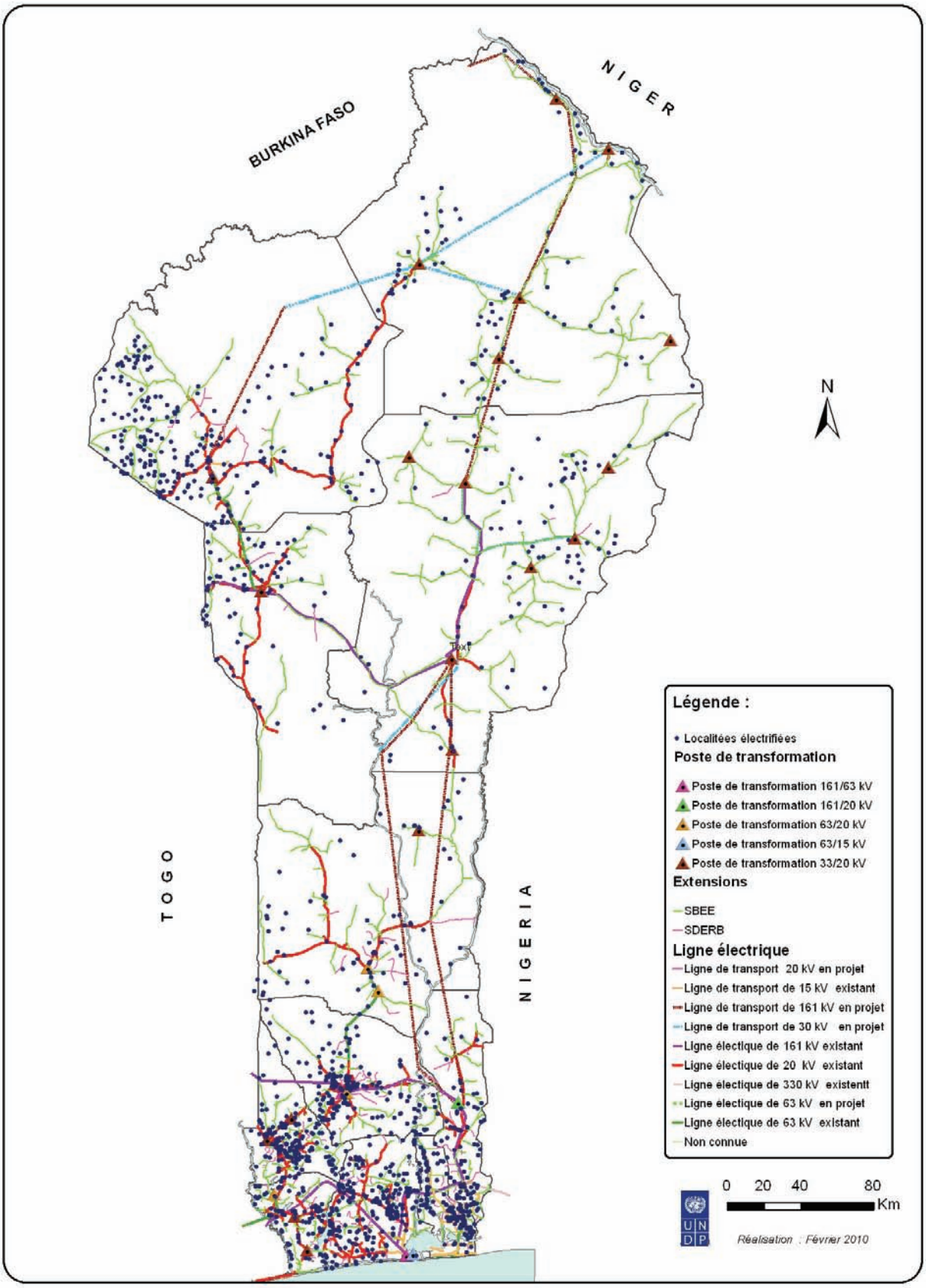


Figure n°9 : Localités non prises en compte par le programme d'électrification rurale

La liste des localités représentées sur la figure n°9 peut être obtenue au siège du PNUD.

2.3 Evaluation du potentiel en sources d'énergies renouvelables du Bénin

2.3.1 de la biomasse –énergie

Le Bénin est un pays agricole avec des moyens de production rudimentaires. L'appui à la mécanisation de ce secteur s'est accru seulement depuis 2006, année au cours de laquelle les jeunes ont été exhortés à se regrouper pour valoriser plus efficacement les superficies cultivables à travers la mise à disposition des tracteurs devant leur favoriser le travail sur le terrain. Malgré cet état trivial du développement de l'agriculture, ce secteur demeure celui pourvoyeur de la plus grande quantité de produits d'exportation. Cela confère au Bénin un potentiel considérable en déchets agricoles et ménagers pouvant être valorisés en énergie. Les nombreuses études de faisabilité sur la valorisation de la biomasse ont prouvé que la mise en valeur de ces déchets permettrait d'accroitre la capacité de production interne et de ce fait, de réduire les importations en énergie fossile et en électricité. Les données de l'annuaire de productions agricoles pour la campagne 2007-2008 montrent que le Bénin a produit 240 618 tonnes de coton. La mise en valeur des déchets issus de la production du coton (tiges, Raffles, coques et linter) en vue de la production d'électricité permettrait au Bénin d'être autosuffisant en électricité (4 402,8 GWh). La tendance de la production du coton étant à la baisse, on pourrait de même utiliser les résidus agricoles issus de la production du maïs, du mil, du sorgho pour produire l'électricité, tout en n'oubliant pas les utilisations concurrentielles (briquettes combustibles, construction des haies vives, alimentation pour animaux, etc.).

Les domaines de production qui génèrent les résidus agricoles sont l'agriculture, l'élevage, la foresterie et les ménages.

2.3.1.1 de l'agriculture

La production du coton, du sorgho, du mil du riz, du maïs et autres céréales génère des résidus agricoles selon des coefficients bien définis. Les statistiques de production pour les campagnes 2005-2006, 2006-2007 et 2007-2008 ont été utilisées pour déterminer le taux d'accroissement des productions agricoles en vue de procéder aux estimations pour les années à venir. Ces résultats montrent que l'utilisation des résidus agricoles pour la production d'énergie électrique pourrait générer plus de 2700 GWh en 2008 si on considère que seulement 20% des résidus agricoles seront utilisés à cet effet. Le reste (80%) pourrait servir pour satisfaire les utilisations concurrentielles (fabrication de briquettes combustibles, alimentation des animaux, fertilisant pour les champs, construction de haie vives, etc.). L'utilisation des résidus des palmiers à huile au sud du pays pourrait générer dans l'atlantique plus de 285 GWh/an

2.3.1.2 de l'élevage

L'élevage génère des déchets qui peuvent être collectés pour la production du biogaz. Des informations reçues de la Direction de l'Elevage, les bovins rejettent quatre cinquième (4/5) de leurs déjections seulement quand ils sont en stabulation, ce qui facilite la collecte des déjections pour la production de biogaz. Selon les statistiques de production annuelle il existe 1 876 800 bovins, 341 700 porcins et 2 229 700 de petits ruminants. En partant du fait que chaque bovin, petit ruminant et porcin peuvent respectivement générer 0,36, 0,2, et 0,18 m3 biogaz par jour, on peut avoir au total 739, 5 MWh en considérant que la moitié des déjections peut être récupérée pour la production de l'électricité à partir du biogaz [9], [16].

2.3.1.3 de la foresterie

La Direction Générale des Forêts et des Ressources Naturelles (DGFRN) a délimité des massifs forestiers, où toute exploitation de bois est, si elle n'est pas interdite, tout au moins contrôlée. L'Inventaire Forestier National réalisé en 2007 a révélé une superficie de 69 657 ha de forêts denses et 280 889 ha de galerie forestière. Les forêts les plus vastes sont les forêts claires/savanes boisées et les savanes arborées et arbustives qui couvrent respectivement 1477042 ha et 5669619 ha. Il est considéré que 90% de la production (hors plantations) est potentiellement utilisable en bois énergie. L'hypothèse de productivité est de 2,0 m3/ha/an pour les forêts denses et forêts galerie. Les forêts claires et les savanes arborées ont respectivement des taux de productivité de 1,2 et de 0 ,8 m3/ha/an. L'exploitation de ces forêts devant générer un taux de 10% de déchets, on peut estimer alors qu'il y a un potentiel non négligeable dans cette activité. Dans ce cadre, la production annuelle du bois serait de 8 824 187 m3/an, soit 6 176 931 tonnes (1m3 de bois = 700 kg). La quantité de déchet issue de cette activité serait de 617,7 tonnes/an.

2.3.1.4 des ménages

Des informations reçues au niveau des Services Techniques des Mairies de Parakou et de Cotonou, l'on peut considérer que chaque habitant émet 0,5 – 0,6 kg de déchets ménagers par jour. Ces déchets ménagers peuvent être valorisés soit par enfouissement dans des décharges techniques pour la production du biogaz, soit par incinération en vue de la production de chaleur ou d'électricité. Ceci signifierait qu'à Cotonou, où l'on compte près de 1.000.000 d'habitants, une quantité de 600.000 kg/ jour serait disponible. En tenant compte du taux de collecte évalué à 50% et de la teneur en matières biodégradables qui est de 60%, on obtient la quantité de déchets valorisable qui est de 180 000 kg/jour.

En combinant les diverses sources de déchets agricoles, les départements du Borgou et de l'Alibori à eux seuls pourraient produire l'équivalent de 2000 GWh/an avec plus de 300 MW installés (1 tep= 107 kcal = 11,625 MWh).

2.3.2 des biocarburants

Le contraste habituellement entretenu entre le développement des filières de biocarburants et l'autosuffisance alimentaire pourrait se poser, car d'aucuns se posent la question de savoir pourquoi il faut utiliser les produits vivriers pour la production de biocarburants alors que la population souffre de faim. A cet effet, il faut signaler qu'au Bénin la potentialité en terres cultivables est évaluée à 8.300.000 ha au moins et les besoins en terres cultivables pour les biocarburants sont évalués à environ 500.000 ha à l'horizon 2020, soit approximativement 6% des terres cultivables disponibles actuellement.

Ces besoins en terres cultivables pour les biocarburants sont évalués sur la base d'une production de 1150 millions de litres d'éthanol /an et 207 millions de litres de biodiesel à l'horizon 2020. Ceci correspond à un scénario de 10% de mélange dans le secteur des transports et 15% de substitution dans le secteur des ménages [3].

Ainsi donc, on peut dire que le problème de pénurie alimentaire qu'on pose pour bloquer les initiatives de production de biocarburants n'est pas fondé et on peut satisfaire les deux besoins (alimentation et biocarburants) si l'on se met réellement au travail en prenant les précautions qu'il faut.

L'évaluation du potentiel se fait en tenant compte des besoins internes et des opportunités d'exportation de ces produits. Pour les besoins internes, il sont évalués à partir des taux de mélanges de biocarburants dans les produits pétroliers dont les consommations sont consignées dans le tableau n° 5.

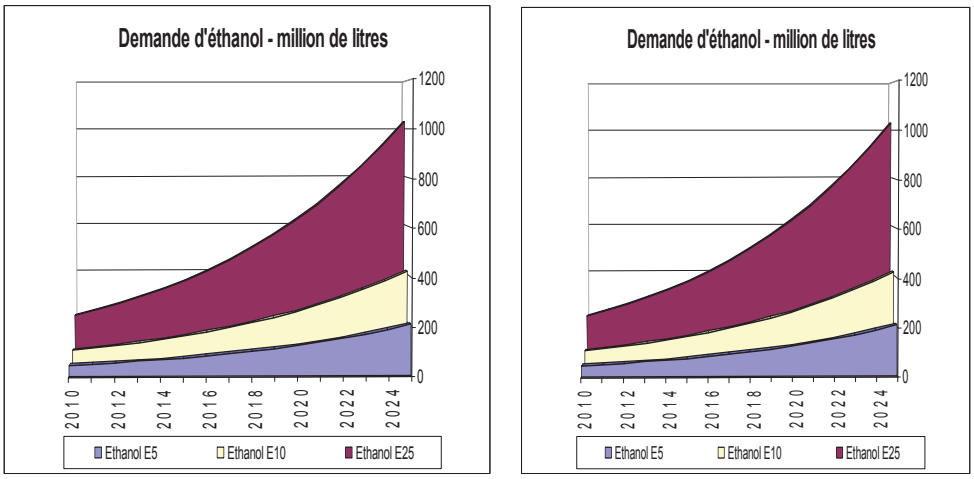
Tableau n°5 : Consommation de produits pétroliers dans le transport au Bénin [1]

Année	Gasole	Essence	
1999	81600	199500	
2000	84619	220500	
2001	90780	233668	
2002	91484	255489	
2003	118421	326239	
2004	123948	345515	
2005	119223	394934	Gasole: + 7% PAR ANNEE Essence: + 11% PAR ANNEE

Le calcul des quantités de biocarburants nécessaires compte tenu des taux de mélanges de 5%, 10% et 25% dans les produits pétroliers donne les résultats consignés dans la figure n° 10.

La politique mise en œuvre par l'ABERME en ce moment et contenue dans le document de politique d'électrification rurale se donne pour missions :

- la promotion de l'accès des populations vivant en milieu rural aux services énergétiques modernes
- la mise en place de partenariat public/privé dans le domaine des énergies renouvelables ;
- la définition d'un régime fiscal et douanier favorable pour les projets d'Electrification Rurale par les énergies renouvelables en zones rurales ;
- la valorisation des sites potentiels de micro-mini barrages hydro-électriques, etc. ;
- la mise en place de mécanisme de financement avec la participation des bailleurs de fonds;
- la mise en route du Fonds d'Electrification Rurale [2].



B10: 18 ML en 2010 – 50 ML en 2025 E10: 86 ML en 2010 – 413 ML en 2025

Figure n° 10: Demande de biocarburants [3]

Les superficies nécessaires pour la culture des biocarburants sont calculées à partir des rendements à l'hectare. Ainsi il est considéré qu'il est possible d'avoir un rendement à l'hectare de 5.000 l pour l'éthanol et 1.000 l pour l'huile végétale (tableau n° 6).

Tableau n°6: Estimation des superficies nécessaires pour la production de biocarburants [3]

Qualité du mélange	Superficies nécessaires pour les années correspondantes (ha)			
	2010	2015	2020	2025
E5	8.641	14.561	24.536	41.345
E10	17.283	29.122	49.073	82.691
E25	43.207	72.806	122.682	206.727
B5	9.068	12.719	17.839	25.019
B10	18.136	25.437	35.677	50.039
B25	45.341	63.593	89.193	125.097

Les possibilités d'accès aux terres cultivables nous amènent à voir les taux d'occupation ainsi que les conditions favorables pour la production des agro carburants. De l'analyse des données disponibles on peut conclure ce qui suit :

1. **A l'extrême Nord:** Il existe des limitations climatiques car le phénomène de dégradation des terres avance déjà à grand pas. Les plantes du pourghère pourraient être cultivées sans craintes, mais des mesures d'accompagnement doivent être envisager si l'on veut assurer la gestion durable des ressources.
2. **Au sud:** il existe de bonnes conditions climatiques, mais aussi des limitations liées à la pression foncière par l'urbanisation et par la diffusion des cultures vivrières;
3. **Dans la Zone contonnière du centre et Sud-borgou:** la présence d'un régime pluviometrique de transition, disponibilité majeure d'infrastructures logistiques et de transport, pression foncière inférieure par rapport à celle du Sud;
4. **Non disponibilité des données statistiques** pour l'évaluation de terres disponibles telles que dans les départements de la Donga, du Couffo et du Plateau.

Toutefois, il existe des Organisations Non Gouvernementales telles que GERES, GRSTER et JSF etc. et des groupements villageois qui se sont lancés dans le développement des cultures à but énergétique telles que le jatropha et le ricin. Des recommandations de la table ronde sur les biocarburants tenue à la Direction Générale de l'Energie en février 2009, on peut retenir ce qui suit :

- les acteurs de terrain sont à différents niveaux d'exécution de leur projet.
- certains projets n'ont pas encore démarré.
- les plantations les plus anciennes (mises en place pour la production de biocarburant) ont l'âge de 2 à 3 ans.
- les projets les plus avancés sont à la phase d'extraction de l'huile.
- les porteurs de projets à grande échelle ont réalisé beaucoup d'investissements et sont pour la plupart découragés par l'absence d'un cadre institutionnel adéquat.

La figure n° 11 représente le niveau d'occupation des sols dans toutes les communes.

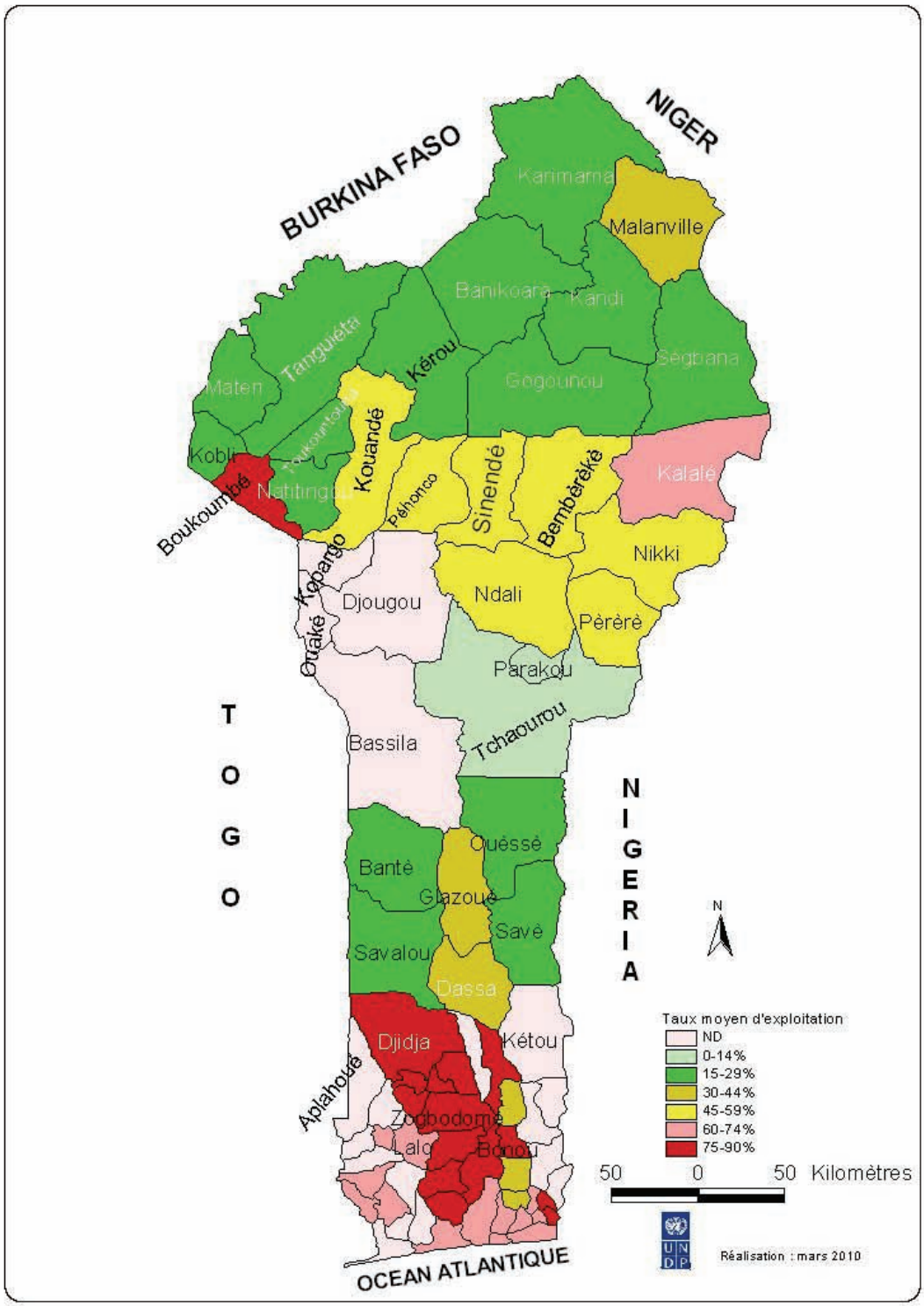


Figure n° 11 : Carte d'exploitation des sols [12]

2.3.3 de l'énergie solaire

L'énergie solaire pour la production de chaleur et d'électricité est la technologie d'énergie renouvelable la mieux connue au Bénin. Elle est utilisée depuis très longtemps pour sécher les peaux des animaux et les vêtements, conserver la viande, sécher les produits des récoltes et évaporer l'eau de mer pour extraire du sel. Les utilisations de l'énergie solaire peuvent se classifier de la manière suivante :

i. à petite échelle :
l'éclairage, la cuisine ; le chauffage d'eau ;

ii. à moyenne échelle :
Chauffage d'eau pour les hôtels, irrigation des champs et alimentation des fontaines d'eau ;

iii. au niveau communautaire :
Réfrigération des vaccins, pompage et épuration d'eau et électrification rurale ;

iv. à grande échelle :
Production d'électricité et les télécommunications.

En vue d'identifier les utilisations possibles de cette source d'énergie, une collecte d'informations a eu lieu à l'ASECNA et à l'Université d'Abomey-Calavi. Celles-ci ont révélé que les stations météorologiques installées au Bénin ne disposent d'aucun instrument de mesure fiable de l'irradiation solaire énergétique. Les données disponibles se limitent aux mesures empiriques d'ensoleillement journalier. Les moyennes mensuelles de l'ensoleillement journalier mesurées aux stations de Natitingou et de Kandi sont données à titre d'exemple dans le tableau n°7. Le maximum étant observé en février et le minimum en août. C'est à partir de ces données que le potentiel énergétique est évalué et se situerait en moyenne sur l'année entre 3,9 kWh/m^2.j au Sud à 6,1 kWh/m^2.j au Nord.

Tableau n° 7 : Moyennes mensuelles de l'ensoleillement journalier en kWh/m^2.j [13]

mois Stations	janvier	février	mars	avril	mai	Juin	juillet	août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Annuel
Natitingou	8,90	9,08	8,21	8,38	7,87	7,36	5,45	4,61	5,73	7,22	8,80	8,51	7,50
Kandi	9,32	9,64	8,98	9,07	8,97	9,05	7,59	6,54	7,68	8,95	9,58	9,32	8,71

Ces deux villes sont choisies à cause de leur fort taux d'irradiation solaire et de la fréquence de ces taux tout au long de l'année.

Le zonage du taux d'irradiation solaire montre que le Bénin peut être subdivisé en quatre zones. Ces zones sont classées ici par ordre de grandeur décroissante par rapport à leur potentiel énergétique solaire (cf. figure n°12):

1. la zone Nord, englobant le département de l'Alibori, une grande partie du Borgou et de l'Atacora ainsi qu'une petite partie de la Donga ;
2. la zone sud du nord qui prend une partie du Zou, des Collines et le reste des départements du Borgou et de la Donga ;
3. la zone centre qui couvre la partie restante des Collines, une partie du Zou, une partie du Plateau et une grande partie du Couffo. L'ensoleillement qui s'y trouve est semblable à celui de la zone côtière.
4. La zone sud balaie de l'Est à l'Ouest les départements du plateau, de l'Ouémé, du Zou, de l'Atlantique, du Couffo et du Mono.

En dehors de ces données recueillies par les stations météorologiques, d'autres valeurs d'ensoleillement peuvent être lues sur la carte produite pour la région de l'Afrique se situant au dessus de l'équateur. (cf. figure n° 10). Ici des valeurs allant de 3,5 à 5,0 kWh/m^2. jour peuvent être

lues pour le mois le moins ensoleillé. Il ressort de cette carte que le productible annuel au Bénin varie de 1800 à 2200 kWh/m^2.an (cf. figure. n°13).

L'annexe n°5 présente la carte de l'ensoleillement de toute l'Afrique.

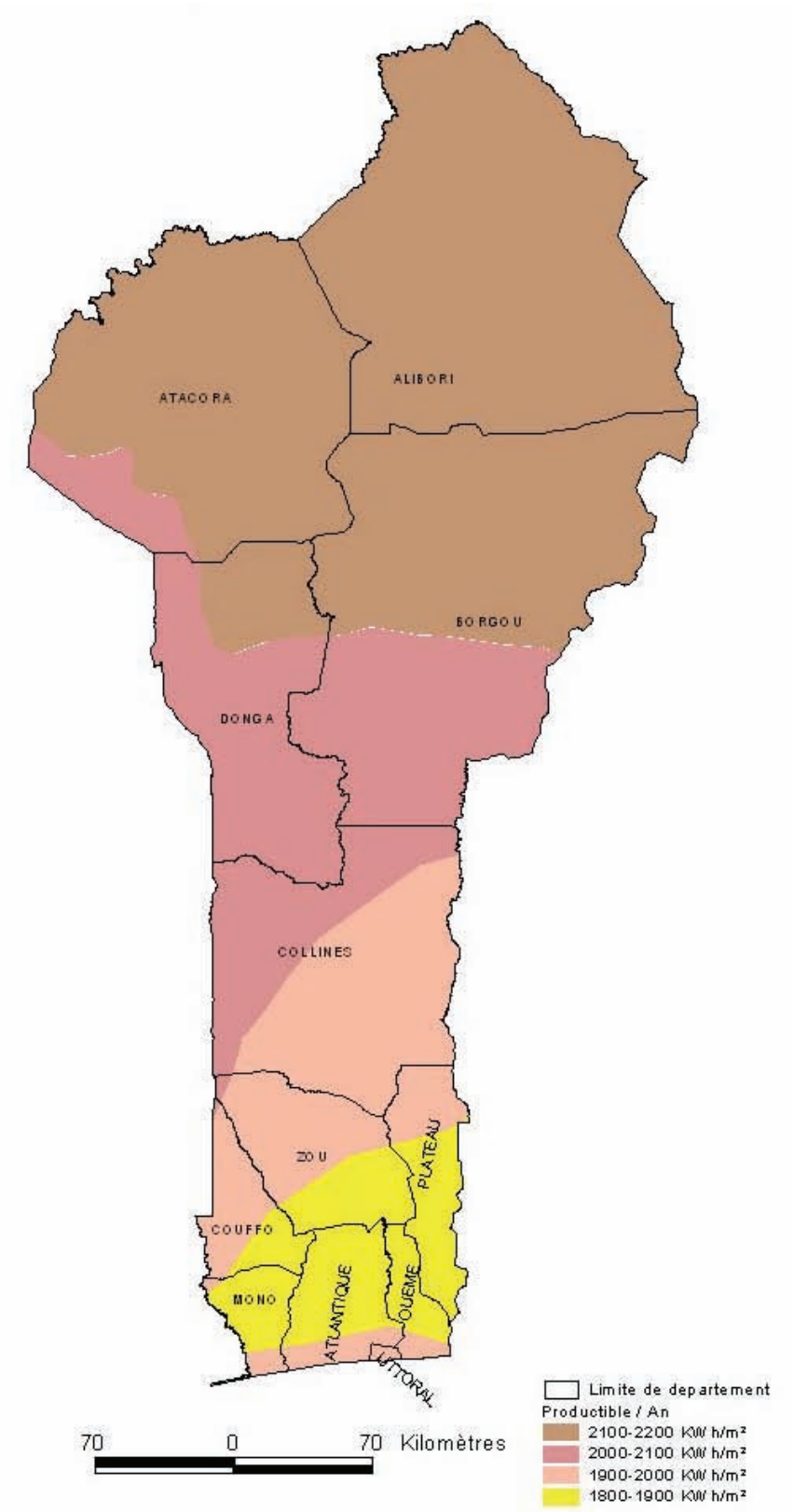


Figure n°12 : Productible solaire annuel au Bénin(PVGIS copyright European Commission 2001-2008)

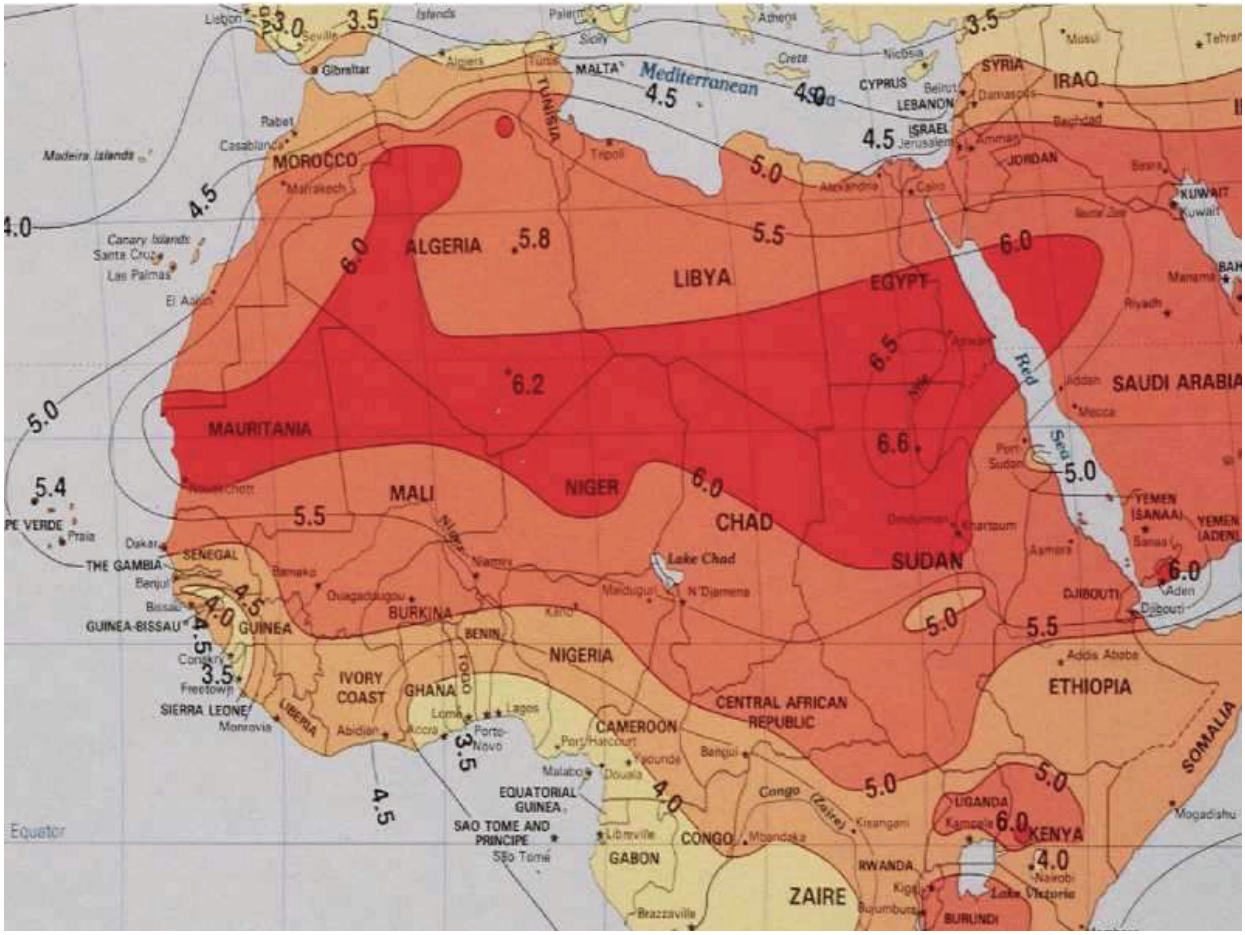


Figure n° 13 : Carte d'ensoleillement de la partie nord de l'Afrique
[http:/www.solar4power.com/map9-global-solar-power.html)]

2.3.4 de la micro hydroélectricité

Le potentiel hydroélectrique des rivières dépend des facteurs tels que la pluviométrie, l'hydrologie, la géologie, le relief et le couvert végétal.

Le Bénin est caractérisé par deux grands bassins- versants drainés par des cours d'eau qui ont de faibles hauteurs de chute. (Voir figure 11)

Les données pluviométriques existent pour les 12 stations météorologiques principales du pays et pour les dix dernières années au niveau de l'ASECNA. Par ailleurs une base de données hydro et pluvio (BDHP) intègre les données du Service Hydrologie et de la Direction de la Météorologie Nationale (DMN).

L'analyse de ces données permet de localiser les zones du pays recevant les plus fortes pluies et donc les zones ayant un potentiel hydrologique acceptable (par rapport au relief, la nature des sols et du couvert végétal).

La zone la plus pluvieuse se trouve dans l'axe Natitingou - Kandi, dans la partie sud de l'Atacora et de l'Alibori et la partie nord de la Donga, avec une dominance dans la région montagneuse de l'Atacora.

Cependant, ces régions pluvieuses au Nord sont caractérisées par une seule saison des pluies comme l'indiquent les courbes ci-dessous, avec une période de bas niveau de près de 5 mois entre novembre et mars. La figure n°14 donne un aperçu pour la pluviométrie à Kandi et Natitingou.

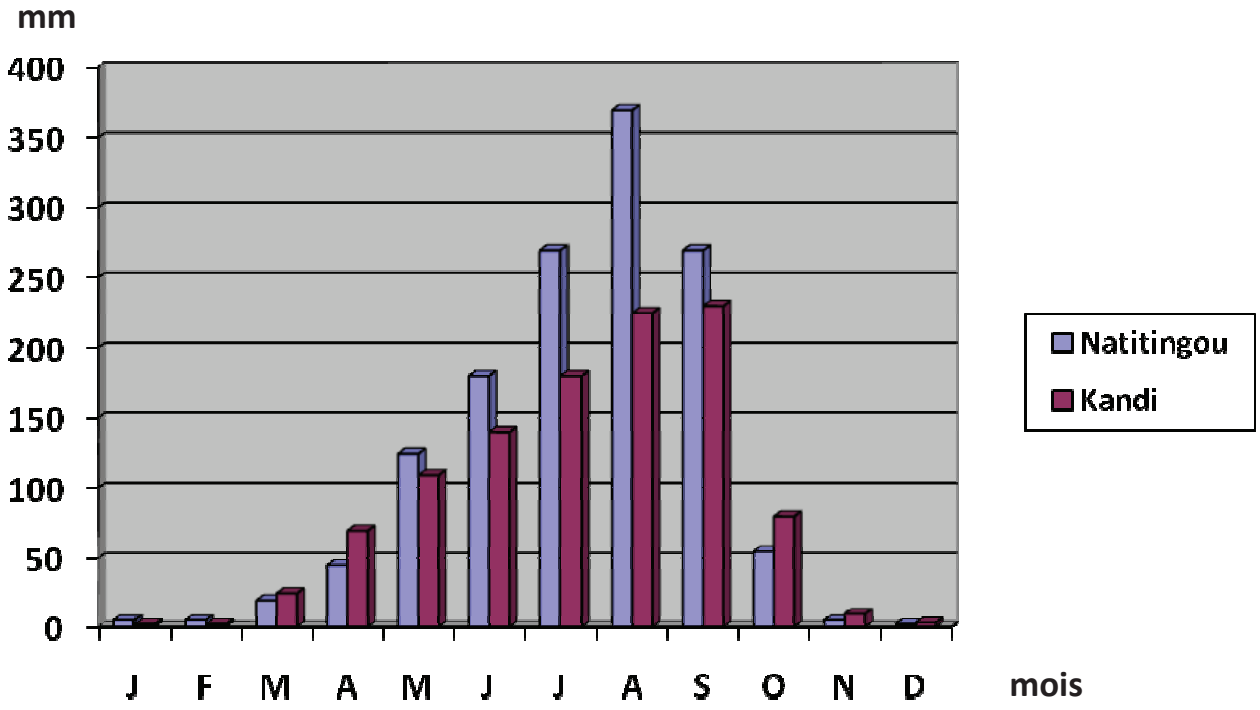


Figure n°14 : Pluviométrie moyenne mensuelle en millimètre [14]

2.3.4.1 de l'hydrologie et de la géologie

La Direction Générale de l'Eau dispose de données hydrologiques sur plus de 10 ans pour une quarantaine de stations hydrométriques localisées sur la carte ci-dessous. Après analyse des données disponibles, le Bénin peut se diviser en 3 parties caractérisées par des régimes hydriques assez différents :

- au Sud du pays, deux saisons des pluies se remarquent et la nature relativement imperméable des sols engendre souvent des écoulements non permanents.

- le centre représente une zone de transition en terme de pluviométrie avec des régions, comme la partie Est des Collines où le sol est granitique, pouvant être asséchées plusieurs mois.

- le Nord connaît souvent une longue saison des pluies intenses. La zone montagneuse de l'Atacora par la nature imperméable de sa croûte terrestre souffre de périodes d'étiage prononcées alors que la région Nord-est autour de Kandi dispose d'un bassin sédimentaire plus perméable rendant les cours d'eau beaucoup plus pérennes. La figure n°15 présente le réseau des stations hydrométriques sur les cours d'eau

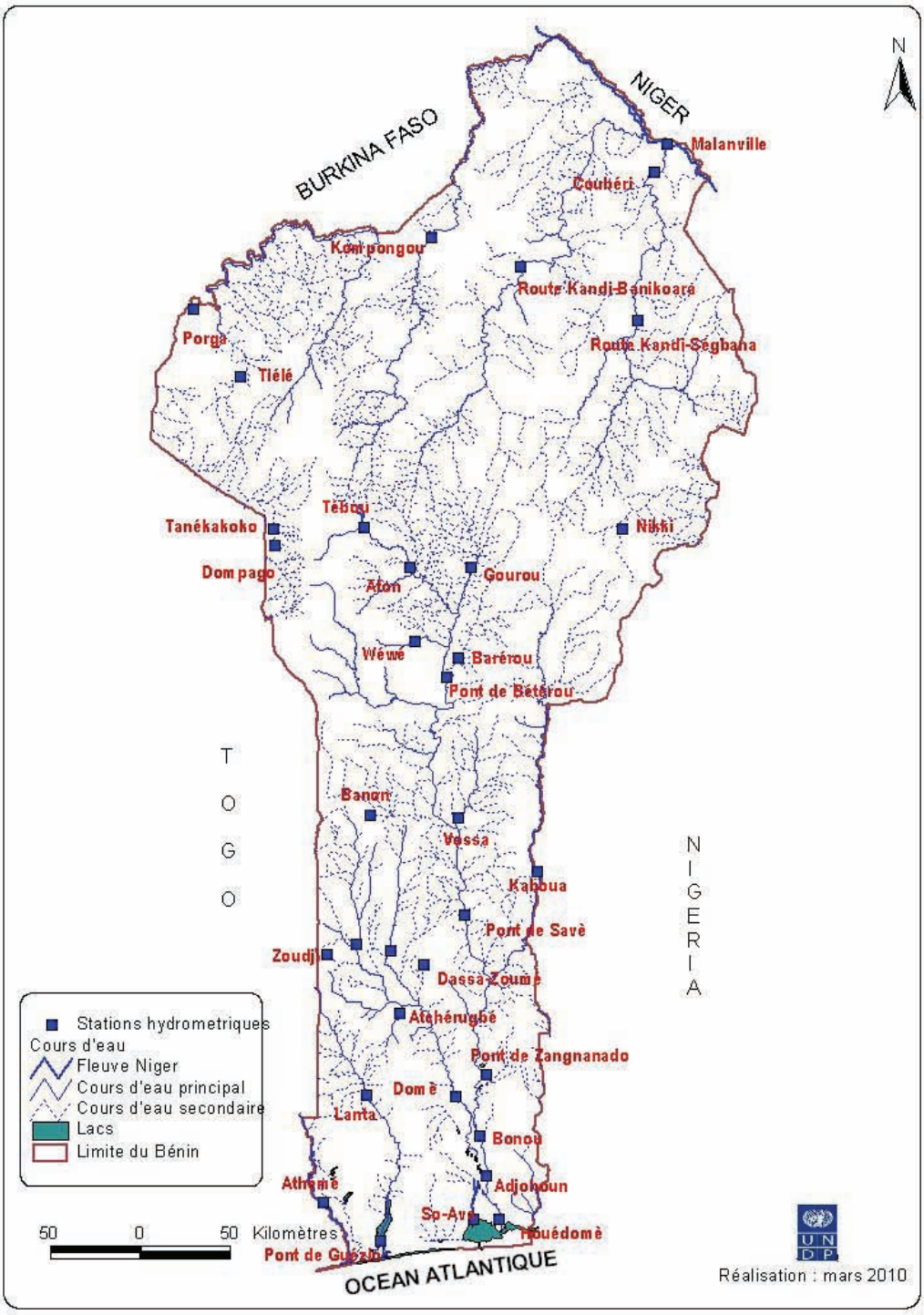


Figure n° 15 : Réseau de stations hydrométriques sur les cours d'eau du Bénin [14]

2.3.4.2 du résumé des sites potentiels d'aménagement hydroélectrique

Malgré les insuffisances du réseau hydrométrique et du potentiel pluviométrique ci-dessus, les structures du Bénin et les institutions internationales sont parvenues à identifier des sites potentiels où des aménagements hydroélectriques seraient possibles. A cet effet, trois listes principales ont été recueillies lors de la revue documentaire. Il s'agit de :

a) **La liste des 85 sites micro hydro** de puissance inférieure à 4,4MW publiée sur les sites

du pays où la durée d'écoulement, le débit moyen, la hauteur de chute, les localités avoisinantes le bassin versant, la puissance et l'énergie productible pour chaque site sont mentionnés. La puissance totale de ces sites est de l'ordre de 50 MW et le productible avoisine 200 GWh/an.

Ces sites, soumis à des critères de sélection plus rigoureux ont permis à l'ABERME de faire un choix plus judicieux des sites aménageables. Ces critères sont les suivants:

1. l'écoulement quasi permanent (durée > 11 mois/an)
2. un débit moyen suffisant (Q > 0,2 m3/s)
3. une hauteur de chute suffisante (pente longitudinale > 3%)
4. une accessibilité permanente au site

b) **La liste proposée par l'ABERME** après l'étude de faisabilité réalisée par le cabinet canadien TECSULT en 2009 selon laquelle 6 sites sont aménageables.

D'après les résultats de l'étude réalisée par le cabinet Tecsult pour le compte de l'ABERME, seulement six sites sont retenus pour être aménagés après la réalisation des études de faisabilité détaillées. Ces sites sont mentionnés sur le tableau n° 8.

Tableau 8 : Caractéristiques principales des 6 sites hydro retenus par Tecsult [15]

Nom du Site	Nom de la rivière	Département-Commune	Puissance maximale présumée (KW)	Accès existant	Villages enquêtés	Contrainte environne-mentale
Cascades de Sosso	Sota	Alibori-Kandi	750	Difficile (2,5 km)	Angaradebou Fouet Zanloa Saah	Aucune
Gbéssé	Sota	Alibori-Ségbana	900	Facile (Pont)	Gbèssé Bensékou Sérèbani	Point d'eau pour le bétail en rive droite
Koutakrou-krou	Iranée	Alibori-Kandi	100	Facile (Pont)	Bensékou	Forêt classée de la Sota
Chutes de la Kota	Kota	Atacora-Natitingou	60	Facile (site touristique)		Site touristique
Wabou	Tigou	Atacora-Toucountouna	260	Difficile (1 km)	Wabou Tectibayaou Kouarfa	Site sacré
Kouporgou	Koumagou	Atacora-Boukoumbé	60	Facile (Pont)	Koudogou	Aucune

Ces sites sont tous localisés au nord et sont représentés sur la figure n°16.

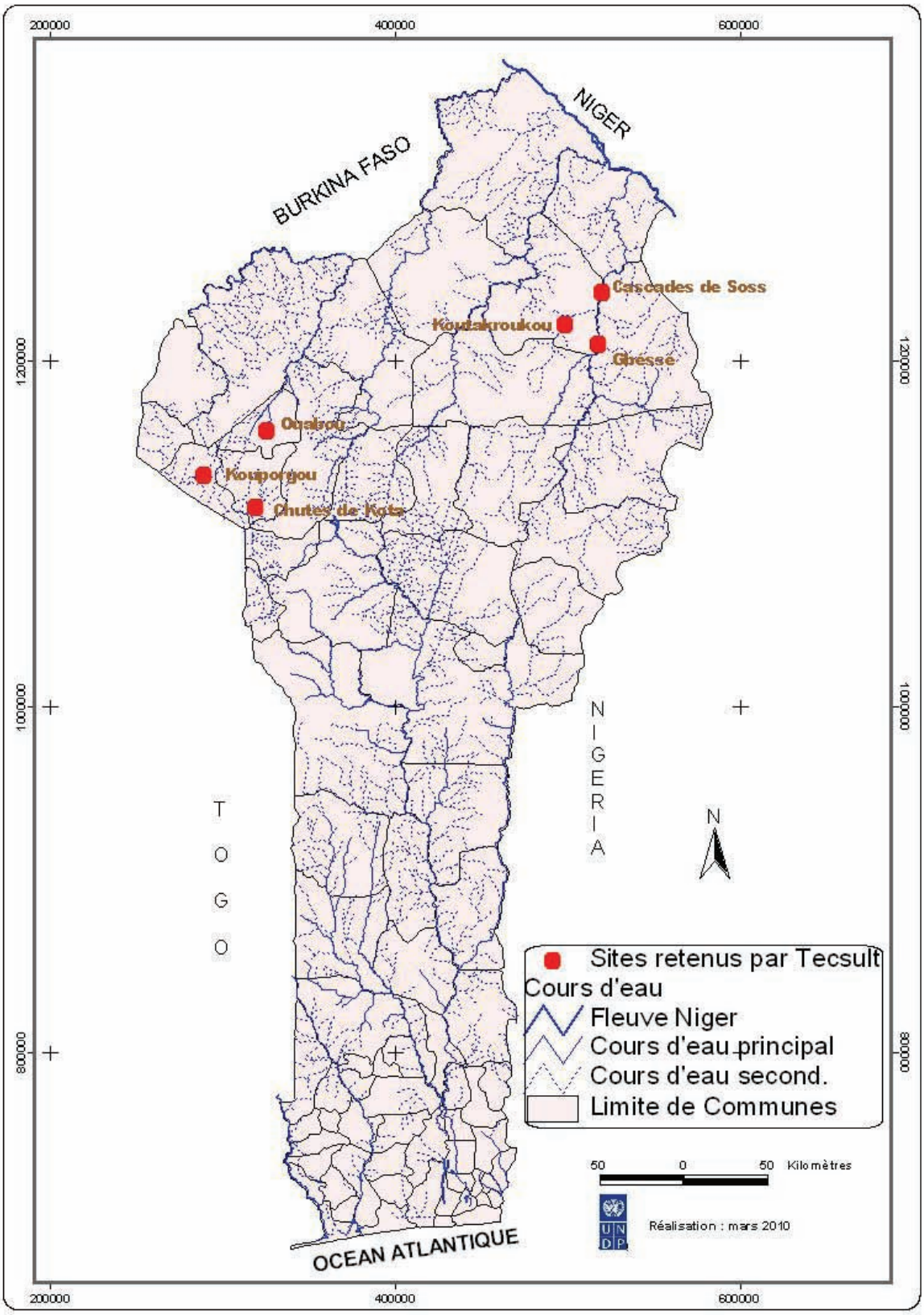


Figure n°16 : Cartographie des sites retenus par le cabinet Tecsult

c) **La Liste proposée par le PNUD en collaboration avec la Banque Africaine de Développement dans le cadre de l'appui au renforcement de capacités en vue de la réalisation des Petites Centrales Hydroélectriques** selon laquelle 8 sites sont aménageables. L'étude étant conçue pour retenir dix sites. Ces dix sites sont matérialisés sur la figure n°17.

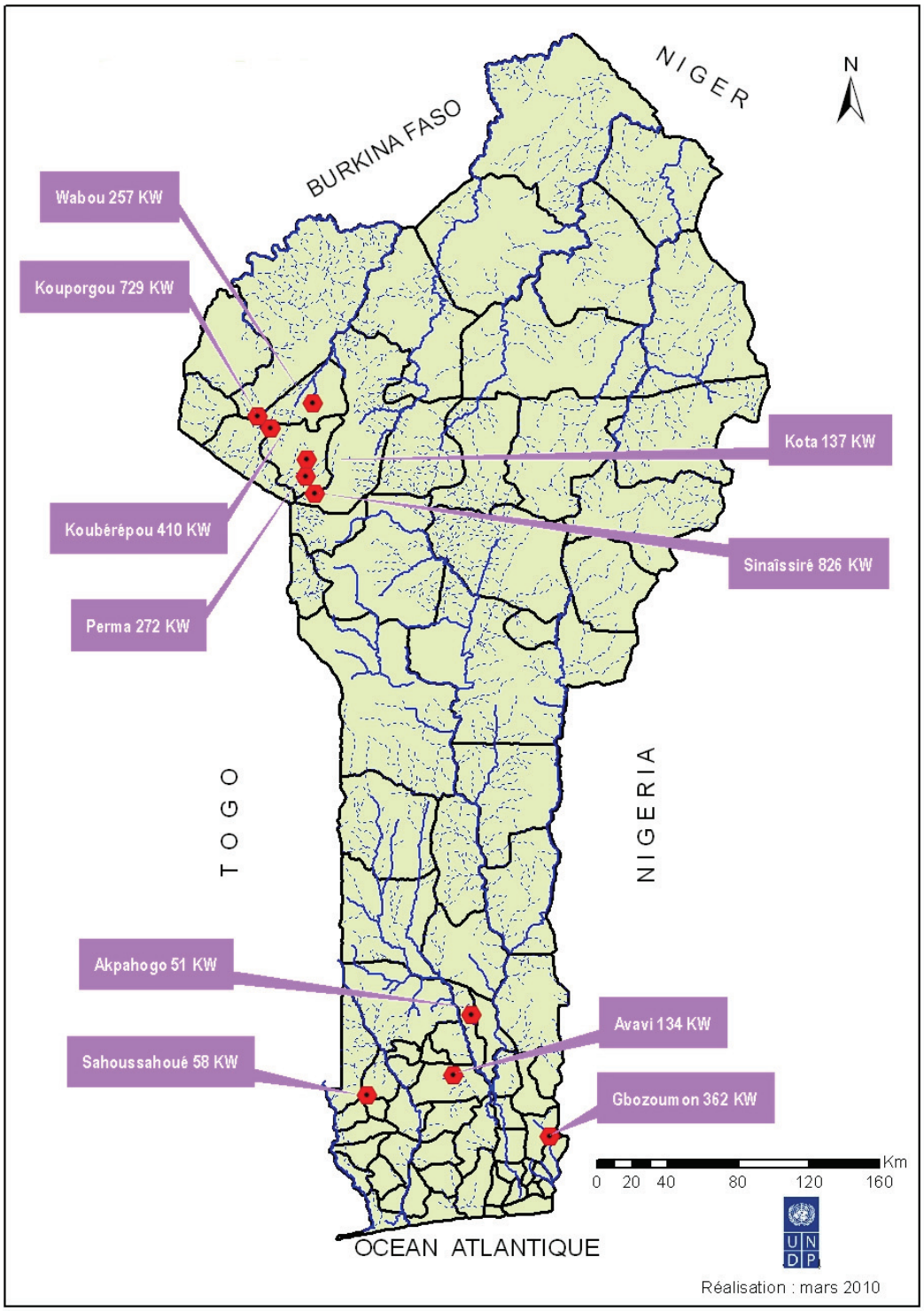


Figure n°17 : Sites retenus par l'étude du PNUD/FEM/BAD

En combinant tous ces sites, nous parvenons à réaliser les cartes jointes en annexes 3-6 des sites classés de la manière suivante :

1- Sites de puissances inférieures à 1000 kW
2- Sites de puissances comprises entre 1 et 2 MW
3- Sites de puissances supérieures à 2 MW

Il faut noter que les sites de puissances supérieures à 100 MW sont localisés au sud du Bénin (Plateau et Couffo) tandis que les sites de puissances comprises entre 2 et 10 MW sont situés au

Nord du pays. Le fleuve Ouémé, le plus grand fleuve du Bénin est identifié pour abriter une dizaine de sites d'aménagement hydroélectrique de puissances comprises entre 10 et 160 MW. La figure n°18 positionne ces sites sur une carte.
La liste de ces sites est jointe en annexe n°6

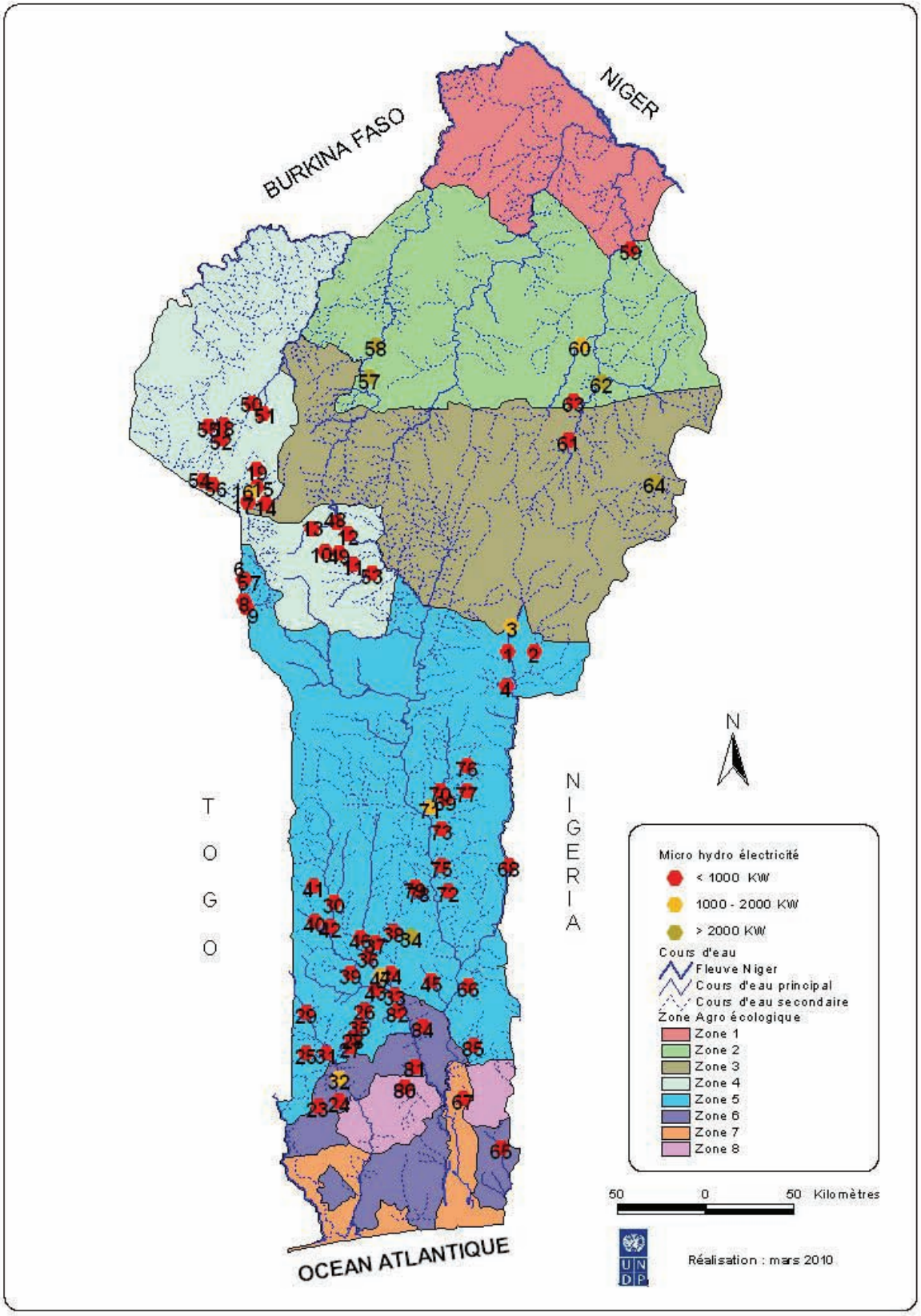


Figure n°18 : Représentation des sites potentiels d'aménagement hydroélectrique

2.3.5 de l'énergie éolienne

La filière éolienne connaît depuis plusieurs années, dans le monde, un essor remarquable. Avec une croissance moyenne de 26% par an au cours des années 2000 à 2004, la puissance mondiale a dépassé les 47000 MW à la fin de 2004 (Wind Power Monthly, 2005). De plus, l'industrie projette que cette puissance totalisera non moins de 194000 MW en 2013.

Les mesures de vent disponibles au Bénin proviennent des stations synoptiques de l'ASECNA (mesures à 10-12m) et indiquent que seule la bande côtière présente un potentiel appréciable et des vitesses de vent ayant une fréquence constante toute l'année. Ces vitesses varient de 4 à 6 m/s sur la zone côtière et de 1 à 2 m/s au nord du pays.
Une extrapolation de ces vitesses de vent à une altitude de 40 à 60 m est mentionnée dans les tableaux n°8 et 9.

Lorsque l'on s'intéresse au potentiel éolien d'un site, l'on tient compte essentiellement du comportement des vents dans la couche limite, soit dans la couche entre 0 et 100 m d'altitude au dessus du sol. Dans cette couche atmosphérique, la topographie et le type de surface terrestre de la région concernée influencent de façon significative les vitesses du vent qui y sont enregistrées.

Ainsi le souci de valoriser de l'énergie éolienne au Bénin nous amène à déterminer dans chacune des trois régions du pays le profil vertical du vent, c'est-à-dire la vitesse du vent à différentes hauteurs.

2.4 Estimation du potentiel pour les différentes sources d'énergies renouvelables

Les formules contenues dans la méthodologie nous permettent de faire l'extrapolation du potentiel des sources d'énergies renouvelables. Ainsi donc on obtient :

Le découpage par zone agro écologique est choisi pour faciliter les évaluations qui suivront. Ces zones sont caractérisées par leur spécificité à accueillir telle ou telle culture compte tenu des conditions écologiques qui s'y trouvent. Ces zones sont représentées sur la figure n° 19.

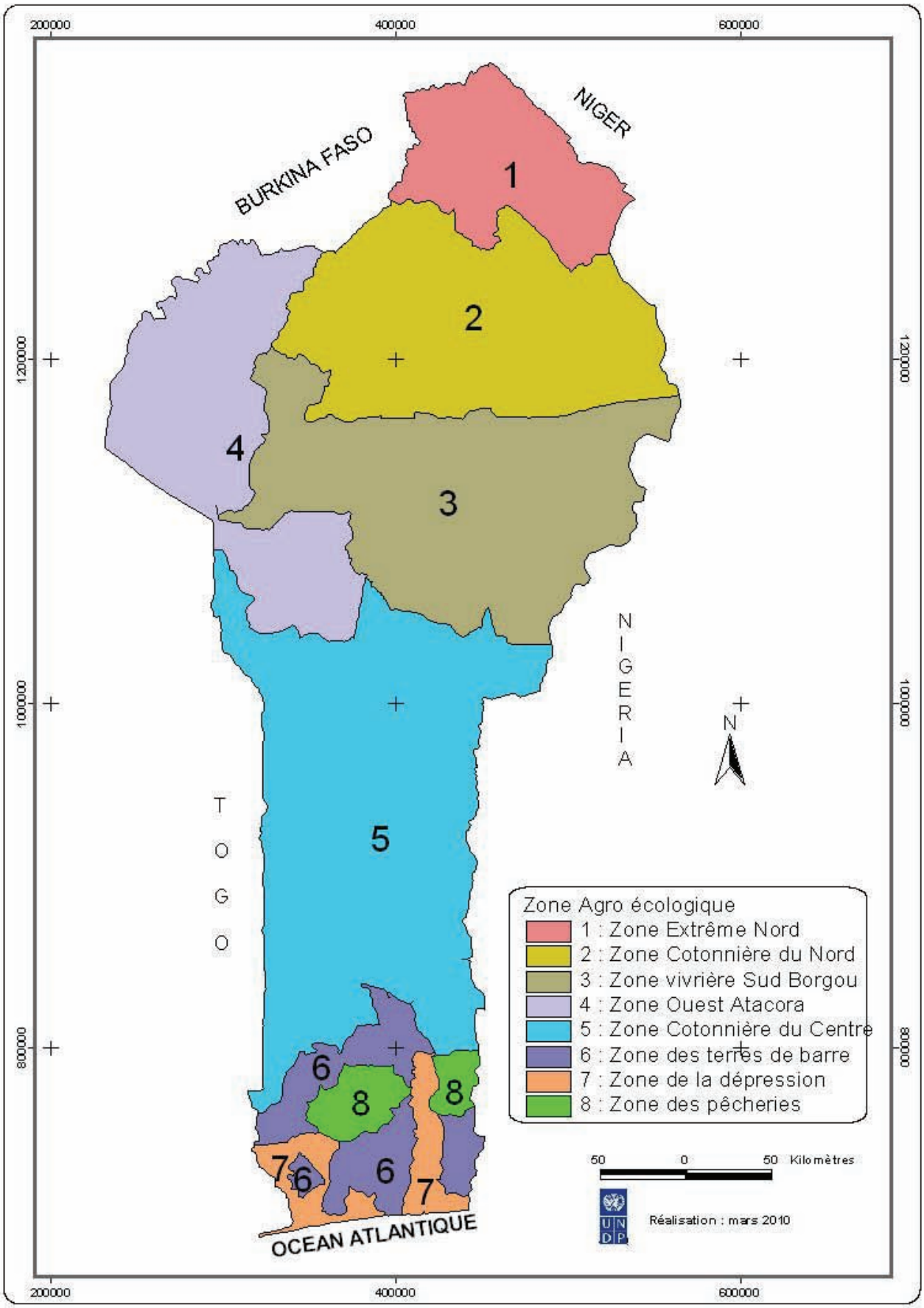


Figure n° 19 : Délimitation des zones agro écologiques du Bénin

2.4.1 du potentiel hydroélectrique

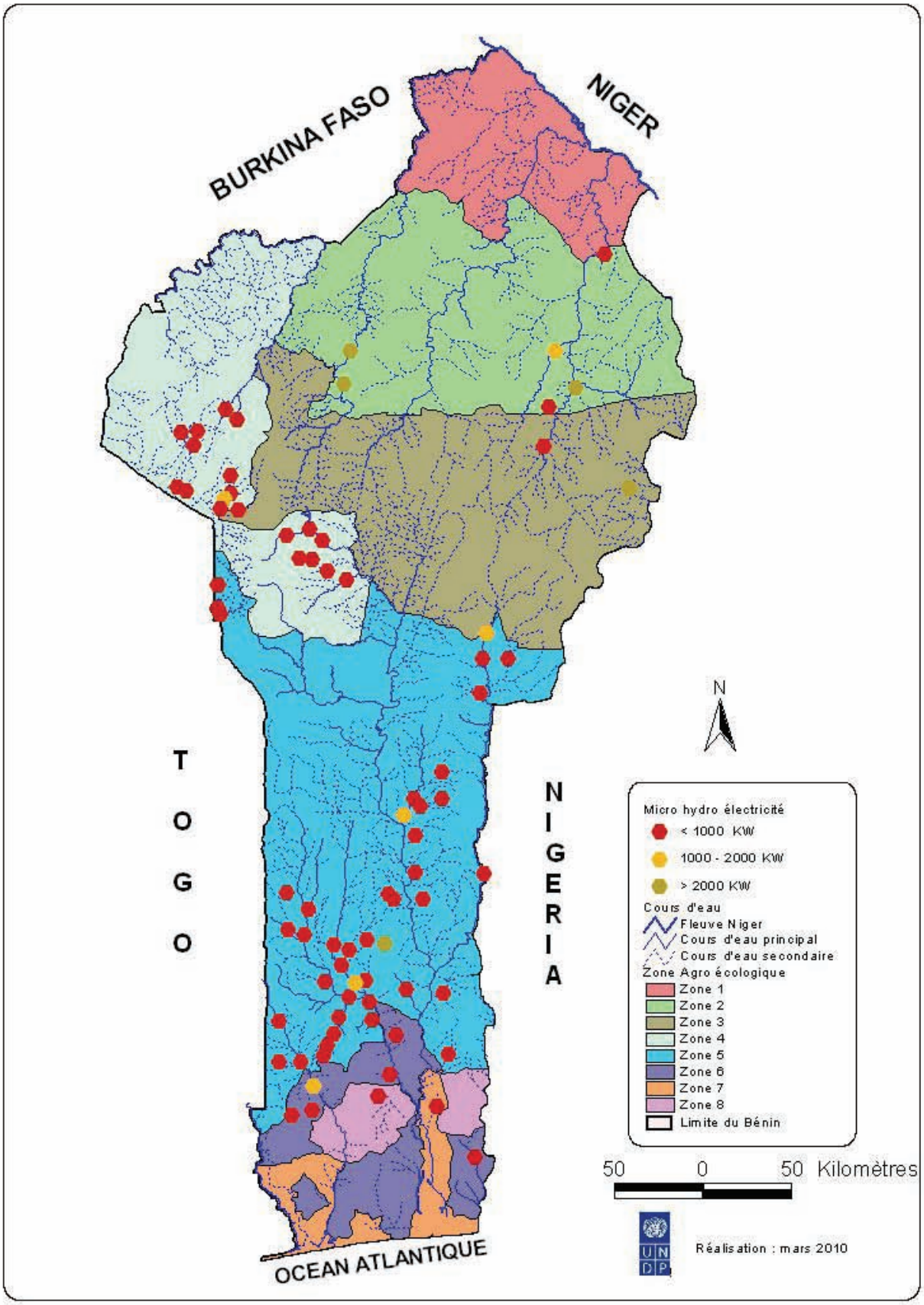


Figure n° 20 : Représentation des sites de microcentrales hydroélectriques par zone Agro-écologique

Tableau n° 9 : Estimation du potentiel hydro électrique par zone agro écologique

Zone agro-écologique	Puissance (KW)	Zone agro-écologique	Puissance (KW)
1 Extrême nord-Bénin	9 894	**5 Zone cotonnière du centre-Bénin**	4 945
2 Zone Cotonnière	17 231	**6 Zone des terres de barre**	12.975
3 Zone vivrière du sud-Borgou	7963	**7 Zone des pêcheries**	9 553
4 Zone-ouest Atacora	8 945	**8 Zone de la dépression**	18.398

Le tableau n° 9 fait le récapitulatif des puissances disponibles sur chaque zone agroécologique.

2.4.2 du potentiel des résidus agricoles

Ce potentiel est évalué sur la base de la production agricole dans chaque commune. Les communes sont ensuite répertoriées dans leurs zones agro écologiques d'appartenance puis regroupées par type de produits agricoles. Les tableaux référencés dans le chapitre 1 ont servi à l'évaluation des résidus agricoles compte tenu de la quantité de produits agricoles disponibles.

Ces deux tableaux ont été utilisés pour l'évaluation des quantités de résidus agricoles et leurs valeurs énergétiques, tout en tenant compte des conditions énumérées dans la méthodologie. Les valeurs des coques des noix palmistes n'étant pas disponibles, nous avons utilisé les valeurs du café qui leur sont approximatives.

En considérant la production agricole de 2007- 2008, on arrive aux estimations de résidus agricoles telles que mentionnées dans l'annexe 2. Les potentiels des résidus agricoles non compris les résidus issus de la récolte des régimes des noix de palme sont représentés par commune sur la figure n°21 pendant que le potentiel des résidus de la production d'huile de palme est représenté sur la figure n°22.

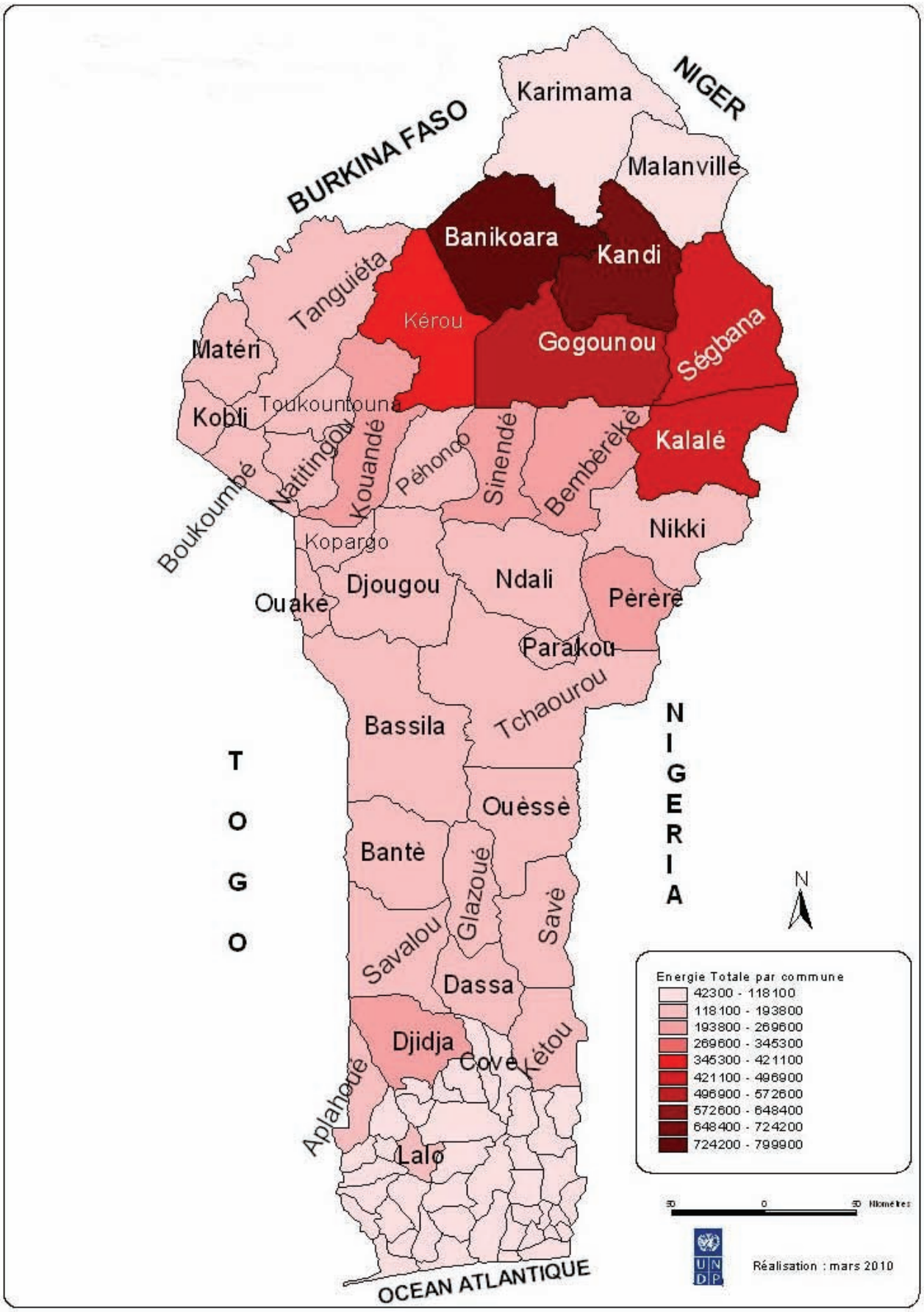


Figure n°21 : Potentiel d'énergie productible par les résidus agricoles campagne 2007-2008

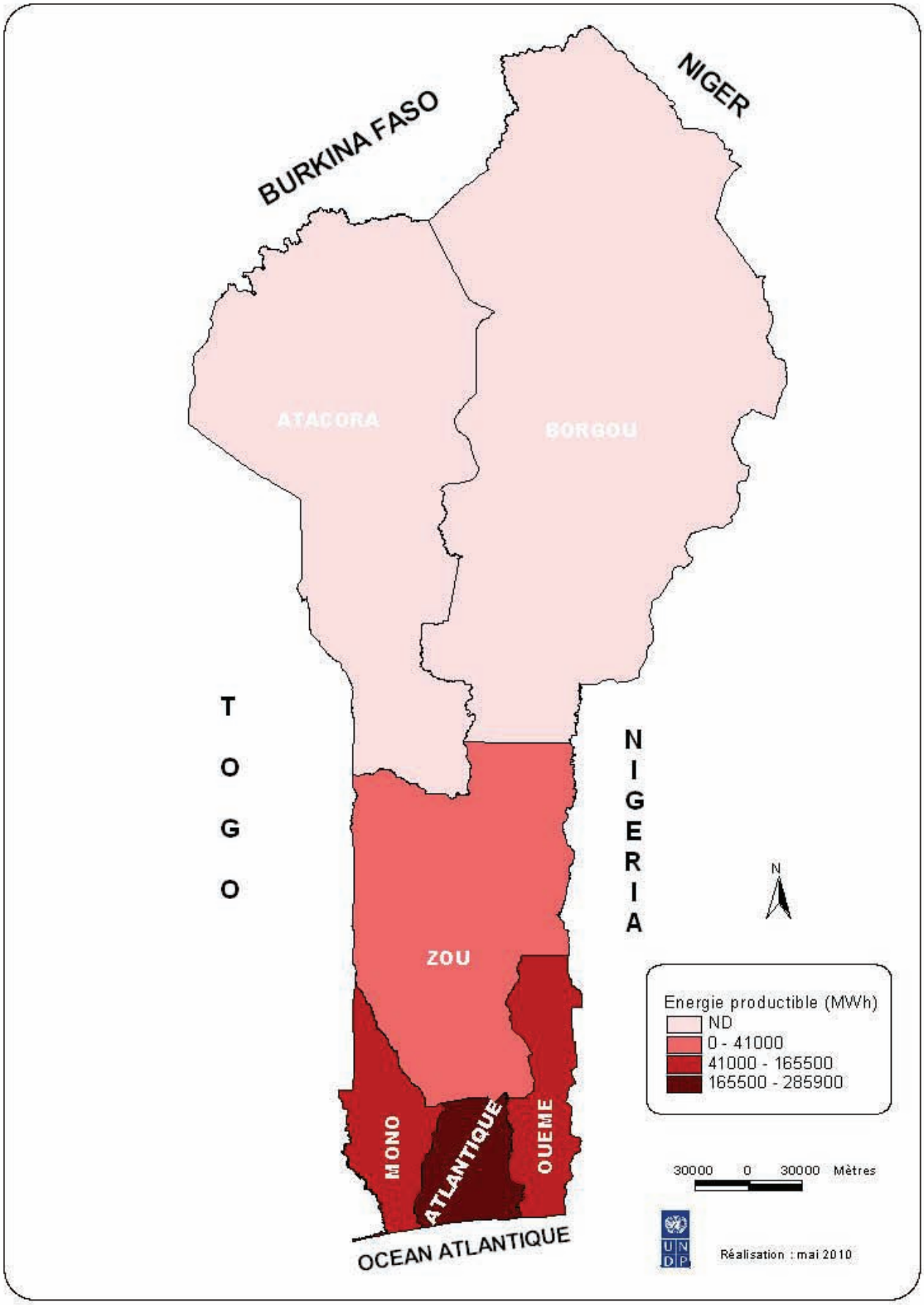


Figure n° 22 : Energie productible par les résidus de palmiers à huile en MWh (2006)

L'utilisation des tableaux référencés dans les annuaires de production agricole et les tableaux qui définissent les taux des déchets par culture agricole nous donnent les valeurs contenues dans les tableaux n°10 et n° 11.

Tableau n° 10 : ESTIMATION DU POTENTIEL DES RESIDUS AGRICOLES ET DU PRODUCTIBLE POUR L'ANNEE 2010

Types de produits	Production Moyenne (tonnes)	Déchets ou sous produits	Ratio déchet / produit	Quantité de déchet disponible (tonnes)	Pouvoir calorifique (kcal/kg)	Energie disponible	Potentiel d'électricité disponible
						(tep)	(MWh)
Maïs (local)	981 065	Raffles	1	981064,5	3500	3 433 725 750,00	3991706
		Tiges et feuille	3	2943193,5	2500	7 357 983 750,00	8553656
Riz	115 780 681	Balles	1	115780681	3000	347 342 043 000,00	403785125
		Paille	0,25	28945170,25	2500	72 362 925 625,00	84121901
Petit mil	3 138	Tiges	2	6276,72	2500	15 691 800,00	18241
		Epis	0,5	1569,18	3500	5 492 130,00	6384
Sorgho	144 041	Tiges	2	288082	2500	720 205 000,00	837238
		Epis	0,5	72020,5	3500	252 071 750,00	293033
Coton	247 744	Tiges et Raffles	2,7	668908,8	4100	2 742 526 080,00	3188186
		Coques	0,3	74323,2	3900	289 860 480,00	30632
		Linter	1	247744	3500	867 104 000,00	1008008
Total							505834114

Tableau n°11: ESTIMATION DU POTENTIEL DES RESIDUS AGRICOLES ET DU PRODUCTIBLE POUR L'ANNEE 2015

Types de produits	Production MOYENNE (tonnes)	Déchets ou sous produits	Ratio déchet / produit	Quantité de déchet disponible (tonnes)	Pouvoir calorifique (kcal/kg)	Energie disponible	Potentiel d'électricité disponible
						(tep)	(MHh)
Maïs (local)	23 772 807	Raffles	1	23772806,8	3500	83 204 823 800,00	96725607
		Tiges et feuille	3	71318420,4	2500	178 296 051 000,00	207269159
Riz	115 780 685	Balles	1	115780685	3000	347 342 055 000,00	403785139
		Paille	0,25	28945171,25	2500	72 362 928 125,00	84121904

Petit mil	12 346	Tiges	2	24692	2500	61 730 000,00	71761
		Epis	0,5	6173	3500	21 605 500,00	25116
Sorgho	152 893	Tiges	2	305786	2500	764 465 000,00	888690
		Epis	0,5	76446,5	3500	267 562 750,00	3110417
Coton	266 497	Tiges et Raffles	2,7	719540,82	4100	2 950 117 362,00	3429511
		Coques	0,3	79948,98	3900	311 801 022,00	362468
		Linter	1	266496,6	3500	932 738 100,00	1084308
TOTAL							1008118126

2.4.3 du potentiel en énergie solaire photovoltaïque

L'énergie photovoltaïque résulte de la transformation directe de la lumière du soleil en énergie électrique au moyen de cellules généralement à base de silicium. Pour obtenir une puissance suffisante, les cellules sont reliées entre elles et constituent le module ou panneau solaire.

Les panneaux solaires sont ensuite posés et orientés de manière à capter le maximum d'ensoleillement tout le long de l'année.

Il existe différentes technologies solaires suivant le type de silicium utilisé. Au regard des données mentionnées dans le point 5.2 de ce document, on peut dire que ce potentiel varie du nord au sud. Le productible au sud représente 85,71% de celui du nord selon la figure n°12.

2.4.4 du potentiel en énergie éolienne

La ressource éolienne d'une région est, entre autres facteurs, fortement influencée par les variations de topographie et de types de surface de celle-ci. Ainsi, à moins que la topographie et le type de surface d'une région soient complètement homogènes, les observations recueillies par un seul mât de mesure permettent difficilement de déduire quelle est la ressource sur l'ensemble d'une région donnée. Pour éviter de devoir installer un grand nombre de mâts de mesure pour bien connaître l'influence des variations spatiales de topographie et de rugosité sur la ressource éolienne d'un domaine d'analyse donnée, ce qui serait très coûteux et fastidieux. L'industrie de l'éolien a recours à la modélisation numérique. Les modèles commerciaux de modélisation de la ressource éolienne les plus répandus dans l'industrie de l'éolien sont fort probablement les modèles WAsP, WindMAP et Ms-Micro.

Les vitesses du vent du Sud au Nord à 40m, 50m et à 60m d'altitude, donne les résultats consignés dans les tableaux n°12 et n°13.

✓ Pour le facteur de cisaillement égal à 0,1 nous obtenons les valeurs mentionnées dans le tableau n° 12.

Tableau n°12: Potentiel éolien à différentes hauteurs avec α=0,1

Régions du pays \ Hauteur (m)		40	50	60	Courbe de Puissance (kW)	Energie * productible (kWh)
	Vitesse du vent à la hauteur de 12 m	Vitesses (m/s)				
Zone côtière	4	4,51	4,61	4,70	47,30	44501
	5	5,64	5,77	5,87	100,1	94703
	6	6,77	6,92	7,05	181,4	162561
Zou /Collines	2	2,26	2,31	2,35	-	-
	3	3,38	3,46	3,52	-	-
Atacora/Alibori	1	1,13	1,15	1,17	-	-
	2	2,26	2,31	2,35	-	-

✓ Pour le facteur de cisaillement égal à 0,4 nous obtenons les valeurs du tableau n° 13

Tableau n°13 : Potentiel éolien à différentes hauteurs avec α=0,4

Régions du pays \ Hauteur (m)		40	50	60	Courbe de Puissance (kW)	Energie productible (kWh)
	Vitesse du vent à la hauteur de 12 m	Vitesses (m/s)				
Zone côtière	4	6,47	7,08	7,61	181,40	162 561
	5	8,09	8,85	9,52	393,50	271 626
	6	9,71	10,62	11,42	643,20	285 666
Zou / Collines	2	3,24	3,54	3,81	13,20	11 471
	3	4,86	5,31	5,71	100,10	94 703
Atacora / Alibori	1	1,62	1,77	1,90	-	-
	2	3,24	3,54	3,81	13,20	11 471

Les cases non remplies sont celles pour lesquelles les vitesses des vents sont inférieures à 4m/s. Exemple : pour la même éolienne qu'en haut, l'énergie délivrée en un an serait de 2600×988 soit environ 2 567 000 kWh (2,57 GWh).

De plus, les couloirs des vents forts observés à Sèmè- Kpodji et à Grand-Popo peuvent être mieux explorés en vue de la particularisation de ces zones pour la production d'énergie éolienne.

Pour la production d'une même quantité d'énergie, il va falloir augmenter le nombre d'éolienne au nord du pays par rapport à ce qui serait installé au sud du pays.

Somme toute, les localités de la zone côtière n'ayant pas été retenues dans le cadre du programme d'électrification rurale en cours pourraient constituer une base de données pour la mise en valeur de cette source d'énergie.
Le tableau n°12 présente ces estimations

2.4.5 du potentiel en biogaz

L'addition du nombre des bovins qui séjournent dans chaque zone agro écologique montre que les zones n°1 à 5 sont favorables pour la production du biogaz domestique.

Ces zones ont chacune plus de 50 000 têtes de bovins qui y séjournent. La zone la plus recommandée est la zone n°2, avec un productible de 180 MWh, tandis que la zone n°1 est celle où séjournent moins de bovins. Les zones n°6 à 8 ont aussi un potentiel qui peut être exploité par endroits, selon les lieux d'entrepôt des bovins (cf tableau n°14).

Tableau n° 14 : Estimation du potentiel en biogaz par zone agro écologique [5]

Potentiels bovin et énergétique / Zone agro-écologique	Effectif de bovin	Potentiel en biogaz m^3 /zone	Potentiel en énergie électrique MWh/zone
1	71 230	256 428	32,053
2	400 073	1 440 262	180,032
3	264 359	951 692	118,961
4	197 743	711 874	88,984
5	158 253	569 710	71,213
6	48560	174 816	21,852
7	2673	9 622	1,202
8	4455	16 038	2,004

En désagrégeant ces données au niveau communal, nous obtenons les statistiques représentées sur la figure n° 23. La figure n° 24 représente le nombre de tête de bovins par habitant. Une partie des résidus agricoles pourrait être utilisée pour produire du biogaz. La quantité à utiliser à cet effet pourrait être définie en fonction des utilisations concurrentielles locales.

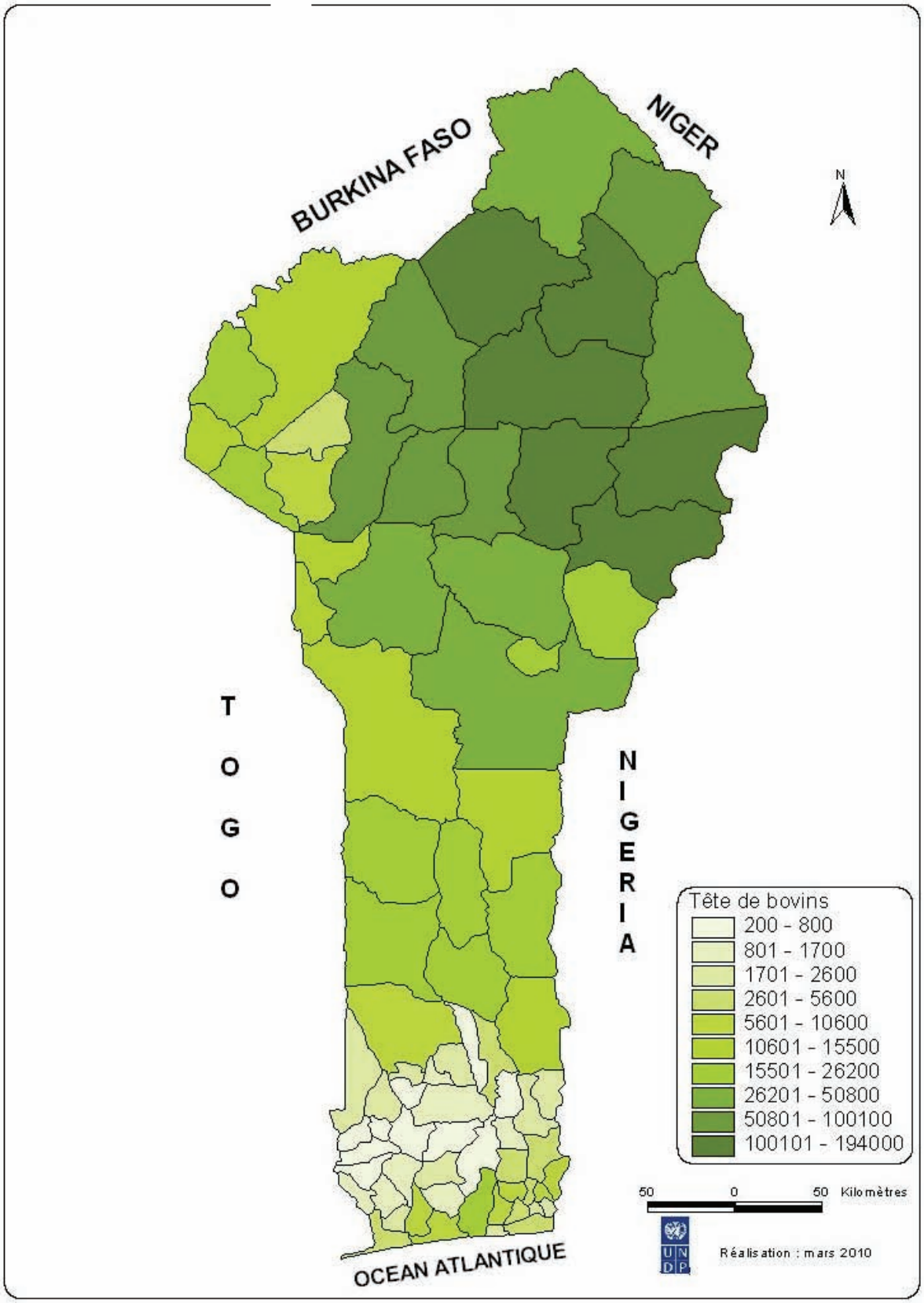


Figure 23 : Etat du cheptel par commune [5]

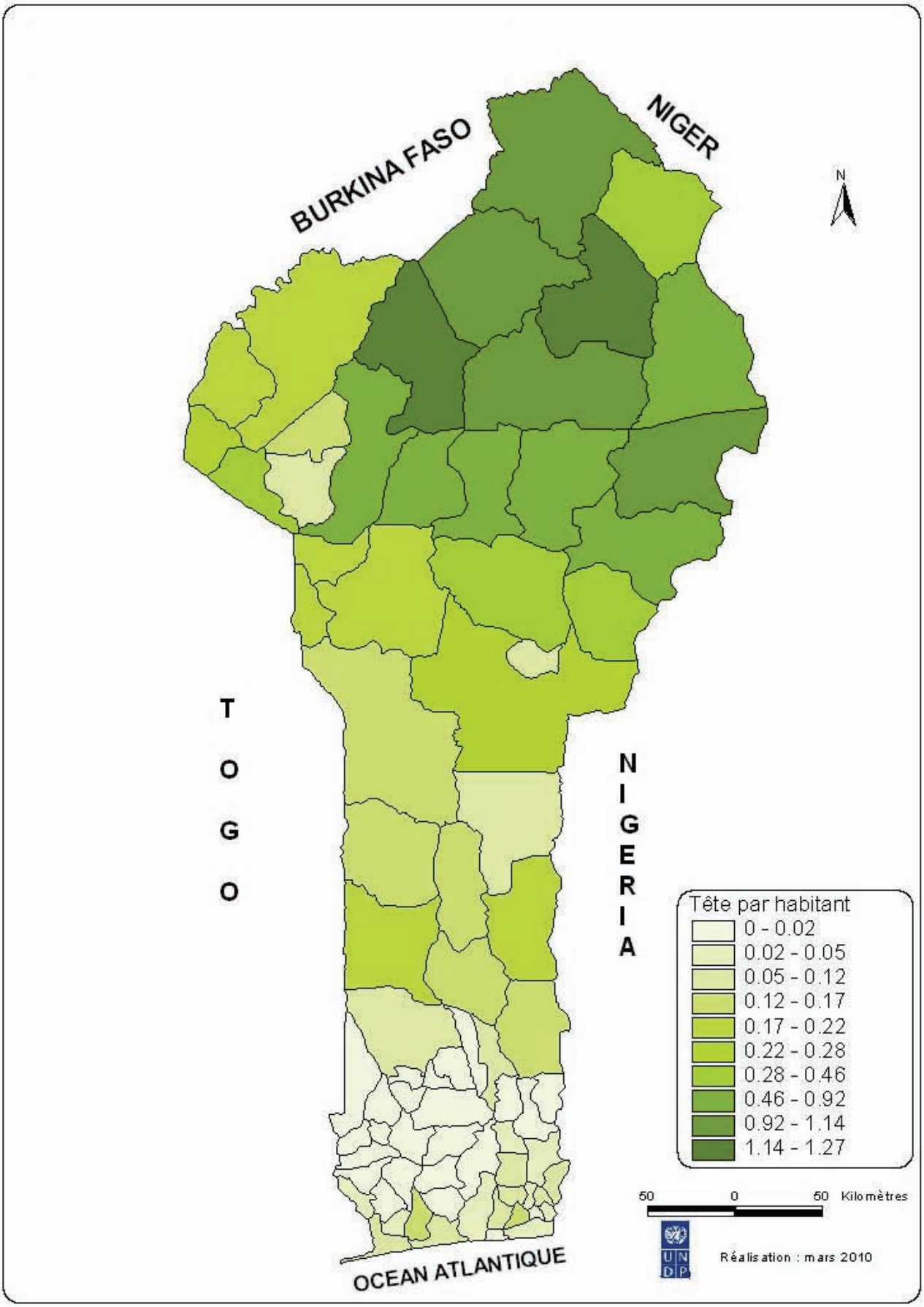


Figure n° 24 : Nombre de tête de bovins par habitant et par commune

2.4.6 du potentiel en biocarburants

Les biocarburants sont jusque là peu utilisés pour la production des services énergétiques. Cette tendance peut être inversée dans un futur proche, car le Bénin dispose d'atouts considérables pour le développement des biocarburants. Il s'agit de :

a. la disponibilité en terres agricoles:

La Potentialité en terres cultivables au Bénin est évaluée à 8.300.000 ha au moins, et les besoins en terres cultivables pour produire les biocarburants en vue : environ 500.000 ha à l'horizon 2020, soit approximativement 6% des terres cultivables disponibles actuellement. La grande partie de ces terres est localisée au Nord et au centre du pays, soit dans les zones agroéologiques 1-5.

Ces besoins en terres cultivables (500.000 ha) sont évalués sur la base d'une production de 1150 millions de litres d'éthanol /an et 207 millions de litres de biodiesel à l'horizon 2020, corrspondant à un scénario de 10% de mélange dans le secteur des transports et 15% de substitution dans le secteur des ménages.

b. la forte volonté politique au plus haut niveau;

c. du grand intérêt des populations et de plusieurs ONG pour

- ✓ le dévelopement de la production et de l'utilisation locale de biodiesel.
- ✓ l'intérêt de plus en plus manifesté par différents promoteurs pour investir au Bénin, dans ce domaine.

Le Bénin peut facilement augmenter ses besoins en terres cultivables pour produire des biocarburants en vue de fournir de l'électricité à ces populations surtout dans le nord du pays, où les localités sont distantes les unes des autres. Ce potentiel peut être estimé sur la base des superficies totales et du taux d'occupation des sols. A partir de ces deux données, on peut calculer la surface disponible pour accueillir les plantations de biocarburants. Les surfaces de chaque département ains que les taux d'occupation sont mentionnés sur la figure n° 25. **[3]**

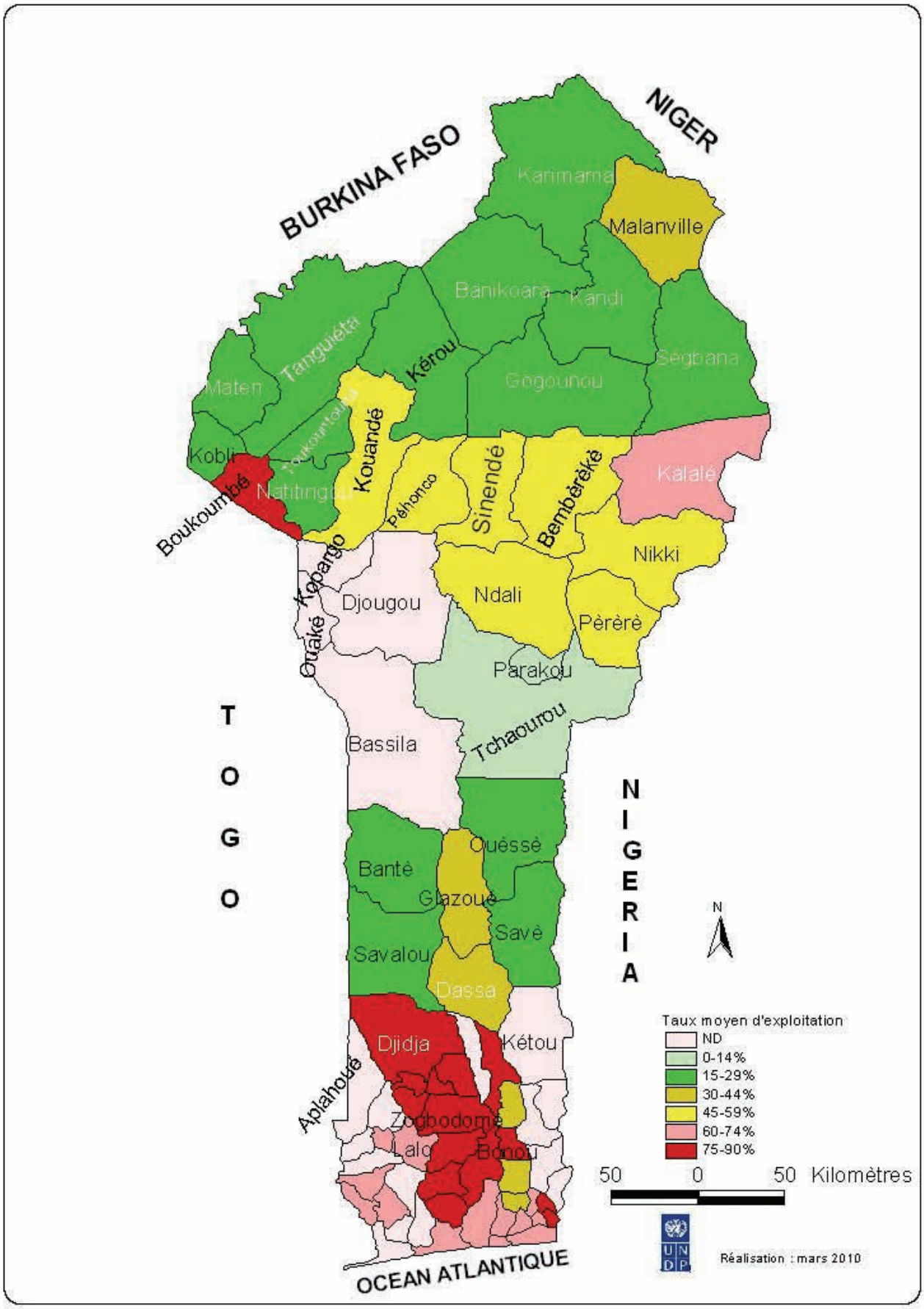


Figure n°25: Carte du taux d'occupation des terres cultivables [12]

Chapitre 3 : Analyse et interprétation des résultats

Cette analyse consiste à rassembler tous les résultats des estimations faites plus haut en vue de leur représentation et de leur étude. Ce travail nous a amené à réaliser les figures n°26 à 28.

La figure n°26 représente les massifs forestiers existants et les sites potentiels d'aménagement de Micro Centrale Hydro électrique (MCH) retenus par le PNUD et le Cabinet Tecsult. Mais de manière générale, on y observe une forte concentration des sites MCH de puissance inférieure à 1000 kW au nord-ouest où il n'y a pas de massifs forestiers autre que le parc de la Pendjari et au centre du pays. Les sites de capacités comprises entre 1000 et 2000 kW sont plutôt concentrés au centre tandis que les sites de capacités supérieures à 2000 kW se retrouvent au nord-est, où sont localisés les massifs forestiers, en dehors des départements de la Donga, des Collines et du Zou.

La figure n°27 représente l'abondance des résidus agricoles et des sites de MCH dans les communes. De cette représentation on peut dire que la zone n° 2, suivie de la zone n° 3 sont les zones qui génèrent plus de résidus agricoles. Les zones n° 4, 5 et 6 génèrent des quantités de résidus faibles tandis que les zones n°7 et 8 génèrent de très faibles quantités en résidus agricoles.
La figure n° 28 représente les possibilités d'exploiter l'énergie éolienne et l'énergie solaire en vue de la production d'électricité. De cette figure, il est aisé de constater que l'énergie solaire à grande échelle est plus recommandée pour le nord alors que l'énergie éolienne est plus recommandée pour la zone côtière.

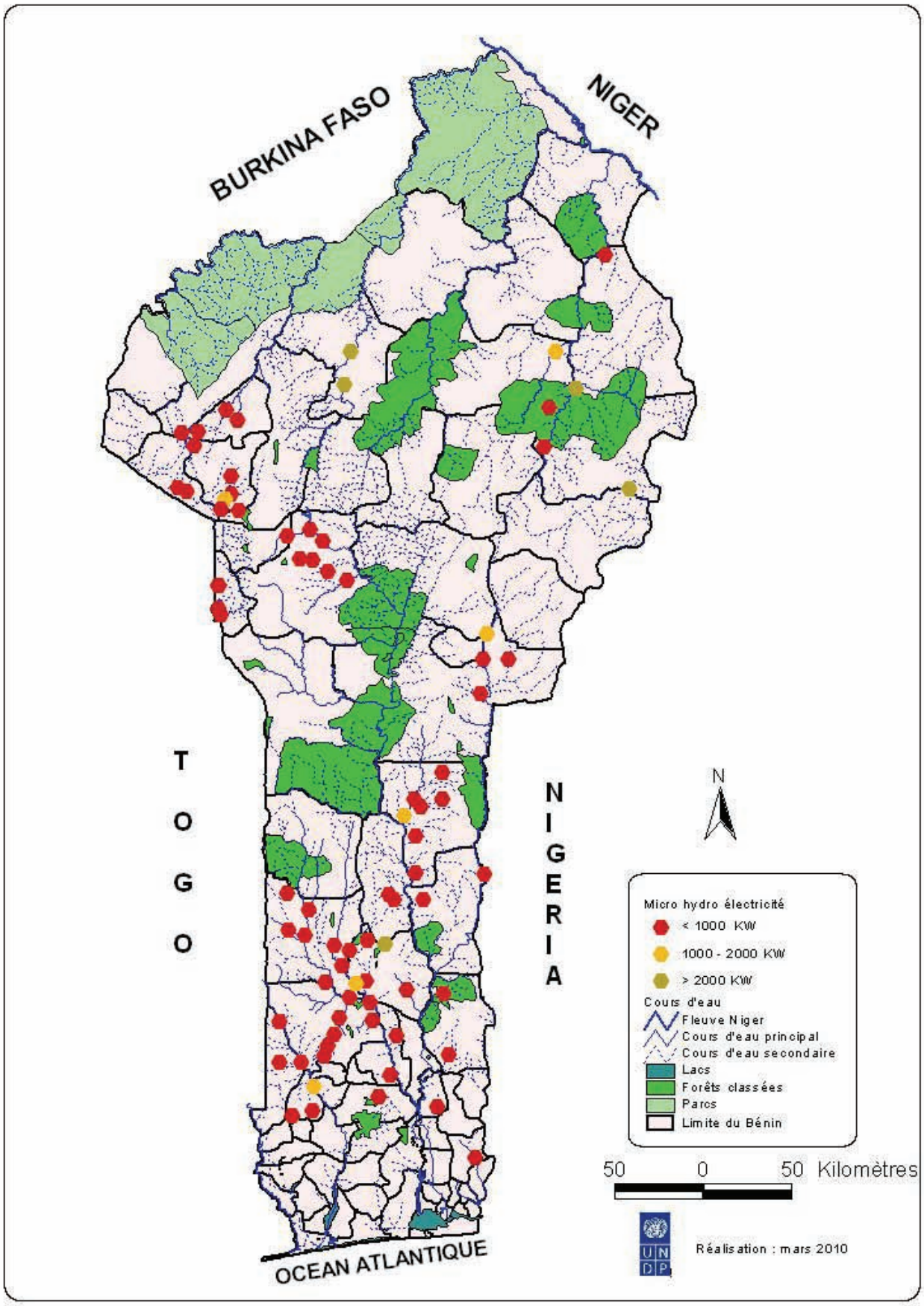


Figure n°26: Positionnement des sites de Micro Centrale Hydroélectrique (MCH) par rapport aux massifs forestiers. [12]

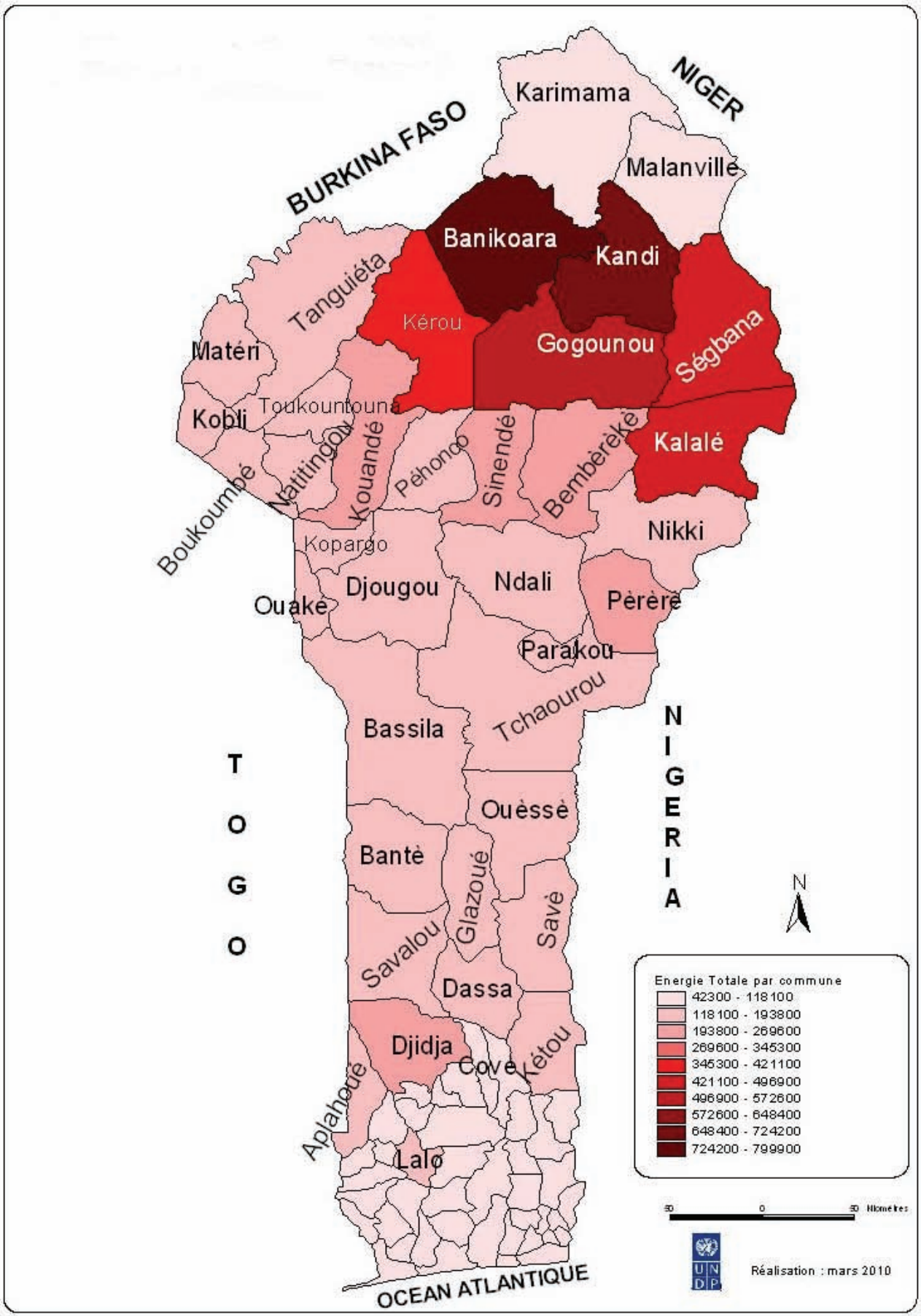


Figure n°27 : Cartographie des potentiels en résidus agricoles par commune

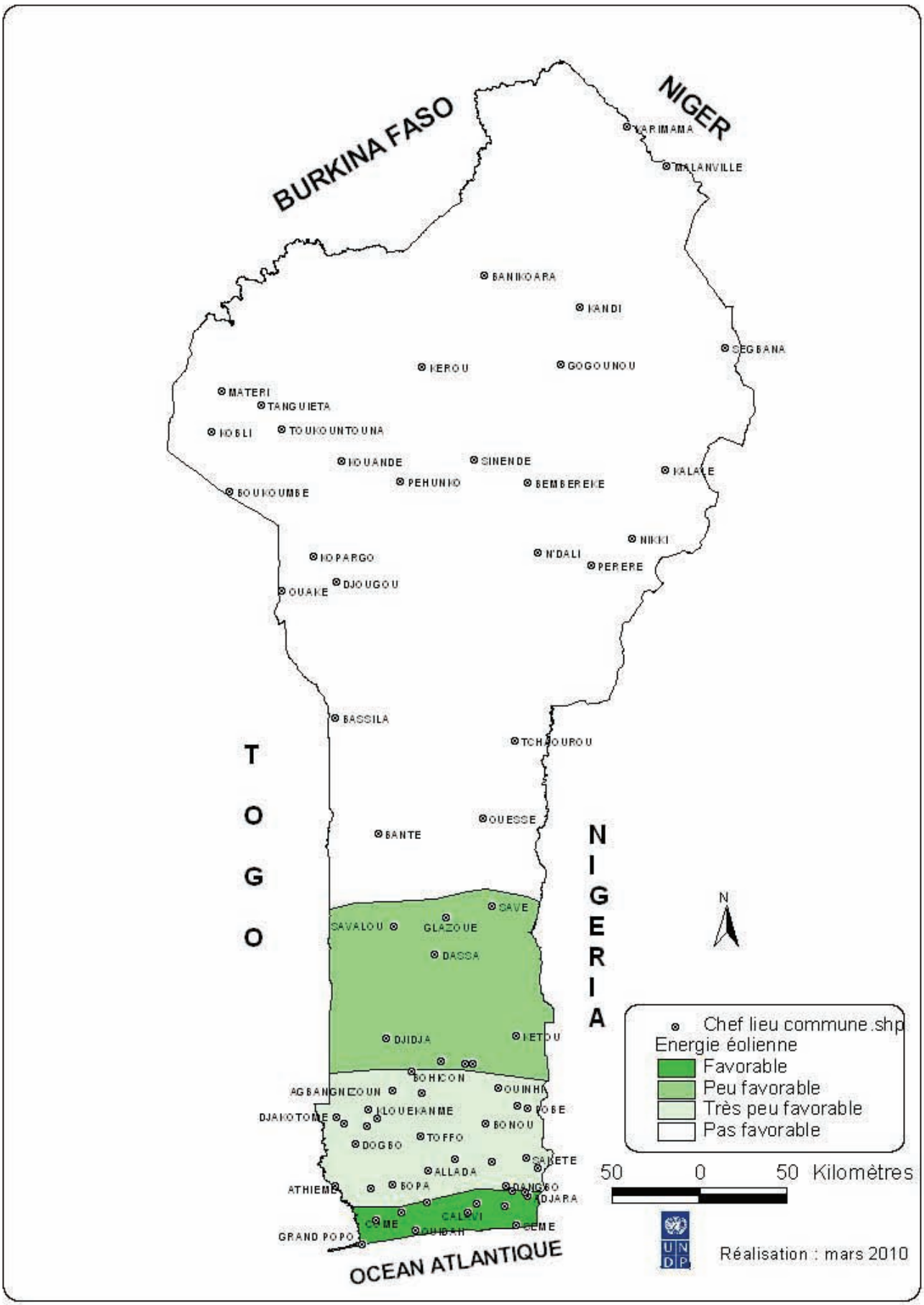


Figure n°28 : Possibilités de valorisation de l'énergie éolienne

3.1 Présentation, analyse et interprétation des résultats d'enquête

La mission sur le terrain a permis de collecter les données telles que la taille des ménages, les sources d'énergie utilisées pour l'éclairage, les cultures pratiquées ainsi que les utilisations faites des résidus agricoles, les différentes sources de revenus et les habitudes avec les institutions de micro finance. Les résultats de cette mission sont mentionnés dans les tableaux n°15 et n°16. Les communes de Parakou et de Djougou ont été choisies compte tenu de leur plan d'approvisionnement en bois énergie, selon lequel les lieux d'approvisionnement s'éloignent de plus en plus des centre- villes. La Communes de Djidja a été choisie compte tenu de sa forte production agricole qui pourrait générer des résidus agricoles valorisables dans le cadre des besoins énergétiques.

Les résultats de la collecte des données dans les communes de Parakou et Djougou sont en annexe n° 8. De ces résultats on peut retenir qu'à Djidja 53% utilisent du pétrole pour l'éclairage, tandis que 33% sont connectés au réseau de la SBEE. Le reste (14%) utilise des piles pour l'éclairage. Dans cette localité 73% des ménages d'agro éleveurs laissent leurs résidus agricoles sur place pendant que 13% brûlent ces résidus au champ après ramassage. 47% des ménages ont des revenus mensuels supérieurs à 100 000 FCFA, tandis que 33% d'eux ont souscrit à une tontine.

A Djougou et à Parakou les tendances sont plutôt moroses. 23% utilisent du pétrole pour l'éclairage, 23% ont leur groupe électrogène, 20% sont connectés au réseau de la SBEE tandis que 27 % utilisent les piles pour leur éclairage. 47% ont des revenus mensuels compris entre 31000 et 100 000 FCFA et seulement 30% ont des revenus mensuels supérieurs à 100 000 FCFA. Vingt six (26%) sont abonnés à une institution de micro finance pendant que 13% ont souscrit à une tontine.

Résultats des enquêtes de terrain
Commune de Djidja
Arrondissement de Djidja

Tableau n°15-a : Source d'Energie utilisée

Source d'énergie / Caractéristiques	Pétrole	Connexion au réseau électrique	Groupe électrogène	Panneau Solaire	Batterie	Piles	Autres	Total
Effectif	16	10	00	00	00	4	0	30
Pourcentage %	53,33	33,34	00	00	00	13,34	0	100

Tableau n° 15-b : Utilisation faite des résidus agricoles

Utilisation / Caractéristiques	Bruler	Laisser sur place	Alimenter les bêtes	Stocker comme combustibles	Autres	Total
Effectif	7	22	1			30
Pourcentage %	23,34	73,33	3,33	00	00	100

Tableau n° 15-c : Source de revenu des ménages

Sources de Revenus / Caractéristiques	Moins de 30 000	31 000 à 100 000	Plus de 100 000	Total
Effectif	3	13	14	30
Pourcentage%	10	43,33	46,66	100

Tableau n° 15-d: Acquisition de crédit

Possibilités de crédits / Caractéris Tiques	Abonnement à une institution de micro-finance	Non Abonnée	Total	Pratique	Ceux qui ne pratiquent pas	Total
Effectif	6	24	30	10	20	30
Pourcentage%	20%	80%	100%	33,33%	66 ,67	100%

Résultats des enquêtes de terrain
Commune de Djougou et Parakou
Arrondissements de Djougou et Parakou

Tableau n° 16-a : Source d'Energie utilisée

Source d'énergie / Caractéristiques	Pétrole	Connexion au réseau électrique	Groupe électrogène	Panneau Solaire	Batterie	Piles	Autres	Total
Effectif	7	6	7	0	0	8	2	30
Pourcentage%	23,33	20	23,33	0	0	26,67	6,67	100

Tableau n° 16-b : Source de revenu des ménages

Sources de Revenus / Caractéristiques	Moins de 30 000	31 000 à 100 000	Plus de 100 000	Total
Effectif	7	14	9	30
Pourcentage%	23,33	46,66	30	100

Tableau n° 16-c: Acquisition de crédit

Possibilités de crédits / Caractéris Tiques	Abonnement à une institution de micro-fiance	Non Abonnée	Souscription à une tontine	Pas de souscription à une tontine	Total
Effectif	8	12	4	6	30
Pourcentage%	26,67	40	13,33	20	100

De ces figures et tableaux on peut faire les observations suivantes :

- Les zones agro écologiques 6, 7 et 8 sont les zones qui disposent le moins de sites pour l'aménagement des MCH, la zone n°6 abrite 5 sites tandis que les zones n° 7 et 8 abritent chacune un site ;
- Les zones agro écologiques 4 et 5 sont les zones qui habitent la majorité des sites retenus et dont les puissances sont inférieures à 1000 KW.
- La zone agro écologique 3 est la zone qui ne dispose pas d'assez de sites de MCH, mais elle est la zone, où les résidus agricoles pourraient être valorisés en vue de la production d'électricité ;
- La zone agro écologique cotonnière n° 2 est la zone la plus productrice de résidus agricoles par habitant et dispose de sites sur le Mekrou et la Sota.
- La zone agro écologique n°1 ne possède aucun site pour l'aménagement hydro électrique, car le parc de la Pendjari occupe une grande partie de cette zone. En dehors du parc, la grande partie restante est occupée par la commune de Malanville et le long du fleuve Niger est considéré comme une zone rizicole. Les études réalisées dans cette zone en vue de la valorisation énergétique des résidus de la culture de riz ont démontré que cela n'est pas possible, car ces résidus sont utilisés pour nourrir les animaux.
- Les zones agro écologiques n°1 à 5 offrent de grands atouts pour la production du biogaz domestique, car plus de 5/6 du cheptel en bovins y résident et appartiennent à des agro éleveurs ou à des éleveurs plus ou moins sédentaires, qui peut servir d'énergie pour l'éclairage et de substitution au bois énergie. Les zones agro écologiques n° 7 et 8 offrent aussi cette possibilité, mais avec la jacinthe d'eau et les déjections porcines et les fientes de volailles.
- L'énergie solaire photovoltaïque peut être valorisée à grande échelle au nord où les taux d'irradiation sont très élevés. Cette source d'énergie peut être valorisée au centre du pays où les taux d'irradiation sont moyens (4-5kWh/m^2.j) par l'implantation des kits personnels.
- La valorisation de l'énergie éolienne, qui n'est profitable (v>11m/s à 60 m de haut) qu'à la bande côtière peut être entreprise.

La figure n°29 et le tableau n°17 font le récapitulatif des observations et montre une classification de la valorisation des énergies renouvelables par priorité et par zone agro écologique.

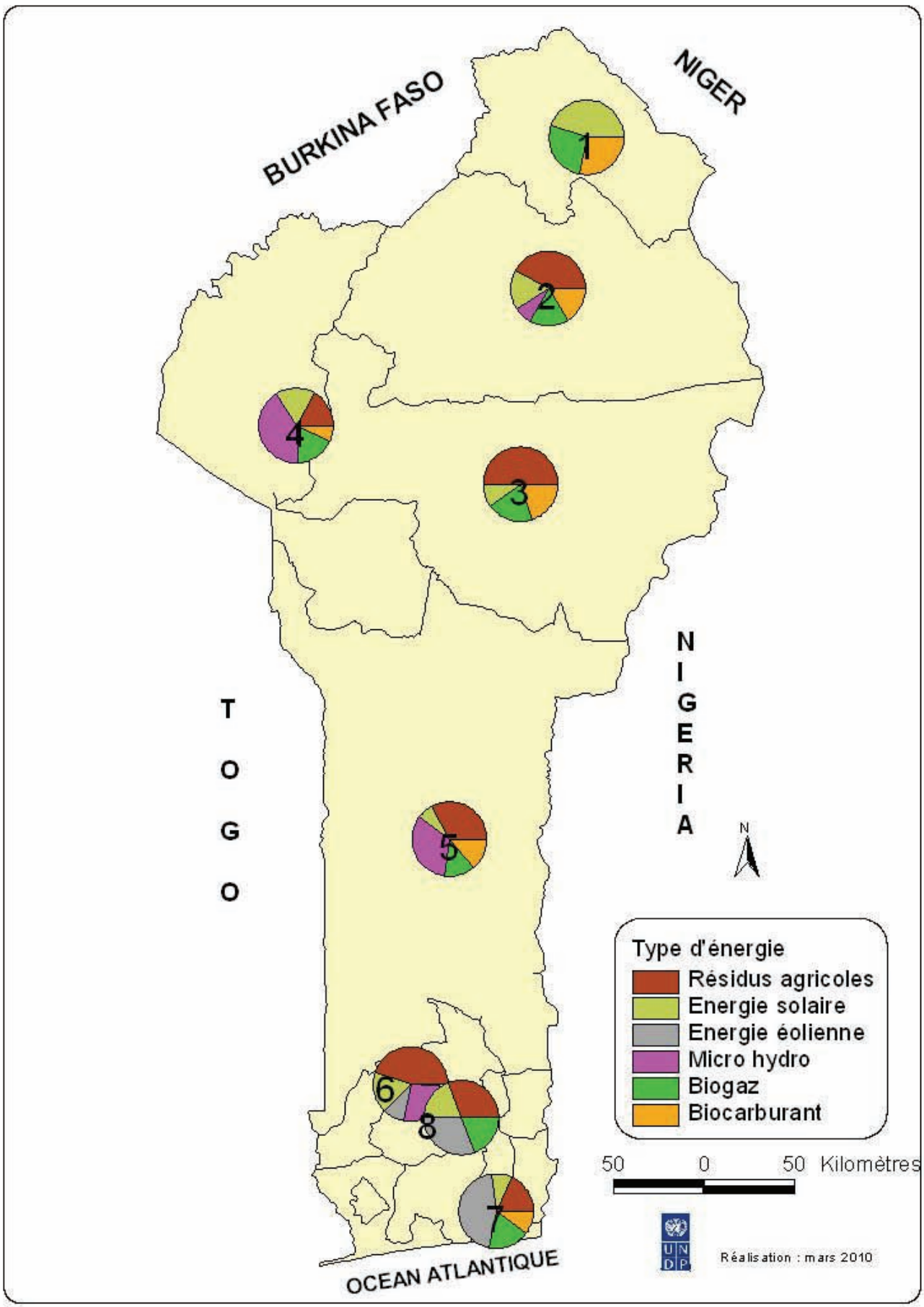


Figure n°29 : Classement des ENR par abondance et par zone agro écologique

Tableau n°17 : Priorités de valorisation des énergies renouvelables par zone agro écologique

Source d'ENR Zone / Agro Ecologique	Résidus agricoles	Energie solaire photovoltaïque	Energie éolienne	MCH	Biogaz	Biocarburants
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

Légende: 1ère place 2ème place 3ème place 4ème place

Chapitre 4 : Propositions et suggestions sur les possibilités de développement des sources d'énergies renouvelables au Bénin

4.1 Choix des technologies d'exploitation par zone agro écologique

A°) Technologies de valorisation de la biomasse

Tableau n°18 : Type de biomasse et processus de conversion adéquat

Types de biomasses		Processus de conversion	Produit	Emploi
Matériaux ligneux	Déchets forestiers Cultures énergétiques	Combustion	Chaleur	Chauffage Energie électrique
Purins zootechniques	Déchets d'élevage	Digestion anaérobie	Biogaz	Chauffage Energie électrique
Plantes oléagineuses	Pourghère (jatropha), Ricin	Estérification	Biodiésel	Moteur Diésel
Plante à sucre	Sorgho sucrier Canne à sucre	Fermentation	Bioéthanol	Moteur à essence

Ces transformations mentionnées sur le tableau n° 18 peuvent être classées en deux grands groupes : La transformation biochimique et la transformation thermochimique. La figure ci-dessous donne un aperçu pour cette classification.

- **le procédé biochimique** met en jeu des processus microbiologiques qui ont pour effet de dégrader la matière végétale. On distingue la fermentation méthanique, la fermentation alcoolique et la fermentation acéto- butylique

- **le procédé thermochimique** est adapté à la biomasse sèche et recouvre trois types de techniques de conversion: la combustion, la carbonisation et la gazéification. Il ressort donc que la valorisation énergétique des résidus agricoles est assurée par la voie thermochimique (pyrolyse, combustion, et gazéification).

Ces procédés sont représentés sur la figure n°30.

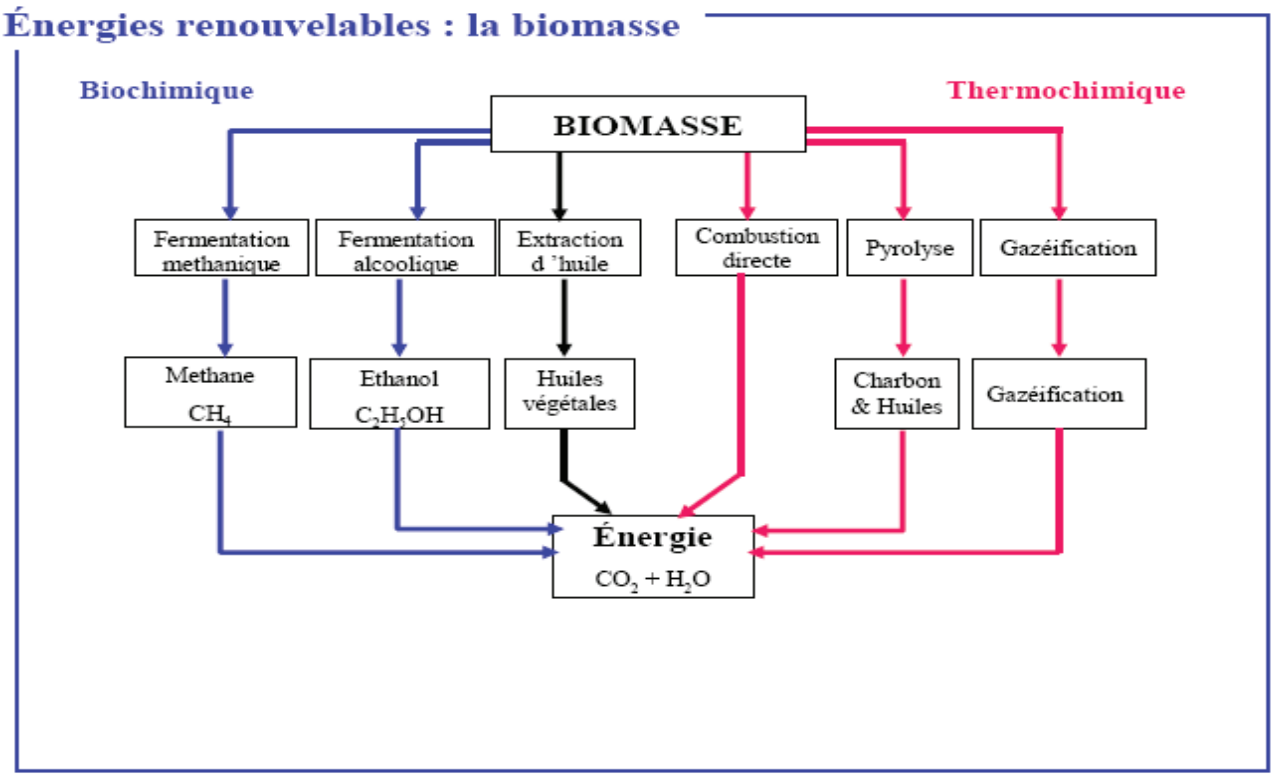


Figure N°30 : Classification des procédés de conversion de la biomasse [11]

Les schémas n°31 et n°32 présentent les procédés de gazéification et de la production d'électricité par la turbine à vapeur d'origine biomassique.

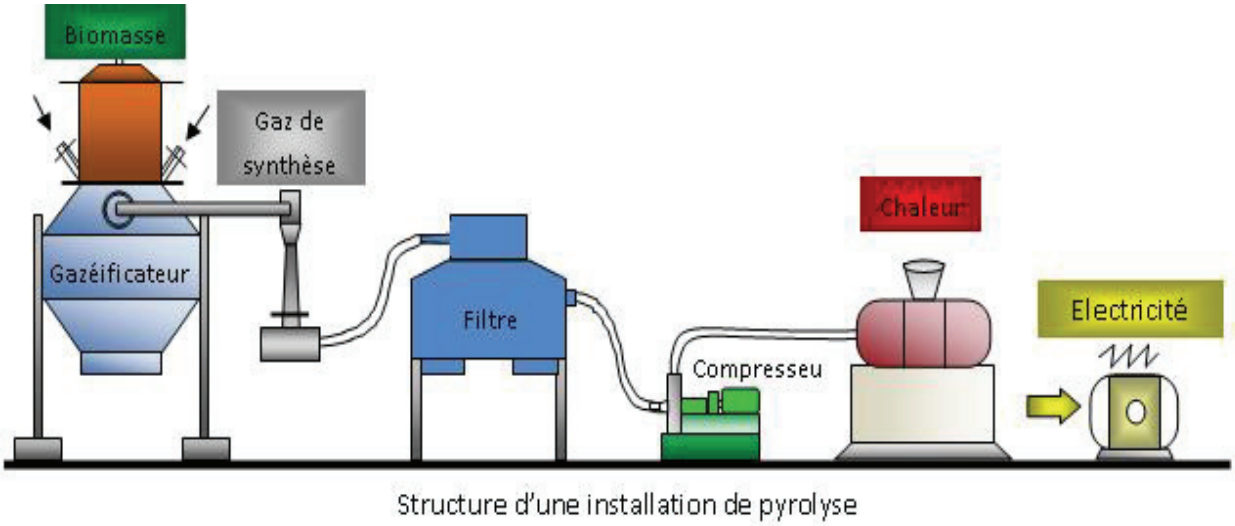


Figure n° 31 : Procédé de gazéification de la biomasse sèche [11]

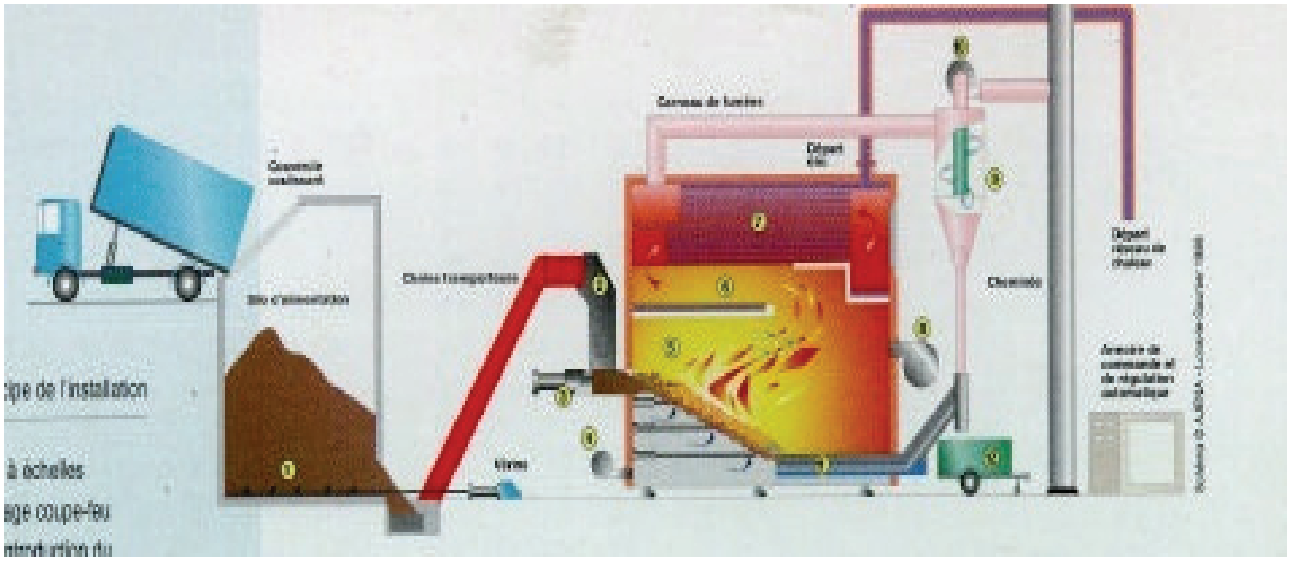


Figure n° 32 : Procédé de production d'électricité par la turbine à vapeur d'origine bio massique [11]

B°) Cas du solaire photovoltaïque

La figure n°33 montre le schéma de principe pour une unité du solaire photovoltaïque

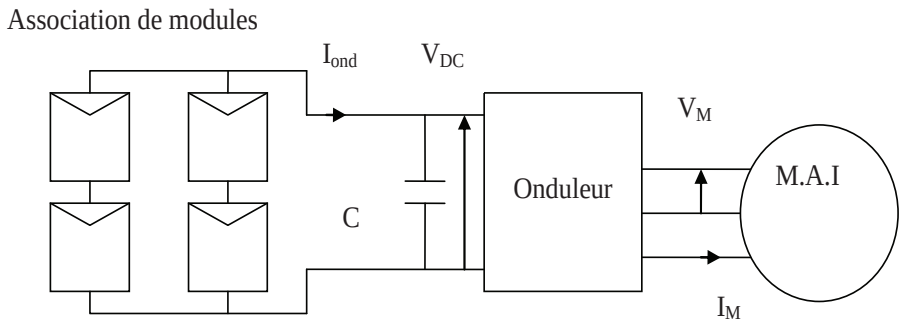


Figure n° 33 : Schéma de principe de fonctionnement d'un système solaire photovoltaïque

C°) Cas de l'énergie éolienne

Le schéma de fonctionnement d'un système éolien est représenté par la figure n°34

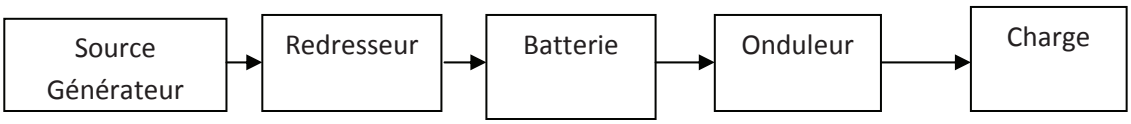


Figure n° 34 : Schéma de principe de fonctionnement d'un système éolien

D°) Cas de l'hydroélectricité

La figure n°35 représente le schéma de fonctionnement d'un système hydroélectrique

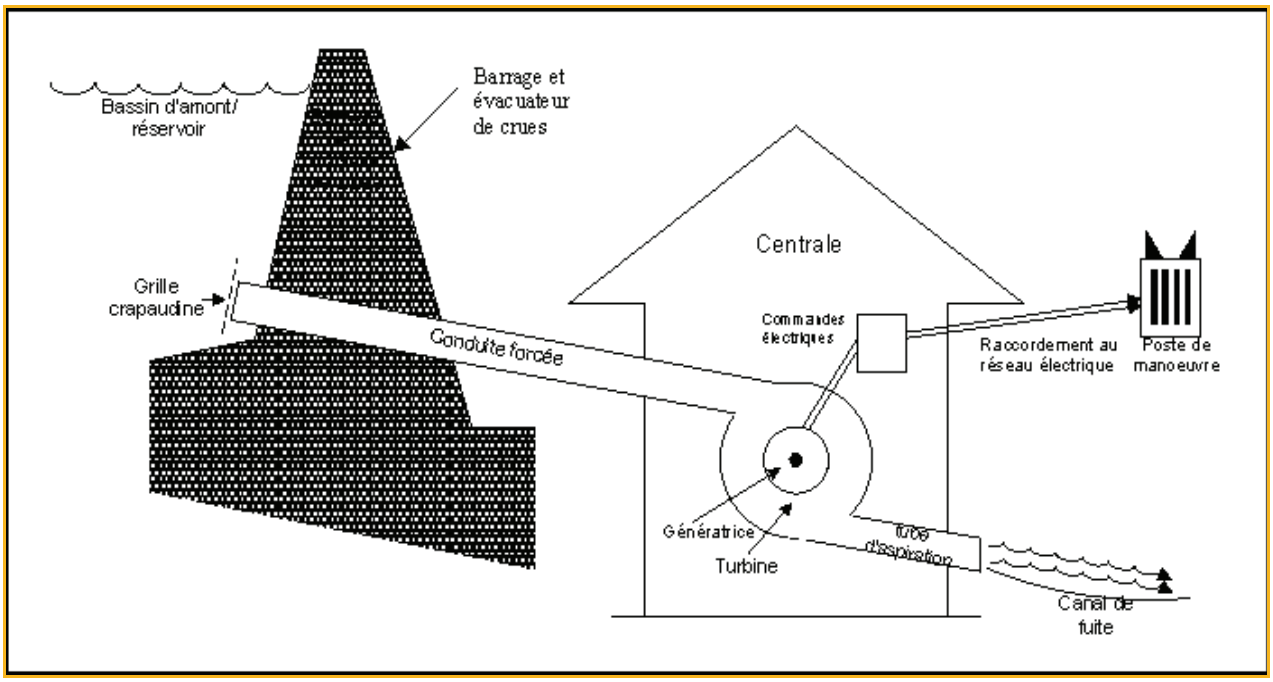


Figure n° 35 : Schéma de principe de fonctionnement d'un système hydroélectrique

4.2 Proposition de mécanismes de financement

Pour les mécanismes de financement pour lesquels les institutions de finances doivent intervenir, elles doivent:

- déterminer les crédits aux opérateurs à leurs propres risques, sur la base des dossiers techniques économiques et financiers présentés par les opérateurs et selon leurs normes de sécurité ;
- prendre les garanties nécessaires sur la solvabilité des emprunteurs, de vérifier leurs apports personnels ;
- accorder les crédits, de suivre et d'assurer les recouvrements selon leurs procédures ;
- assurer la gestion administrative des crédits sur la base des plans détaillés de financement retenu de commun accord avec l'ABERME ;
- rendre compte des opérations à l'ABERME ;
- pérenniser l'offre de produit financier au terme des opérations d'appuis financiers aux opérateurs.

Le rôle des institutions décentralisées de crédit et d'épargne sera :

Assurer l'intermédiation financière entre les opérateurs, les usagers et les banques commerciales parties prenantes en :

- captant à la source les flux de règlements des utilisateurs pour les drainer vers les banques ;
- effectuer à partir du compte courant de l'opérateur les prélèvements automatiques sur les

recettes d'exploitation au titre des remboursements des avances des crédits et des épargnes pour renouvellement des équipements, et les drainer vers les comptes bloqués ouverts au niveau des banques commerciales.

En prenant en compte ces critères, les schémas de financement représentés dans les figures n°36 à 37 peuvent être exploités.

Au cas où les institutions internationales veulent, compte tenu de leurs programmes d'actions, intervenir dans le milieu rural toute en respectant le programme d'électrification rurale et les conditions de pérennisation de leurs propres projets, le mécanisme pourrait se présenter comme ce qui est mentionné sur la figure n°38.

Au delà de ces possibilités de financement, il importe de prendre en compte les opportunités offertes par le Crédit Carbone au niveau international. Notons que le développement de la bioélectricité fait face à d'importantes barrières malgré son énorme potentiel. Ces barrières sont technologiques, financières et réglementaires.

La principale barrière technologique à l'utilisation de la biomasse pour produire de l'énergie est sa difficulté d'exploitation en l'état comme combustible. Elle nécessite généralement une première transformation permettant d'obtenir des combustibles plus usuels. Par exemple l'utilisation des tiges de coton nécessite d'abord une carbonisation.

L'utilisation de la biomasse pour alimenter des moteurs, des chaudières ou des turbines fait appel à des technologies (gazéification, la fluidisation, bio-méthanisation) qui ne sont pas toujours simples.

Aussi les projets éoliens et solaires offrent-il le même avantage environnemental permettant de bénéficier des crédits carbone pour le cofinancement.

Le **M**écanisme pour un **D**éveloppement **P**ropre **(MDP)**, en tant que instrument de coopération Nord/ Sud peut aider à lever cette barrière à travers l'élaboration et la mise en œuvre des projets éligibles à ce mécanisme et capables de générer des crédits carbone.

A l'investissement, le coût du **Mégawatt (MW)** de puissance installée coûte plus chère pour la production d'électricité à partir de la biomasse ou de l'éolienne qu'à partir d'installations thermiques classiques à base des produits pétroliers. Les pouvoirs publics et le secteur privé sont appelés à utiliser cet instrument efficace de développement et de lutte contre la pollution de l'environnement.

Les finances carbones font partie des opportunités pour une bonne rentabilité de ces types de projets.

Des revenus additionnels tirés de la vente de crédit de réduction d'émissions certifiés pourraient aider à réduire voire éliminer cet handicap.

A cet effet, le cadre institutionnel et réglementaire doit être approprié pour la production d'électricité par le secteur privé en définissant les coûts de cession de l'électricité produite par les équipements d'énergies renouvelables. Une telle action pourrait améliorer la part des énergies renouvelables dans les consommations finales d'énergie.

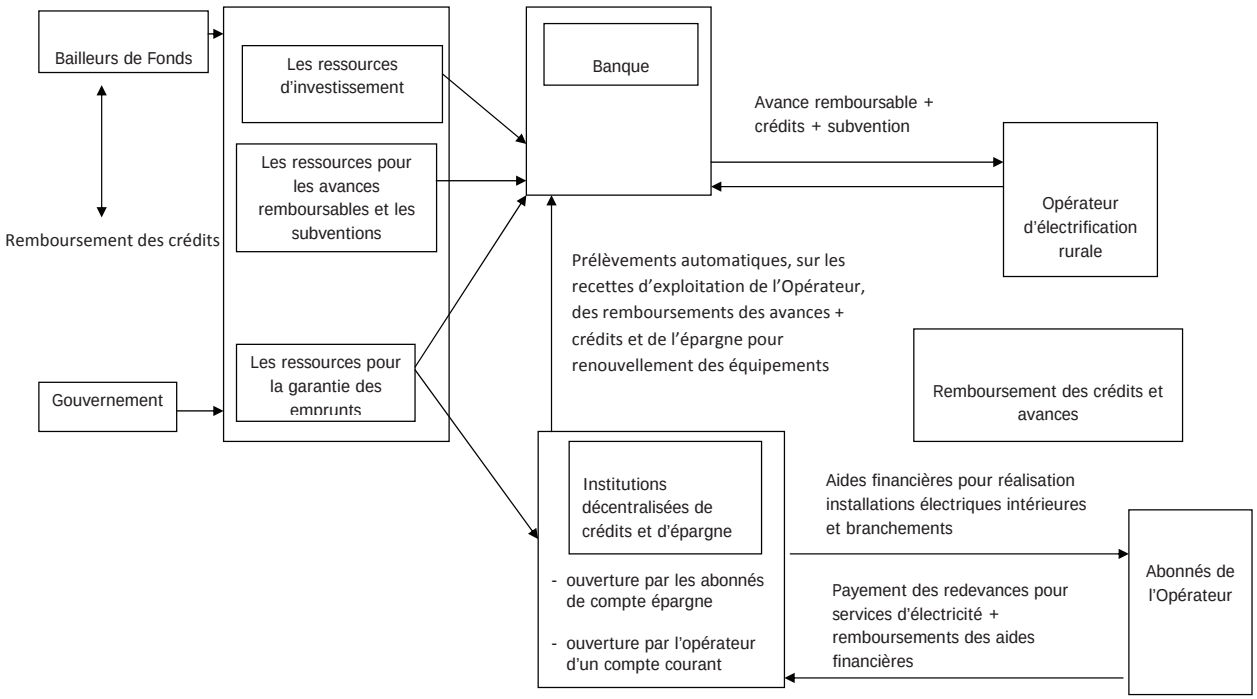


Figure n°36 : Le schéma du mécanisme de financement adopté par le Gouvernement [8]

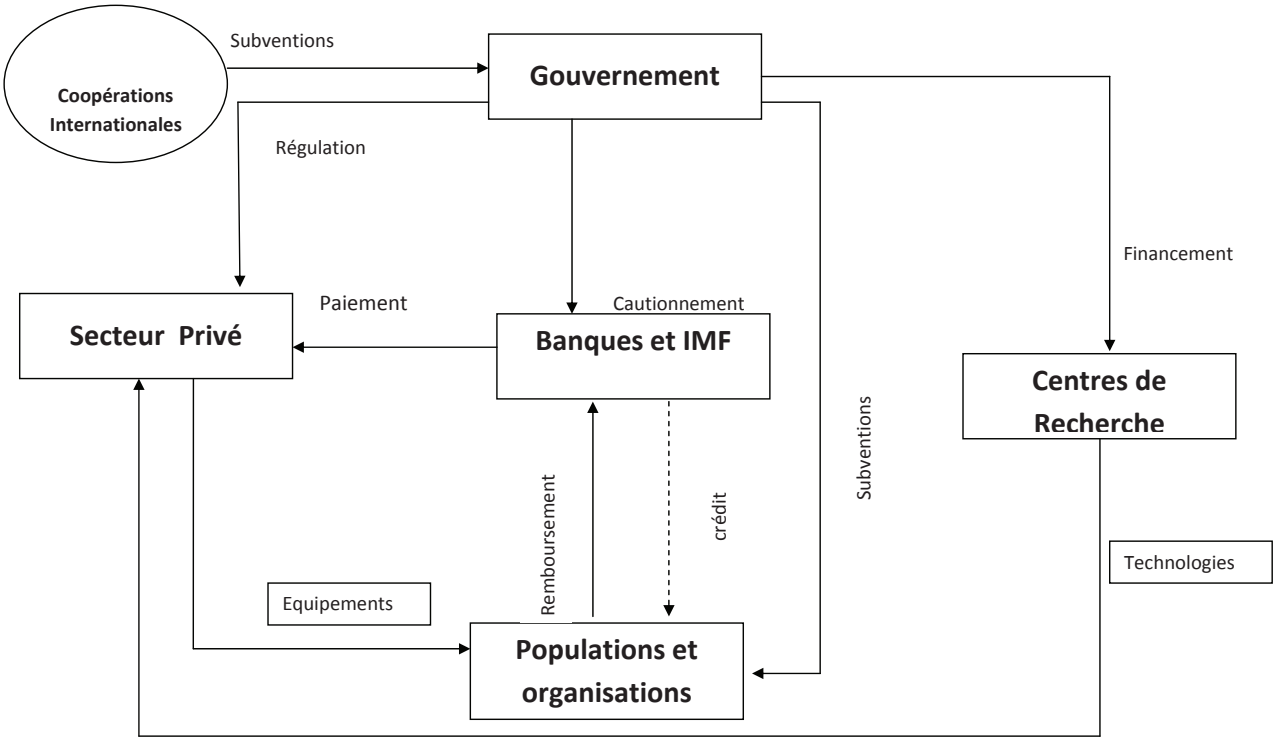


Figure n° 37 : Le schéma du mécanisme de financement avec l'intervention du Gouvernement

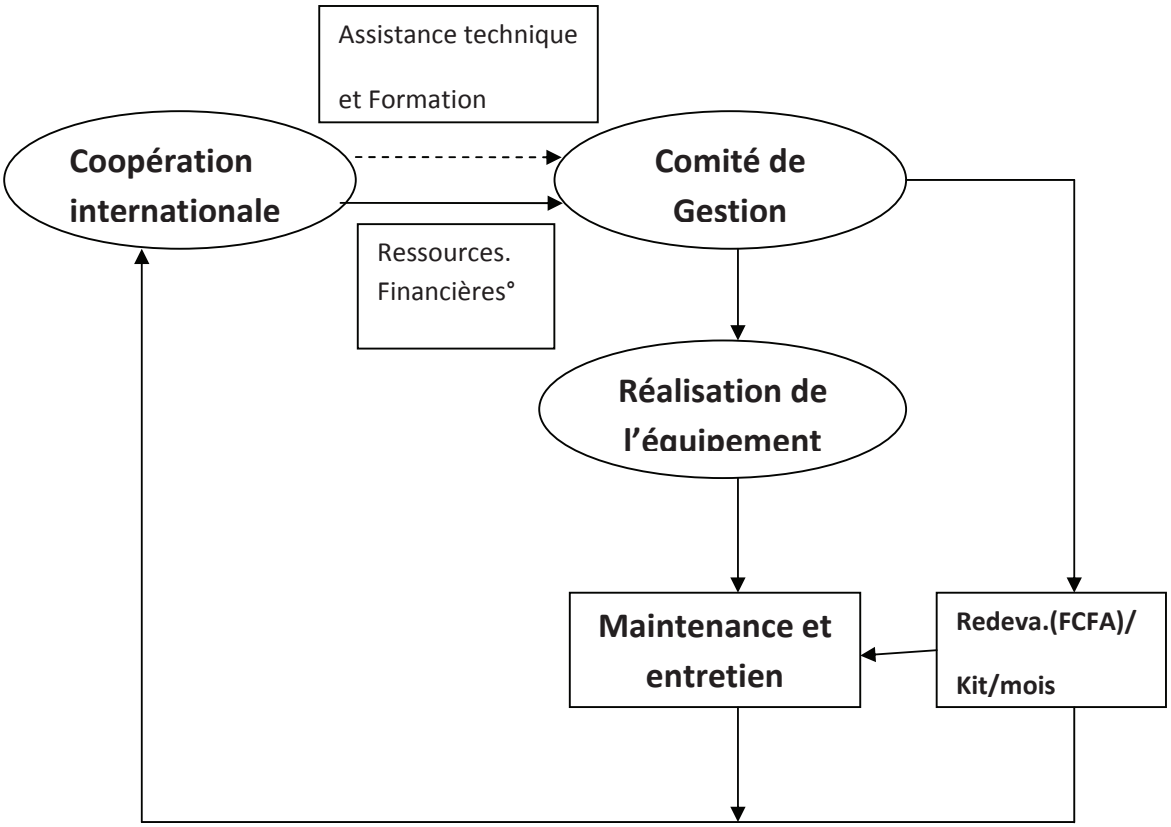


Figure n°38 : Le schéma du mécanisme de financement sans l'intervention du Gouvernement

En dehors de ces mécanismes de financement, qui sont envisagées pour alléger les charges financières liées à l'électrification des zones rurales et créer des conditions favorables à la rentabilité des opérations, il y a d'autres mesures incitatives qui sont prises pour attirer l'investissement privé. Il s'agit de la mise en place d'un régime fiscal spécial applicable aux projets d'électrification rurale et mentionné dans les lois des finances exercice 2008, 2009 et 2010 au sein desquelles il est ordonné :

- une exonération de la taxe douanière sur les équipements et les matériels destinés à l'électrification des localités rurales dans le cadre des projets à réaliser ;
- une exonération du BIC sur la période des 5 premières années ;
- une exonération des frais d'enregistrement de l'entreprise;
- l'exonération de la TVA pour les achats locaux de matériels destinés à l'électrification des zones rurales ;
- la mise à disposition de l'investisseur d'un domaine public pour une exploitation gratuite sur cinq ans.

L'avantage attendu de ces mesures est la réduction considérable des coûts des projets destinés à l'électrification des localités rurales ; ce qui permettra d'améliorer leur rentabilité financière et de créer ainsi des conditions incitatives pour attirer l'investissement privé dans les actions à développer les années à venir en milieu rural dans le sous-secteur de l'électricité.

4.3 Choix du mécanisme de financement approprié pour chaque zone

Ce choix s'effectue sur la base des critères de pérennisation et de réceptivité des technologies à proposer. Compte tenu des résultats des enquêtes sur le terrain il est recommandé que les deux mécanismes de financement, avec ou sans l'appui du Gouvernement, soient retenus pour toutes les zones agro écologiques. Ceci permettra d'impliquer soit au début soit à mi chemin les bénéficiaires, afin qu'ils prennent conscience de la nécessité d'entretenir et de veiller à la maintenance des équipements qui leur sont installés. Les tentatives d'affermage des ouvrages n'ayant pas porté un bon fruit jusqu'à ce jour, il serait recommandé, que les gestionnaires des ouvrages soient choisis parmi les utilisateurs ou les bénéficiaires et dans certains cas chercher à améliorer l'affermage.

5. Recommandations

La richesse des expériences menées en Afrique de l'Ouest en matière de Technologies d'Energies Renouvelables (TER) indique que des technologies adaptées sont disponibles ; que des compétences locales en termes de gestion existent et que les conditions socio-économiques nécessaires à la diffusion de ces technologies sont relativement bien comprises. Au cours des deux dernières décennies, un certain nombre de projets ont été menés en Afrique de l'Ouest, prouvant qu'il est possible d'adapter les TER au contexte local. Dans ces conditions les recommandations suivantes apparaissent comme déterminantes pour assurer le développement et la diffusion des TER dans les années à venir. Au niveau sous régional il importe de faire les recommandations ci-après :

- ✓ Un cadre institutionnel et réglementaire doit être mis en place. Cela signifie la création d'un mécanisme doté de connaissances techniques en matière d'énergies, qui soit chargé des énergies renouvelables et l'efficacité énergétique, afin de contribuer à mettre un accent accru sur des solutions non-électriques, lesquelles, malgré leur importance, ne sont pas en tête des domaines d'action prioritaires aujourd'hui.
- ✓ L'application de normes techniques et la labellisation des TER pour la sous-région de l'Afrique de l'Ouest, par l'intermédiaire des instituts de recherche.
- ✓ La création d'opportunités et de mécanismes de financement (Fonds de promotion, ouverture de crédits pour l'octroi des prêts, etc.) pour le développement des TER. L'expérience réussie de projets sous régionaux comme l'African Rural Energy Entreprise Development (AREED) doit être mis à profit en tant que modèle.
- ✓ Une information et une communication améliorée, par l'organisation d'échanges au niveau local, national, sous-régional. Les acteurs de la scène du développement de même que les consommateurs, à tous les niveaux, devraient être sensibilisés aux avantages des TER dans les différents contextes.
- ✓ La mise en œuvre d'une approche multi-sectorielle destinée à cultiver les synergies entre les secteurs concernés et à intégrer les énergies renouvelables au processus de développement local.
- ✓ La création du concept de « service contre paiement » lancé dans le cadre des expériences en matière d'Energies Renouvelables.
- ✓ Le choix de la technologie en fonction de la disponibilité de la matière première et du coût, plutôt que selon une approche axée sur l'offre, en tenant compte des contraintes liées au faible revenu des populations vivant en milieu rural.

Au niveau national il importe de faire les recommandations suivantes :

1. Doter le secteur de l'énergie d'une loi sur les énergies renouvelables en vue de la pérennisation des décisions administratives au profit de la mise en valeur des ENR ;
2. Fixer la part des énergies renouvelables dans les consommations finales d'énergies dans les stratégies sectorielles et prendre ces taux comme des indicateurs performants de développement de ces sources d'énergie dans le cadre de l'électrification rurale ;
3. Définir un cadre fiscal approprié pour le développement des ENR au Bénin ;
4. Susciter l'adhésion de l'Etat, des structures déconcentrées pour faciliter l'accès au crédit aux populations en vue de les impliquer au processus dès le départ ;
5. Sensibiliser les populations à accepter ces nouvelles sources d'énergie.

6. Conclusion

L'objectif général de cette étude est d'identifier et de caractériser le potentiel national en sources d'énergies renouvelables en vue de stimuler le développement des zones rurales.

De l'analyse des résultats de terrain et de la revue documentaire, on peut retenir que les sources d'énergies renouvelables sont disponibles et peuvent être utilisées du nord au sud, mais la disponibilité des sources d'énergies varie d'une zone agro écologique à une autre.

Au plan économique, les données tels que les dépenses en énergies de cuisson et d'éclairage et surtout l'accessibilité aux services énergétiques modernes, les capacités des ménages en épargne ainsi que leur éligibilité aux crédits sont des indicateurs positifs pour le développement des sources d'énergies renouvelables dans les localités visitées soit par notre équipe, le PNUD ou d'autres Organisations Internationales.

Au plan socio culturel, les effets néfastes des changements climatiques et perspectifs par tous, constituent un atout pour le développement des ENR ;

L'utilisation des ENR au Bénin peut aider à couvrir les localités éloignées des réseaux conventionnels de la SBEE et de la CEB en électricité.

Ainsi les potentiels ont été regroupés et cartographiés par zone agro écologique. Cette cartographie nous permet de dire que l'énergie solaire photovoltaïque peut être valorisée au nord comme au sud du pays, mais les installations de grandes capacités sont plutôt recommandées pour le nord du pays où le taux d'irradiation solaire est plus élevé.

L'énergie éolienne peut être valorisée dans la bande côtière du Bénin où des vents à fortes vitesses (11 m/s) à hauteur de 60 m s'y trouvent.

Les zones agro écologiques n° 2 et 3 sont favorables pour la valorisation des résidus agricoles à des buts énergétiques. La présence des massifs forestiers dans les zones n°4, 5 et 6 est aussi un grand atout pour la valorisation des résidus forestiers en vue de la production d'énergie.

Les sites d'aménagement pour la MCH retenus par le cabinet canadien Tecsult peuvent être valorisés pour la satisfaction des besoins énergétiques des populations riveraines.

Les plantes à biocarburants peuvent être cultivées sur toute l'étendue du territoire national, mais il y a moins de place au sud qu'au nord. Les grandes plantations énergétiques ne peuvent s'implanter

qu'à partir du département des Collines, où la pression démographique est moins forte.
L'implication des bénéficiaires à la gestion est indispensable en vue de la pérennisation des ouvrages qui seront installés.

Des études détaillées devront être réalisées avant la mise en œuvre des projets cibles.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

N°	LIBELLES
[01]	**DGE/MEE** *Système d'Information Energétique du Bénin (SIE-Bénin)* *Cotonou 2006*
[02]	**DGE/MEE** *Politique d'Electrification Rurale* *Cotonou 2006*
[03]	**DGE/PFSE** *Rapport d'étude de faisabilité sur la production annuelle de bioéthanol combustible de 50.000.000 litres au Bénin* *Cotonou 2009*
[04]	**IEPF/ACDI/PNUD/FEM** *Manuel de formation sur l'énergie éolienne* *Tunis 2004*
[05]	**DPP/MAEP** *Annuaire des statistiques agricoles au Bénin 2007-2008* *Cotonou 2009*
[06]	**DGE/MEE** *Document de Politique et de Stratégie de Développement du Secteur de l'Energie Electrique au Bénin* *Cotonou, Septembre 2008*
[07]	**DGE/MEE** *Plan Stratégique du Développement du Secteur de l'Energie au Bénin* *Cotonou 2009*
[08]	**DGE/ABERME/MEE** *Programme d'actions pour l'électrification des localités rurales du Bénin* *Cotonou 2006*
[09]	**DGE/MEE** *Le biogaz : Une contribution à la satisfaction des besoins énergétiques en milieu rural* *Cotonou, Novembre 2006*
[10]	**DGE/MEE** *Tableau de Bord de l'Energie 2005* *Cotonou 2006*
[11]	**PNUD/Banque Mondiale** *Bénin : Problèmes et Choix énergétiques PNUD/BM* *Cotonou 1985*
[11]	**Dr Massamba THIOYE/** *Technologies Matures pour l'utilisation de résidus agricoles* *Dakar 2009*
[12]	**J. ADAMAYI et F. SEPULCHRE CENATEL/DFS** *''Rapport d'Inventaire Forestier National au Bénin* *MEPN/CENATEL/DGFRN/Cotonou 2006-2008*
[13]	*Documents de l'ASECNA*
[14]	*Documents de la DGEau*
[15]	**Cabinet Tecsult/ABERME** *Rapport de l'étude sur ''Micro Centrale hydroélectriques au Bénin''* *Cotonou 2009*

[16] ***SNV-Bénin***
''Rapport de l'étude de faisabilité du biogaz domestique au Bénin''
Cotonou 2009

[17] ***BOKONON-GANTHA Bonaventure Eustache***
''Etude de gisements solaire et éolien des différentes régions du Bénin''
Cotonou/Décembre 1998

[18] ***Luc LE-BARBE et Grégoire ALE***
''Les ressources en eaux superficielles de la République du Bénin''
Cotonou 1993

[19] ***Benjamin DESSUS***
''Energies renouvelables : ne pas se tromper de cible, ni au Nord, ni au Sud''
Liaison Energie Francophonie, n° Spécial/
Avril 2007

[20] ***Alice KONE***
''L'énergie éolienne en Afrique''
Liaison Energie Francophonie, n° 79/2ème trimestre 2008.

''L'énergie éolienne en Afrique"
Liaison Energie Francophonie, n° 79/2ème trimestre 2008.

Annexes

Liste des annexes

N°	LIBELLES
01	Villages solaires et leur état de fonctionnement.....
02	Calcul du potentiel énergétique des résidus agricoles (2007-2008)
03 /4	Sites hydroélectriques .....
05	Carte d'ensoleillement de l'Afrique.....
06	Liste des 86 sites potentiels du MCH .....
07	Liste des localités non prises en compte par le programme d'électrification rurale.....
08	Estimation du potentiel en résidus agricoles pour les années à venir....
09	Schéma de principe du solaire photovoltaïque.....
10	Schéma de principe d'un système éolien.....
11	Fiche d'enquête.....
14	Liste des ménages visités.....
15	Liste des autorités rencontrées.....
16	Délimitation des zones agro-écologiques.....
17	Effectifs des animaux conventionnels en 2007.....
18	Termes de références de l'étude de faisabilité

Annexe 1 : Villages solaires et leur état de fonctionnement

Départements	communes	localités	Puissance (Wc)	Etat actuel
ATACORA	Ouassa Péhunco	Ouassa Tobré	4610	En marche
ATLANTIQUE	So-Ava	Houédo-Gbadji	3800	En marche
	So-Ava	Ganvié	3800	En marche
	Zè	Sèdjè Dénou	3560	En arrêt
ALIBORI	Karimama	Monsey-Dendi	3520	En marche
MONO	athiémé	Dédékpoé	3000	En marche
	Dogbo	Ayomi	4200	Rejet
PLATEAU	Pobé	Towé	5752	En marche
DONGA	Ouaké	kondè	3520	En marche

BORGOU	Bembèkè	Béroubouay	4558	Mi-marche/Mi-arrêt
COLLINES	Dassa Zoumè	Soclogbo	6800	En arrêt
	Savalou	Dobada	6400	En marche
		Kpataba	6400	En arrêt
COUFFO	Klouékanmey	Djotto	6800	Seul l'A.V.E. en marche1
Zou	Zogbodomey	Hon	Données non disponibles	En marche
	Zogbodomey	Koussounkpa	Données non disponibles	En marche

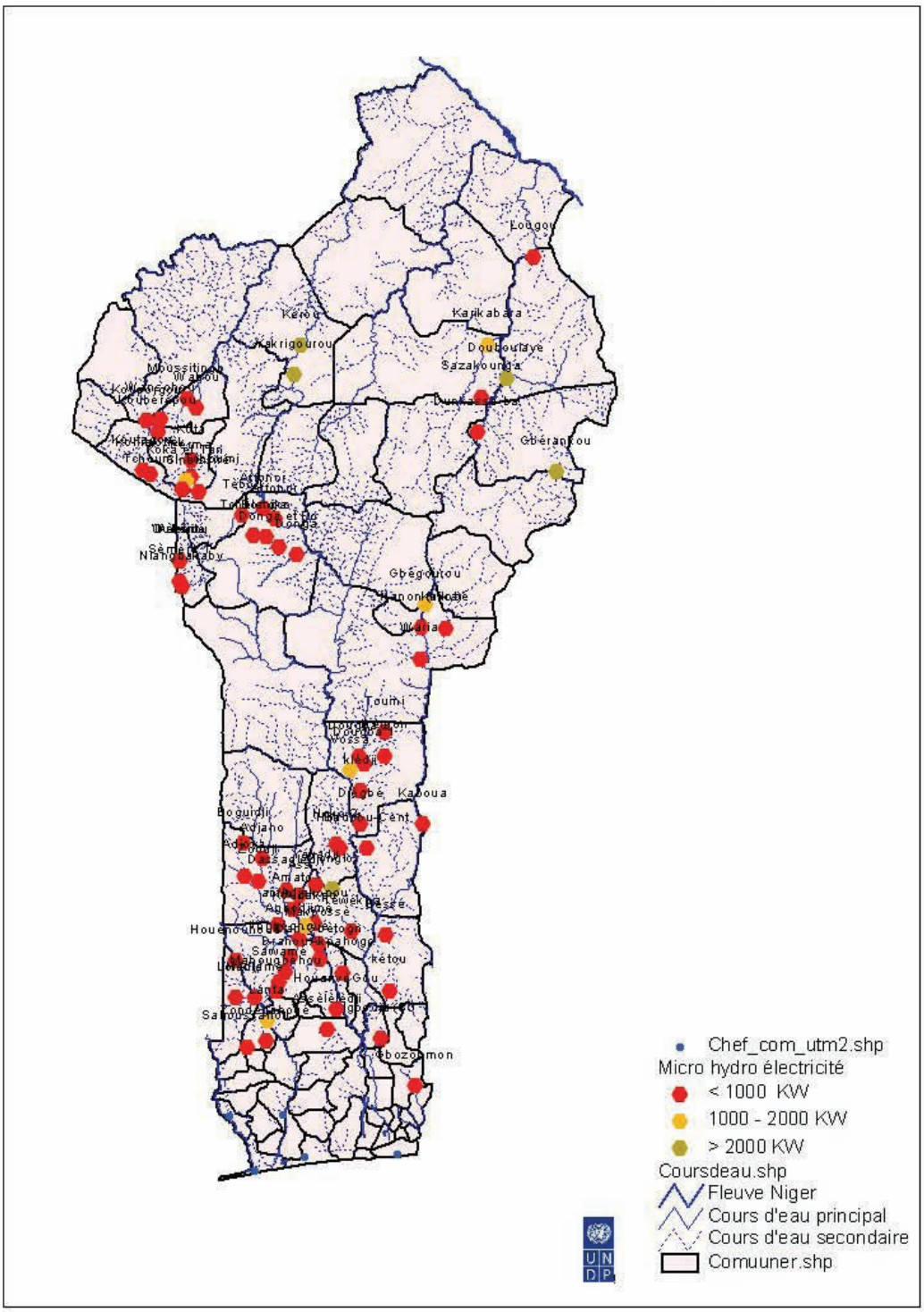
Annexe 2

NB : 1 tep=107 kcal=11,625 MWh

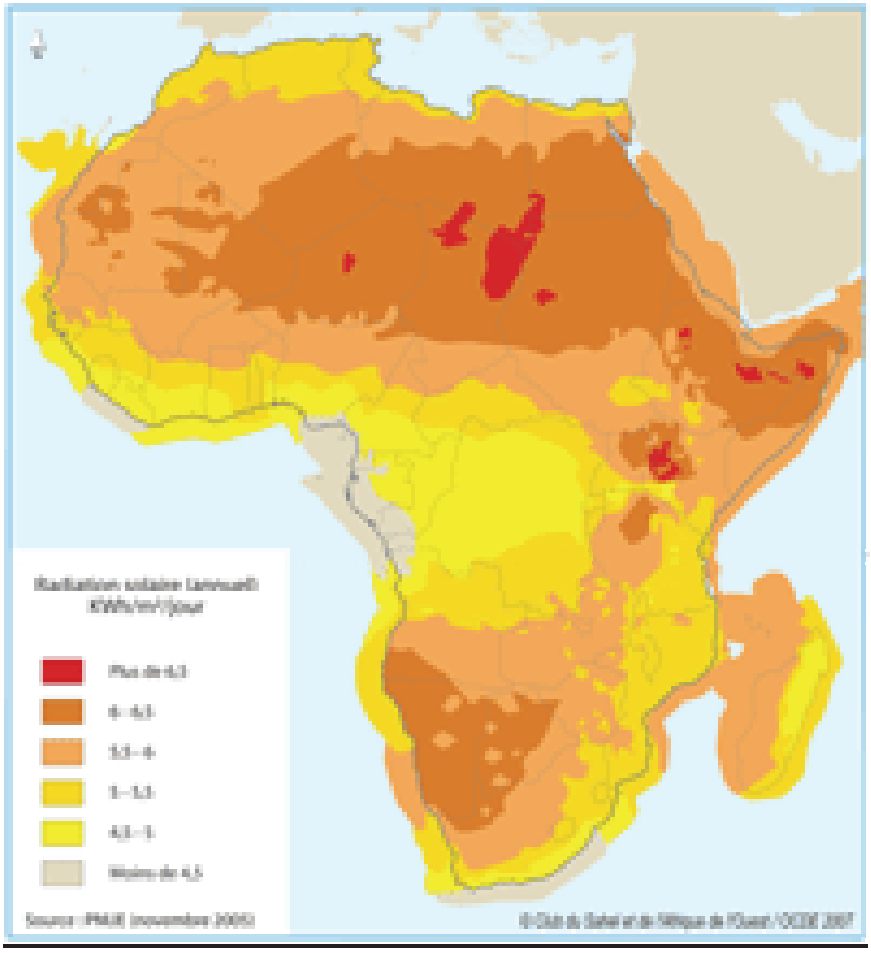
TABLEAU : CALCUL DU POTENTIEL ENERGETIQUE DES RESIDUS AGRICOLES DU BENIN (2007 - 2008)

Types de produits	Production MOYENNE (tonnes)	Déchets ou sous produits	Ratio déchet / produit	Quantité de déchet disponible (tonnes)	Pouvoir calorifique (kcal/kg)	Energie disponible	Potentiel d'électricité disponible
						(tep)	(MWh)
Maïs (local)	579 346	Raffles	1	579346	3500	2 027 711 000,00	2357214,038
		Tiges et feuille	3	1738038	2500	4 345 095 000,00	5051172,938
Riz	68 209	Balles	1	68209	3000	204 627 000,00	237878,8875
		Paille	0,25	17052,25	2500	42 630 625,00	49558,10156
Petit mil	44 478	Tiges	2	88956	2500	222 390 000,00	258528,375
		Epis	0,5	22239	3500	77 836 500,00	90484,93125
Sorgho	140 645	Tiges	2	281290	2500	703 225 000,00	817499,0625
		Epis	0,5	70322,5	3500	246 128 750,00	286124,6719
Coton	240 618	Tiges et Raffles	2,7	649668,6	4100	2 663 641 260,00	3096482,965
		Coques	0,3	72185,4	3900	281 523 060,00	327270,5573
		Linter	1	240618	3500	842 163 000,00	979014,4875
TOTAL							13551229,01

Annexe 3-4 :
Sites d'aménagement hydroélectrique



Annexe 5 :
Carte d'ensoleillement de l'Afrique



Source : http:/www.solar4power.com.42233510ensoleillement.html

Annexe 6 :
Liste des 85 sites potentiels de MCH

Numéro sur la carte	Nom de la Localité	Rivière	Puissance (kW)
1	Nanon (kika)	Okpara	910
2	Kokobé	Sui	954
3	Gbégourou	Nanon	1277
4	Waria	Wari	156
5	Oubérou	Nanoué	234
6	Anoum	Gbandara	45
7	Wèkèdé	Bohoun	60
8	Sèmèrè 1	Kpéli	47
9	Niangbakaby	Kara	248
10	Tchélenga	Binao	534
11	Donga et Fo	Donga	567
12	Affonor	Affon ou Ouémé	632
13	Tèbou	Ouémé	464
14	Sina¯ssiré	Sinaïssiré	826
15	Perma	Perma	272
16	Koka et Tan	Tanou	1126
17	Tchoumi-Tchoumi	Ouémé	722
18	Wansohou	Niensi	109
19	Kota	Chutes et	137
23	Sahoussahoué	Todjimè	58
24	Zondégahoué	Lomo	7
25	Lonkli	Lanhiougan	13
26	kogbèohoué	Agougan	9
27	Mahougbéhou	Tafan	26
28	Sawamé	Sawa	62
29	Houènouhoué	Kouffo	776
30	Adjaho	Agbla	28
31	Hèdjamè	Kouffo	533
32	Lanta	Kouffo	1547
33	Makpossè	Kouffo (at. Zou)	409
34	Tonglo	Zou	4436
35	Drahou	Dra (lokouté)	27
36	Amato	Ama	34
37	Ass	Kouffo (assélé)	93

Numéro sur la carte	Nom de la Localité	Rivière	Puissance (kW)
38	Yayadji	Yaya	158
39	anfin	Kouffo (at.Zou)	141
40	Adjoya	Tchambo (af. De	69
41	Boguidji		0
42	Zoudji	Zou	785
43	Agbodjimè	Agbla	279
44	Adjakonou	Lhoto	253
45	Téwékpa	Téwé	558
46	Dassaglédji	Azokan	120
47	Koudakpo	Agbado	1955
48	Affonor	Affon	583
49	Bortoko	Donga	962
50	Moussitingo	Kouné (1er bras	241
51	Wabou	Tigou (2ème bras	257
52	Koubérépou	koumagou	410
53	Donga	Donga	585
54	Koutagou	Kounti	77
55	Kouporgou	Koumagou	729
56	Konialotièk	Nkamongo	704
57	Yakrigourou	MÚkrou	3266
58	Kérou	MÚkrou	4195
59	Lougou	Taè	381
60	Karikabara	Bouli	1422
61	Dunkassa-ba	Tassiné (af. Sot	1023
62	Douboulaye	Tassiné (af. Sot	2576
63	Sazakounga	Sui	367
64	Gbérankou	Oli	2782
65	Gbozoumon	Aguidi	362
66	Bessé	BessÚ(aval-conf	498
67	Igbodja (30	BessÚ	193
68	Kaboua	KoleÚkou	84
69	Dougba 1	Kilibo	72
70	Dougba 2	Aval confl	191
71	Vossa	Beffa	2003
72	Boubou-Cent	Atchi-bouri	16
73	klédji	Liga	285

Numéro sur la carte	Nom de la Localité	Rivière	Puissance (kW)
75	Djègbé	Nonomè	332
76	Toumi	Toumi	58
77	Ikèmon	YaÚ	15
78	Hoko 1	Voutè	23
79	Hoko 2	Lifo	70
80	Assèlèlèdji	Hlan	304
81	Houanvè Gou	Conf Houèdo Houa	61
82	Dah-Gbètogn	Kiti	46
83	Sohoué	Todaho	24
84	Akpahogo	Zounsè	51
85	kétou	Odokoto	67
86	Avavi	Hlan	134

Annexe n°7
TDR de l'étude de faisabilité

« PROJET *ECLAIRER LE BENIN A PARTIR DES SOURCES D'ENERGIE RENOUVELABLE* »

Etude d'identification des potentialités et modalités d'exploitation des sources d'énergies renouvelables sur l'ensemble du territoire national

Termes de référence

1. Contexte et justification

Malgré les potentialités relativement importantes dont dispose le Bénin en matière d'énergies fossiles et renouvelables, l'accès à l'électricité constitue une réelle contrainte. En effet, le potentiel hydroélectrique est de 624 MW et les études de gisement solaire révèlent que les moyennes mensuelles d'irradiation journalière sont environ de 3,9 kWh/m^2 au sud pour une durée d'ensoleillement de 4,5 h/j. Nonobstant ses nombreuses potentialités au plan énergétique, le Bénin est confronté à un sérieux problème d'électrification. Le taux d'électrification se situerait à environ 20% en milieu urbain et moins de 3% en milieu rural (MEE, 2007).

Une proportion non négligeable des ménages habite dans des villages isolés ou dans des habitations dispersées rendant l'électrification rurale par raccordement au réseau conventionnel national plus complexe.

Le bilan énergétique au niveau des ménages est dominé par la biomasse énergie prélevée sur les forêts naturelles (90%) pour le bois contre 9% et 1% respectivement pour le pétrole et l'électricité. En effet, le bois de feu, le charbon de bois et d'autres formes de biomasse représentent la forme traditionnelle d'énergie pour une population à majorité rurale et à faible revenu. La quasi-totalité des produits pétroliers sont importés de même que l'électricité à près de 75%.

Conscient de cette situation, le Gouvernement béninois s'est fixé comme objectif de porter le taux d'électrification rural de 2% à 40% au moins d'ici 2015 en y associant tous les acteurs de l'électrification qu'ils soient publics, privés ou issus du milieu associatif. L'une des quatre options stratégiques mise en exergue dans le Plan de Développement Stratégique du Secteur *d*e l'Energie (MEE, 2009) est fondée sur le secteur rural et consiste en la promotion de l'électrification rurale, de la maîtrise d'énergie et des filières de la bioénergie.

C'est dans ce contexte que le PNUD a décidé d'accompagner le gouvernement dans sa mission de fourniture de services énergétiques pour l'éclairage et le développement d'activités productrices en milieu rural. Il est envisagé de mettre l'accent sur cinq (05) sources d'énergie à promouvoir

selon les avantages comparatifs de chaque localité ou zone agroécologique. Il s'agit de l'énergie solaire (photovoltaïque et thermique), de l'hydroélectricité, de la biomasse, de l'énergie provenant du biogaz ou des huiles végétales, de l'énergie éolienne.

Le PNUD est accompagné dans cette initiative par l'ONUDI qui a déjà mis en place un certain nombre de Systèmes d'Energie Rurale (SER) hors réseau conventionnel basés sur les énergies renouvelables au Kenya, au Nigéria et en Ouganda. Ces systèmes facilitent l'accès à l'énergie au profit des activités de production ainsi que divers autres services énergétiques nécessaires aux communautés rurales n'ayant pas accès au réseau électrique conventionnel.

A cet égard, des études exploratoires menées en juillet 2009 avec l'appui de l'ONUDI dans quatre villages (Kpari, Gbégourou, Koutakroukou, Kandérou) au Nord Bénin ont conduit aux résultats ci-après :

- Toutes les quatre communautés visitées par l'équipe sont des communautés d'agriculteurs qui produisent des denrées agricoles diverses et les vendent à des intermédiaires et des commerçants;
- Il existe un bon potentiel d'activités de production fondées sur la transformation des produits agricoles;
- Il existe des preuves d'activités entrepreneuriales dans presque toutes les communautés. Toutefois, en raison du manque de sources d'énergies à un coût abordable, de machines et de technologies, les initiatives ne sont pas promues;
- La demande en services énergétiques est assez forte dans toutes les communautés;
- La quasi-totalité de ces communautés sont dotées d'une certaine forme de sources d'énergies renouvelables qui pourraient être mises à profit pour leur développement;
- Les quatre villages offrent des possibilités de production d'énergie soit par digesteur de biomasse, soit par micro-hydoélectricité ou par biogaz.

Par ailleurs, une expérience pilote de promotion de l'électrification solaire est lancée dans les villages Hon et Koussoupka dans la commune de Zogbodomey avec l'appui du PNUD.

L'objectif globalement poursuivi est de stimuler le développement économique local dans les zones rurales en donnant de nouvelles opportunités d'emplois aux populations rurales et en apportant de la valeur ajoutée aux produits locaux. La source d'énergie la plus appropriée sera chaque fois proposée en tenant compte des avantages comparatifs des localités potentiellement indiquées.

Cette exploitation ciblée à visée optimale n'est pas possible à ce jour à cause du manque de données et de connaissances sur la répartition des potentialités en énergie renouvelable.

C'est pour faciliter la mise en application de cette vision que le PNUD en collaboration avec d'autres partenaires se propose de recruter un Consultant national ou international, spécialiste en développement des énergies renouvelables.

2. Objectifs de l'étude

1.1 Objectif global

L'objectif général de l'étude est d'identifier et de caractériser le potentiel national en sources d'énergies renouvelables en vue de stimuler le développement des zones rurales.

2.2 Objectifs spécifiques

De manière spécifique, il s'agira de :

-Produire la cartographie nationale des sources d'énergies renouvelables en mettant pour chaque zone l'accent sur les sources dominantes;

-Evaluer pour chaque zone et pour les sources dominantes, le potentiel énergétique;

-Définir des pôles de développement par source d'énergie en tenant compte du code d'électrification rurale ainsi que des réalisations antérieures du PNUD et d'autres acteurs intervenant dans le domaine;

-Caractériser et décrire pour chaque zone les dispositifs propices de production d'énergie, le système d'électrification et le mécanisme de distribution à mettre en place en tenant compte des perspectives d'arrimage au réseau conventionnel et des contraintes socio-économiques.;

3. Résultats attendus

Au terme de cette étude, les résultats que voici sont attendus :

- la cartographie nationale des sources d'énergies renouvelables et les possibilités d'exploitations qu'elles offrent;
- la cartographie des pôles de promotion énergétique par source d'énergie renouvelable dominante;
- l'estimation par zone du potentiel énergétique;
- la caractérisation des technologies d'exploitation propice à mettre en place.

4. Tâches du consultant

Les tâches majeures à exécuter par le consultant dans le cadre de la présente mission sont :

- faire une revue de littérature sur le cadre institutionnel et les documents de planification de la promotion des énergies renouvelables au Bénin;
- faire un état des lieux des cadres et dispositifs actuels de promotion et d'exploitation des sources d'énergies renouvelables, suivie d'une analyse des forces et faiblesses desdits dispositifs;
- évaluer et cartographier par zone de prépondérance les sources d'énergies renouvelables;
- estimer le potentiel énergétique par pôle de développement énergétique et préciser les conditions d'une utilisation efficace;
- caractériser par zone les technologies d'exploitation, produire les schémas explicatifs ;
- proposer des mécanismes efficaces de financement de la mise en route et de pérennisation des technologies.

Le consultant travaillera en étroite collaboration avec le PNUD, la Direction de l'Energie, l'Agence Béninoise d'Electrification Rurale et de Maîtrise d'Energie (ABERME), la Direction Générale de l'Environnement et le Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (MAEP).

5. Profil du consultant

Le consultant devra disposer d'une expertise avérée en promotion des sources d'énergies renouvelables, création et appui au développement de PME agricoles ou rurales. Consultant individuel, il devra posséder une formation de troisième cycle en énergétique et avoir une bonne connaissance du secteur rural des pays en développement en général, du Bénin en particulier. Il devra justifier d'une expérience d'au moins cinq (05) ans dans la conduite de travaux similaires. Il devra avoir expérimenté au moins deux technologies et disposer d'au moins deux (02) ans d'expériences dans le montage et le dimensionnement des technologies d'exploitations des énergies renouvelables.

En outre, il est indiqué que le consultant se fasse assister d'un spécialiste en cartographie ou en Système d'Information Géographique (SIG) pour le positionnement géographique du potentiel ciblé et caractérisé.

6. Durée et modalités d'exécution de la mission

La durée prévue pour l'étude est de 21 jours travaillés. Elle se déroulera courant janvier 2010.

Le consultant devra établir un programme de travail détaillé, conformément aux prescriptions des présents TDR et des résultats attendus, qui doit décrire clairement la manière dont il compte réaliser l'étude. La méthodologie proposée par le consultant sera exposée et discutée lors d'une séance de cadrage en début de mission avec l'***équipe de pilotage*** mise sur pied pour le suivi de l'étude.

7. Rapport

Le consultant devra produire :

- Un rapport intérimaire qui fera l'objet d'une restitution devant un panel de cadres des différents ministères et autres institutions concernées;

- Un rapport final de l'étude ayant pris en compte les remarques, observations et commentaires faits au cours de l'atelier de restitution. Ce rapport devra contenir un résumé synthétique.

8. Mode de Sélection

Le choix du consultant se fera par consultation restreinte.

9. Contenu de l'offre, évaluation et adjudication

Le dossier de soumission devra contenir **une offre technique** comportant les éléments suivants :

- Une note de compréhension de la mission ;
- Une proposition de méthodologie pour le déroulement de la mission ;
- Un chronogramme de réalisation ;
- Le curriculum vitae (CV) détaillé du consultant principal dûment daté, paraphé et signé par l'intéressé et comportant la liste des travaux similaires réalisés avec si possible, les attestations de services bien faits ou les contrats.

Le Curriculum Vitae du consultant associé cartographe ou spécialiste en SIG

Les soumissionnaires doivent déposer leurs offres chacune en quatre (04) exemplaires reliés dans une enveloppe dûment fermée adressée à Mme Coordonnateur Résident des activités opérationnelles du Système des Nations Unies et Représentant Résident du PNUD, sans aucun élément extérieur d'identification avec la mention :

« Etude d'identification des potentialités et des modalités d'exploitation des sources d'énergies renouvelables sur l'ensemble du territoire national»

Les offres devront être déposées au plus tard le 12 janvier 2010 **à 16 H heures** à la réception du Bureau du PNUD Cotonou, à l'adresse suivante : 01 BP 506 Lot 111, Zone Résidentielle, Tél. 21 31 30 45 /46 /79.

10. Rémunération

Le consultant sera rémunéré au taux en vigueur pour les consultants nationaux défini par le PNUD. Le paiement se fera à la fin de la prestation après validation du rapport final.

Annexe 8

FORMULAIRE D'ENQUETE

Questionnaire aux Ménages des centres urbains, Agriculteurs et Agro-éleveurs par rapport à l'utilisation des ENR pour l'éclairage et la cuisson

Zone

Localité

1- Identification de l'enquêté

1.1 Nom et prénoms de l'enquêteur

1.2 Nom et prénom du supérieur

1.3 Date de l'enquête

1.4 Durée de l'enquête

2- Caractéristiques du ménage enquêté

2.1 Commune

Arrondissement

2.2 village ou quartier

2.3 Nom du chef de ménage

F **H**

Téléphone / portable chef ménage

2.4 Occupation	Oui	Non
Fonctionnaire		
Salarié du secteur privé		
Autres occupations : préciser		

2.5 Autres préciser

Type d'habitat	Case en branchage et / ou bambou	Banco Paille tôle	Maison simple	Villa

Combien de bâtiments y' a- t- il dans la concession du ménage ?.....

.....

2.6 Taille du ménage (Nombres de personnes vivant dans le ménage)

Sexe masculin	Sexe féminin	Total

2 .7 Si vous êtes agriculteurs ou agro-éleveurs combien de personnes de votre ménage travaillent pour vous dans votre exploitation agricole ?

Homme	Femme	Enfant	Total

2-8.a Y'a t- il des saisonniers qui viennent travailler pour vous dans l'exploitation ?

OUI ☐ NON ☐

2-8.b Si vous êtes entrepreneurs (artistes,…) combien de personnes travaillent dans votre entreprise

Homme	Femme	Enfant	Total

3-Généralités sur les différents types de sources d'énergie

3.1 Cuisson

Crochez les cases qui correspondent aux énergies que vous utilisez dans le ménage pour la cuisson :

	Qtité consommée par semaine	Qtité consommée par mois	Lieu d'approvisionnement	Distance du lieu d'approvisionnement Au domicile	Moyen de transport utilisé	Temps consacré à l'approvisionnement	Appréciation de l'enquêté par rapport à la pénibilité ou non et autres désagréments
Bois de chauffe							
Charbon de bois							
Pétrole lampant							
Gaz							
Autre :…… ..							

Combien estimez-vous que votre ménage dépense par jour /semaine/mois pour ces dépenses

Moins de 1.5OO F CFA	1.5OO à 3. OOO F CFA	3. OOO à 5.OOO F CFA	Plus de 5.OOO FCFA

Si le ménage donne le chiffre exact, notez ici :……

Qui supporte les dépenses énergétiques du ménage ? ……

3.2 Eclairage

Quelles sources d'énergie utilisez- vous pour l'éclairage ?

Sources	*Dépenses Hebdomadaires (FCFA)*	*Dépenses mensuelles (FCFA)*	*Fréquence D'utilisation*	*Durée d'utilisation (heures)*	*Appréciation de l'enquêté*
Groupe électrogène					
Panneaux solaires					
Batteries					
Piles					
Bougies					
Pétroles					
Autres					

4-Activités agricoles

4.1 A quelle profondeur l'eau se trouve t-elle ?

mètres

4.2 Les activités agricoles ou d'élevage sont –elles développées dans le village

OUI genre…….. Non

4.3 Quelles cultures faites-vous ? Et sur quelles superficies

activités		Superficies	
Coton			
Maïs			
Sorgho			
Jatropha			
Arachide			
Autres : préciser			

4.4 Combien produisez-vous par saison et par tonne

Coton	
Sorgho	
Maïs	
Riz/Mil	
Autres	

4.5 Que faites vous de vos déchets agricoles ?

Bruler	
Laisser sur place	
Alimenter les bêtes	
Préciser les déchets agricoles utiles aux bêtes	
Stocker comme combustible	
Autres	

4-6 Amassez-vous vos déchets agricoles ?

oui	Genre/ Localité	Non

4.7 Avez-vous des coopératives agricoles ?

oui	Genre/ Localité	Non

4.8 Avez-vous un moyen pour transporter vos produits agricoles ?

oui	Genre/ Localité	Non

4.9 Pourquoi avez-vous besoin du bois énergie ?

Eclairage	
Séchage, Fumage	
Restauration	
Cuisson domestique	
Conservations des produits	
Autres : préciser	

4.11 Savez-vous qu'il est possible de produire à coté de vous de l'énergie électrique ?

OUI ☐ ☐ Non

Solaire photovoltaïque	
Résidus agricoles	
Micro-hydroélectricité	
Eolienne	
Biomasse moderne (Huiles végétales)	

4.12 Etes-vous prêt à utiliser ces formes d'énergie pour le développement de votre localité ?

OUI ☐ ☐ Non

5-) Différentes sources de revenu du ménage

5.1 Quelles sont vos différentes sources de revenus ? ……

5.2 Quelle quantité de céréale vendez- vous par an ? (tonnes) ☐

Montant annuel (en FCFA)				Montant mensuel (en FCFA)		
Position Familiale	**Activité**		**Montant Exact**	**Moins de 30.000**	**31.000 à 100.000**	**Plus de 100.000**
	……..					
	……..					

5-3 Etes vous abonnés à une institution de Micro finance ?.....

Si oui, laquelle ? ……..

5-4 Avez-vous eu à bénéficier d'un prêt ? Oui Non

Et le montant du
prêt ?.....

Quel était le taux d'intérêt ?.....

5.5 Etes- vous membres d'une association d'éleveurs ou d'agriculteurs , ou d'association féminine ?

oui	Non

Si oui, laquelle ? .....

Quelles sont les différentes formes de tontines que vous pratiquez dans votre localité ?.....

Êtes-vous abonnés à une tontine ?

oui	Non

Quel est le montant de la tontine ?.....

Quelle est sa durée ?.....

Quelles sont les conditions de participation ? .....

.....

Annexe 9
Liste des ménages visités

Nom et prénoms	Sexe	Contact téléphonique	village
GBEGAN Albert Cossi	Masculin	97 13 12 71 95 87 87 91	Aligoudo
AHOUANCOAFO Jean-Marie	Masculin	-	Ahouanssanou
ASSADEME Virgile	Masculin	98 96 60 28	Ahouanssanou
ADANSOTON Gangbéhoundé	Masculin	96 50 57 16	Ahouanssanou
GBEGAN Désiré	Masculin	97 40 01 02	Gbéganhoué
ADADJA Laurent	Masculin	97 37 17 04	Aligoudo
GBEGA Evariste	Masculin	97 23 3774	Aligoudo
DJESSOUMONDJI Athanase	Masculin	96 10 38 79	97 23 3774
AHANNOUTO Innocent	Masculin	97 40 98 79	Gbéganhoué
Salomon KYOU	Masculin	S/C 97 40 98 79	Aligoudo
DJODJI Cyriaque	Masculin	97 33 35 97 95 70 87 83	Mandjavi
HOUNDANON Frédéric	Masculin	96 77 29 28	Mandjavi
NOUNAMETO Léonard	Masculin	97 65 73 70	Mandjavi
AïDEGO Marceline	Féminin	97 15 58 71	Aligoudo
ALE Fulbert	Masculin	95 21 24 04	Aligoudo
MENSAH Gérad	Masculin	-	Aligoudo
AGBIDI Guillaume	Masculin	66 42 48 22	Mandjavi
AïGBIDI Jean	Masculin		Aligoudo
ABANON Célestin	Masculin	97 36 89 90	DJidja
ADINSSI Ludovic	Masculin	-	Oukpa
LODJOU Jean	Masculin	-	Oukpa
KEKE Prosper	Masculin	94 52 22 84	Oukpa
AGBODAN Victor	Masculin	94 55 61 89	Oukpa
AGBODAN Eugène	Masculin	95 72 99 10	Oukpa
AGBODAN Sogbossi	Masculin	94 44 17 89	Oukpa
AZANNOUMI Dassi	Masculin	95 27 18 64	Oukpa
HEDOUBO Roland	Masculin	95 12 81 59	Oukpa
ASSANGBE Félix	Masculin	95 90 07 28	Oukpa
AZANNOUMI Likogbélè	Masculin	-	Oukpa

Liste des ménages visités (suite)

Nom et prénoms	Sexe	Contact téléphonique	Quartier
ADAMOU Bachirou	Masculin		Djidori (Djougou)
SEÏBOU Zoulèha	Féminin		Djindjiré béri (Djougou)
BASSAOU Toussaint	Masculin	97 87 68 68	Taïffa (Djougou)
MELEMON Houn Félix	Masculin	97 44 65 71	Taïffa (Djougou)
HOUNWE Serges	Masculin	96 13 02 21	Zitou 1 (Djougou)
TCHENGA Jonas	Masculin	97 725 04 88	Sabari (Djougou)
KEOULA Jean-Marie	Masculin	97 35 54 78	Madina (Djougou)
BASSI Alidou	Masculin	96 52 24 25	Yoroussongo (Djougou)
SOULEMANE Aïssatou	Féminin	96 14 01 82	Madina (Djougou)
ALASSANE Bachirou	Masculin	93 35 29 98	Batoulou (Djougou)
AGUIDI Angelo	Masculin	93 09 02 24	Taïffa (Djougou)
AGODONOU Marouf	Masculin	96 14 20 44	Gha (Djougou)
BLEOSSI A. Célestin	Masculin	97 18 61 25	Madina 1 (Djougou)
MOUSTAPHA Maschioud	Masculin	97 48 56 24	Partago (Djougou)
TRAORE Mouhoun	Masculin	97 60 07 41	Babari (Djougou)
MOUSTAPHA Raïmi	Masculin	97 57 70 55	Partago (Djougou)
TORE Sotimasan	Masculin	97 00 70 38	Madina (Djougou)
TCHANI Hassinou	Masculin	97 13 14 44	Zountori (Djougou)
ADJOBO Franck	Masculin	96 00 88 66	Taïffa (Djougou)
AGODOKPESSI K. Agustin	Masculin	23 61 02 89 90 92 68 87	Ladji Faroni (Parakou)
MOUSSA Saliou	Masculin	-	Kouborou – galt (Parakou)
BIAO Adolphe	Masculin	97 43 86 05	Tokobio (Parakou)
ABOUDOULAYE Issoulte	Masculin	97 74 52 61	Gannon (Parakou)
ABI KASSI Mohamadou	Masculin	-	Soubroukou (Djougou)

Annexe 10
Liste des autorités rencontrées

Personnes rencontrées	Fonction	Contact téléphonique	Arrondissement	Communes
YAOU Martin	Chef village Okunfo	97 46 12 33	Kaboua	Savè
IDOHOU Justin	Conseiller local	96 06 08 25 94 51 76 25	Kaboua	Savè
Kuami K. Théodore	Vice-président ONG <<la terre est un trésor>>	-	Kaboua	Savè
CODJO Marcos	Secrétaire Général ONG << la terre est un trésor >>	96 25 51 42	Kaboua	Savè
AVIMADJENON Placide	Maire de Djidja	95 96 05 72 97 16 20 61	Djidja	Djidja
HOUNDANOU Mensah	1er Adjoint au Maire	97 04 01 42	Djidja	Djidja
Mme ESSE Aline	Secrétaire Générale	95 98 26 20	Djidja	Djidja
DOSSOUHOUAN Placide	Responsable de la coopération décentralisée	95 36 50 88	Djidja	Djidja
AHOUANDJINOU Edgard	Responsable CerPA Djidja	96 14 84 37	Djidja	Djidja
LIMA Boris	Vétérinaire	97 63 23 40	Djidja	Djidja
OREKAN Emile	Gestion Guichet CLCAM Djidja	95 71 69 74 97 44 61 43	Djidja	Djidja
Mr XIAN		95 22 19 32	Logozohouè	Savalou
TCHIAOU Désiré	Agent de sécurité	98 57 73 24	Logozohouè	Savalou
HOUANVESSE Désiré	Président	97 53 49 30	Koussoukpa	Zogbodomey
KIDJO Patrice	Guide	95 05 70 02	Gohomey (Dogbo)	Dogbo
SEBIO Simon	Technicien princip. Biomasse	90 92 99 86	Gohomey (Dogbo)	Dogbo
Mr ALAGBE Soulé	Maire de Parakou			Parakou
	2ème Adjoint au Maire de Parakou			Parakou
ADAM BABA	1er Adjt Maire de Djougou			Djougou

Annexe 11
Délimitation des zones ago écologiques

N° de zone	Localisation		Caractéristiques principales				
	CIRCONS.ADMINIST	DEPARTEMENTS	CLIMAT	SOLS	VEGETATION	AUTRES	SYSTEME DE CULTURE
1	Karimama, Malanville, Nord-Kandi	Borgou (Extrême Nord)	Soudano-Sahélien à une seule saison pluvieuse de bloc à 1200mm par an	Ferrugineux sur socle cristallin Alluviaux très fertiles du fleuve Niger	Savane arbustive clairsemée à épineux (Acacia siébériana)	Zone exposée à forte érosion PVC < 140 jours	-Base : Mil, sorgho et niébé -
2	Kérou, Nord.Est/Kouandé Banikoara, Sud-Kandi, Ségbana, Gogounou	Atacora Borgou(Nord)	Soudanien avec une seule saison pluvieuse de 800 à 1200 mm par an	Ferrugineux tropicaux sur socle cristallin -forte proportion sols profonds et peu concrétisés	Savane arbustive arborée avec acacia siébériana (épineux) et butyrospernum parkji (karité)-Fortement dégradé par l'homme	140<PVC<180 PVC = Période croissance végétative	
3	Pehunco, Est-Djougou, Nord-Tchaourou, Parakou, N'Dali, Pèrèrè, Nikki, Sinendé, Kalalé, Bembèrèkè	Atacora Borgou(Nord)	Soudanien avec une seule saison pluvieuse de 900 à 1300 mm par an	Ferrugineux tropicaux à caractéristiques très variables -fertilité moyenne -Très sensible au lessivage	Savane arbustive arborée dominée par le butyrospernum (karité)	140j<PVC<189j	Base : sorgho et igname avec forte extension du coton et maïs -igname en tête de rotation -sarcio-buttage souvent pratiqué
4	Ouaké, Ouest-Djougou, Copargo, Tanguiéta, Matéri, Cobli, Boukoumbé, Natitingou, Toukoutouna, Kouandé	Atacora	Variation de soudano-sahélien à soudano-guinéen pluviométrie annuelle = 800 à 1300mm	-Ferrugineux sur socle souvent profonds -Faible réserve en eau -Fertilité sauf au niveau bas-fonds	-Forêt galerie calire -Savane arborée/ arbustive avec butyrospernum (karité) et parkia (fromager) -Epineux (acacia dans les régions Boukoumbé + Tanguiéta)	-Zone homogène 1,2 et 3 avec une palette de cultures plus complètes -180j<PVC<220j	Niébé important -Fonio surtout à Boukoumbé -igname, sorgho -Arachide, manioc -Voandzou, riz -Cultures en billions cloisonnés sur flanc de collines -Cultures sur diguettes, sur terrasses basses
5	-Bassila -Sud-Tchaourou -Aplahoué -Kétou -Bantè, Glazoué, Dassa, Savè, Djidja	-Atacora -Borgou -Mono -Ouémé -Zou	Soudano guinéen à deux saisons pluvieuses au Sud et une saison pluvieuse au Nord -Pluviométrie = 1000 à 1200mm par an	-Ferrugineux tropicaux sur socle cristallin -Caractéristiques très variables	Savane arborée/ arbustive à dominance du Danilia ohieri	-PVC<240j	-Sans dominante réelle -Apparition 2è saison pour maïs, niébé et arachide -Arachide+ coton sont importants par endroits -Coton en tête de rotation -Pratique sarclo-buttage plus billonnages
6	-Allada,Zè,Tori-Bossito,kpomassè, Djacotomè, Toviklin, Klouekamè, Bopa, Dogbo-Tota, Houeyogbé -Sakété, Ifangni,Avrankou,Adjara, Akpro-Missérété, Porto-Novo -Agbangnizoun, Abomey, Bohicon, Zakpota, Covè, Zangnado, zogbodomey	-Atlantique -Mono -Ouémé -Zou	Soudano-guinéen à deux saisons de pluie -800 à1200 mm par an à l'Ouest -1000 à 1400 mm par an à l'Est	-Terre de barre sur continental terminal - Profonds et faciles à travailler -Pour la plus part actuellement dégradés	- Essentiellement anthropique : fourrée arbustive dense où dominent palmier à huile et graminées - Existence de quelques reliques forestières par endroits	- Absence restitutions minérales et organiques - PVC = 240j	- Cultures principales= maïs (en tête de rotation). Arachide et manioc Disparition igname Présence abondante de palmier à huile+ palmier vignoble Présence coton dans quelques localités plus sèches Culture à plat à l'Ouest et billonnage à l'Est
7	Toffo - Lalo -Adja-Ouèrè, Pobè	Atlantique Mono Ouémé	Soudano-guinéen à deux saisons de pluie -800 à1200 mm par an à l'Ouest -1000 à 1300 mm par an à l'Est	Sols très argileux profonds et humifères -fertiles mais souvent hydromorphes et difficiles à travailler	Forêt dense Semi-décidue à grands arbres	-Zone de dépression assez élevée -PVC = 210j à 240j	-Culture à plat dominant avec maïs en tête de rotation -Maïs, niébé, manioc + cultures maraichères
8	-Ouidah, Abomey, Calavi, Cotonou, Sô-Ava -Lokossa, Athiémé, Comé, Grand-popo - Sèmè-kpodji. Aguégué, Dangbo, Adjohoun	-Atlantique -Mono -Ouémé	Soudano-guinéen à deux saisons de pluie 1000 à 1300 mm par an	Sols alluviaux très fertilisés -Sols Sableux très fertiles sur le littoral	-Savane herbeuse – prairie -Formations marécageux à raphia - Quelques mangroves	Activité agricole complèté par la pêche -Zones fuvio-lacustres -PVC =240j	Base essentielle : maïs en tête de rotation + niébé et cultures maraichères -dominante maïs et manioc dans les zones non sableuses -Cultures sur billions ou à pied

ANNEXE 12
Effectifs des animaux conventionnels en 2007

Départements	Communes	Bovins	Ovins	Caprins	Porcins	Volaille locale	Pondeuses améliorées*	Poulets chairs**	Equins	Asins	Camelins
DONGA	Bassila	15 500	8 600	8 000	500	225 200			-	-	-
DONGA	Ouaké	12 300	9 700	9 900	900	117 700			-	-	-
DONGA	Djougou	40 200	23 400	26 700	3 400	213 000			100	-	
DONGA	Copargo	12 500	7 600	11 600	2 300	253 000			25	-	-
Total DONGA		80 500	49 300	56 200	7 100	808 900	1 896	200	125	0	-
ATACORA	Natitingou	7 200	3 400	18 700	7 700	162 000			-	-	-
ATACORA	Boukoumbé	26 200	24 000	35 000	7 150	178 400			-	-	-
ATACORA	Toucountouna	5 200	4 600	9 000	3 300	63 500			-	6	
ATACORA	Tanguiéta	13 000	9 800	20 000	7 400	237 900			-	-	-
ATACORA	Matéri	22 300	18 300	32 800	8 900	317 100			550	938	-
ATACORA	Cobly	13 200	14 600	16 700	4 100	126 500			10	100	-
ATACORA	Kouandé	77 700	26 000	16 000	2 750	88 550			5	-	-
ATACORA	Péhunco	59 300	15 500	32 800	8 900	63 300			50	-	-
ATACORA	Kèrou	100 100	17 100	20 300	6 600	35 420			-	-	-
Total ATACORA		324 200	133 300	201 300	56 800	1 272 670	1 679	223	615	1 044	-
ATLANTIQUE	Abomey-Calavi	18 000	7 900	29 400	6 700	194 200			5	-	-
ATLANTIQUE	Allada	2 000	15 700	46 400	800	431 600			-	-	-
ATLANTIQUE	Cotonou	2 100	1 300	14 700	6 000	53 950			-	-	-
ATLANTIQUE	Kpomassè	10 100	7 000	8 200	4 400	64 740			-	-	-
ATLANTIQUE	Ouidah	8 800	1 800	12 000	4 200	126 800			-	-	-
ATLANTIQUE	Sô-Ava	6 800	500	12 200	2 700	72 830			-	-	-
ATLANTIQUE	Toffo	800	6 600	7 800	8 000	86 310			-	-	-
ATLANTIQUE	Tori - Bossito	1 200	4 200	19 800	5 300	43 000			-	-	-
ATLANTIQUE	Zè	500	15 700	23 400	3 300	166 500			-	-	-
Total ATLANTIQUE		50 300	60 700	173 900	41 400	1 239 930	281 563	36 036	5	-	-
LITTORAL		0	0	0	0	0					
Total LITTORAL		0	0	0	0	0			0	0	0
BORGOU	Bembèrèkè	110 200	26 200	15 500	800	180 400			55	1	-
BORGOU	Kalalé	150 200	42 300	31 900	1 600	330 800			60	7	-
BORGOU	N'dali	39 000	14 000	12 600	900	139 900			32	-	-
BORGOU	Nikki	108 600	32 800	25 000	900	247 700			65	43	-
BORGOU	Parakou	17 700	9 700	15 200	1 700	92 620			55	-	-
BORGOU	Pèrèrè	23 800	9 800	8 800	400	65 100			35	3	-
BORGOU	Sinendé	68 500	14 000	14 000	900	145 300			23	-	-
BORGOU	Tchaourou	39 700	13 400	15 900	3 000	139 200			22	7	-

Départements	Communes	Bovins	Ovins	Caprins	Porcins	Volaille locale	Pondeuses améliorées*	Poulets chairs**	Equins	Asins	Camelins
Total BORGOU		557 700	162 200	138 900	10 200	1 341 000	19 344	2 800	347	61	-
ALIBORI	Banikoara	194 000	50 400	40 500	1 900	444 400			29	28	-
ALIBORI	Gogounou	120 100	33 000	25 800	1 800	204 100			26	2	-
ALIBORI	Kandi	137 300	37 000	34 900	1 200	223 000			31	7	-
ALIBORI	Karimama	50 800	18 200	29 300	400	93 110			30	197	2
ALIBORI	Malanville	58 900	23 500	34 100	400	124 900			17	155	6
ALIBORI	Ségbana	64 600	24 500	17 200	1 500	116 800			44	-	8
Total ALIBORI		625 700	186 600	181 800	7 200	1 207 000	0	0	177	389	16
MONO	Athiémé	1 700	1 600	16 800	1 200	20 600			-	-	-
MONO	Bopa	1 300	15 300	32 200	1 500	44 190			-	-	-
MONO	Comè	2 000	1 600	10 200	10 500	47 070			-	-	-
MONO	Grand-Popo	5 600	1 800	12 600	700	24 670			-	-	-
MONO	Houéyobgé	1 100	5 300	21 000	500	34 570			-	-	-
MONO	Lokossa	600	2 700	900	1 200	8 732			-	-	-
Total MONO		12 300	28 300	93 700	14 400	179 900	11 231	1 625	-	-	-
COUFFO	Aplahoué	2 200	13 500	35 000	1 500	41 640			-	-	
COUFFO	Djakotomey	400	5 900	28 000	12 800	35 100			-	-	
COUFFO	Dogbo	400	2 700	29 400	600	24 670			-	-	
COUFFO	Klouékanmey	2 200	7 700	42 000	6 000	27 380			-	-	
COUFFO	Lalo	400	3 800	35 000	300	5 503			-	-	
COUFFO	Toviklin	400	2 700	23 800	700	8 744			-	-	
Total COUFFO		6 000	36 300	193 200	21 900	143 100	12 210	2 664	-	-	-
OUEME	Adjarra	1 900	700	13 200	7 100	162 000			-	-	-
OUEME	Adjohoun	4 900	10 800	20 400	3 500	134 600			-	-	-
OUEME	Aguégués	4 000	1 600	2 500	1 300	34 160			-	-	-
OUEME	AKpro-Missérété	4 600	600	15 600	3 500	108 300			-	-	-
OUEME	Avrankou	8 000	600	19 200	6 000	134 600			-	-	-
OUEME	Bonou	1 300	5 200	10 200	1 800	67 810			-	-	-
OUEME	Dangbo	7 600	1 500	9 600	10 700	202 400			-	-	-
OUEME	Porto-Novo	2 600	1 500	11 100	9 000	80 960			-	-	-
OUEME	Sèmè-Podji	5 200	900	9 600	14 300	80 960			-	-	-
Total OUEME		40 100	23 400	111 400	57 200	1 006 000	78 465	4 960	-	-	-
PLATEAU	Adja-Ouèrè	1 900	4 800	13 100	4 700	135 900			-	-	-
PLATEAU	Ifangni	8 300	2 700	18 000	5 400	203 700			-	-	-
PLATEAU	Kétou	13 700	12 000	33 900	11 900	230 300			-	-	-
PLATEAU	Pobè	1 900	10 800	12 400	11 900	83 490			-	-	-
PLATEAU	Sakété	3 900	7 000	10 200	2 400	203 700			-	-	-
Total PLATEAU		29 700	37 300	87 600	36 300	857 000	12 267	0	-	-	-

Départements	Communes	Bovins	Ovins	Caprins	Porcins	Volaille locale	Pondeuses améliorées*	Poulets chairs**	Equins	Asins	Camelins
COLLINES	Bantè	17 100	3 800	14 200	5 000	576 900			-	-	
COLLINES	Dassa-Zounmè	19 000	3 800	14 100	3 100	323 900			-	-	
COLLINES	Glazoué	18 000	5 100	29 000	4 400	1 149 000			-	-	
COLLINES	Ouèssè	12 500	4 000	14 800	7 600	283 400			-	-	
COLLINES	Savalou	25 300	7 500	39 000	7 300	832 400			-	-	
COLLINES	Savè	17 300	4 100	13 600	8 600	344 100			-	-	
Total COLLINES		109 200	28 300	124 700	36 000	3 509 700	5 466	500	-	-	0
ZOU	Abomey	2 000	600	16 000	5 500	632 500			-	-	
ZOU	Agbangnizoun	600	200	11 900	3 900	349 200			-	-	
ZOU	Bohicon	1 500	600	13 600	3 900	473 200			-	-	
ZOU	Covè	200	300	2 700	4 400	80 960			-	-	
ZOU	Djidja	10 600	6 300	23 200	5 200	609 800			-	-	
ZOU	Ouinhi	500	2 600	5 200	1 100	197 400			-	-	
ZOU	Zangnanado	4 700	1 400	7 000	2 500	192 300			-	-	
ZOU	Za-Kpota	2 200	500	20 300	8 600	495 900			-	-	
ZOU	Zogbodomey	1 600	4 100	4 800	3 700	566 800			-	-	
Total ZOU		23 900	16 600	104 700	38 800	3 598 060	29 539	467	-	-	0
Total National		1 876 800	762 300	1 467 400	341 700	15 163 260	453 660	49 475	1 269	1 494	16

* **: Recensement du cheptel avicole amélioré, PADAM, Novembre 2007
Source: Direction de l'Elevage

Juillet 2010