

REPUBLIQUE TOGOLAISE
Travail-Liberté-Patrie

PROGRAMME DES NATIONS UNIES
POUR LE DEVELOPPEMENT

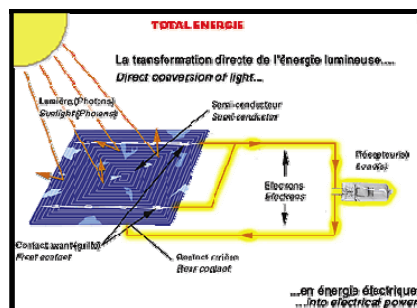
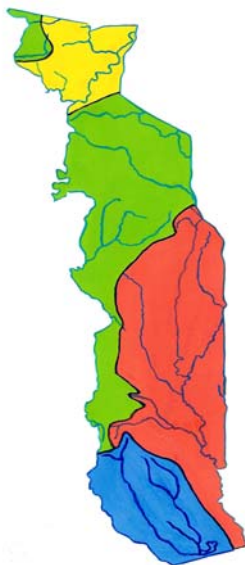
MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT

ET DES RESSOURCES FORESTIERES

PROJET CNCC/PNUD/FEM/TOG97/G32

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Besoins Nationaux en Technologies



PROJET CHANGEMENTS CLIMATIQUES.

Septembre 2003

Les études à la base de ce document sont essentiellement celles qui ont été réalisées sur les besoins nationaux en technologies dans trois secteurs prioritaires (Energie, Agriculture/Foresterie et Déchets) par des experts nationaux de chacun des secteurs retenus. Les données caractéristiques de chaque secteur sont tirées de la Communication Nationale Initiale du Togo présentée à la COP 7 en Novembre 2001 à Marrakech (Maroc). La plupart des données sur les émissions de GES font référence à l'année 1995 choisie comme année de base.

Sommaire

	Page
Sommaire	ii
Liste des Tableaux	v
Liste des figures.....	vi
Abréviations et Acronymes.....	viii
Résumé	1
Introduction	3
1. Secteur de l'énergie.....	5
1.1. Ressources et potentiels énergétiques	6
1.1.1. Energies fossiles	6
1.1.2. Biomasse végétale.....	6
1.1.3. Hydroélectricité	7
1.1.4. Energies renouvelables	7
1.2. Politique énergétique	7
1.3. Emissions de GES dues au secteur de l'énergie en 1995	8
1.4. Inventaire des technologies disponibles.....	11
1.4.1. Technologies dans les sous secteurs Résidentiel&Artisanat / Commerces et Institutions.....	13
1.4.1.1. Cuisson	13
1.4.1.2. Eclairage	16
1.4.1.3. Réfrigération.....	20
1.4.1.4. Climatisation.....	21
1.4.2. Technologies dans le sous secteur des Transports	21
1.4.3. Technologies dans le sous secteur Industries Energétiques	23
1.4.3.1. Energies renouvelables	23
1.4.3.2. Panneaux photovoltaïques	23
1.4.3.3. Aérogénérateurs	29
1.4.3.4. Biomasse.....	30
1.4.3.5. Bio gaz	30
1.5. Choix des technologies les mieux adaptées	33
1.6. Classification des technologies : coût et efficacité	34

2. Secteur de l'agriculture et de la foresterie.....	36
2.1. Sous secteur de l'agriculture.....	36
2.1.1. Caractéristiques du sous secteur de l'agriculture.....	36
2.1.1.1. Politique du sous secteur agricole.....	37
2.1.1.2. Emissions de GES du sous secteur de l'agriculture.....	38
2.2. Sous secteur de la foresterie.....	39
2.2.1. Caractéristiques du sous secteur de la foresterie.....	39
2.2.2. Emissions de GES du secteur de l'affectation des terres et foresterie.....	40
2.3 . Technologies dans le secteur de l'agriculture et de la foresterie	41
2.3.1. Production végétale.....	42
2.3.1.1. Les palliatifs possibles au brûlage sur place de la paille et autres résidus de récolte.....	43
2.3.1.2. Amélioration des techniques culturales du riz et limitation des superficies inondées.....	47
2.3.1.3. Production d'essences forestières et réhabilitation des espèces en disparition.....	48
2.3.2. Production animale.....	51
2.4 Analyse des coûts-efficacité des méthodologies proposées.....	52
2.4.1. Broyage et enfouissement des résidus de récolte.....	52
2.4.2. Pressage des résidus de récolte en briquettes combustibles	52
2.4.3. Production d'essences forestières.....	53
2.4.4. Amélioration de l'agrotechnique du riz et limitation des superficies de riz inondé.....	53
2.4.5. La production animale.....	54
2.4.6. Classification des technologies retenues.....	54
3. Secteur des déchets.....	56
3.1. Caractéristiques du secteur des déchets.....	57
3.2. Emissions de GES du secteur des déchets.....	58
3.3. Technologies de gestion des déchets.....	59
3.3.1. Méthodes mécaniques : la décharge contrôlée.....	60
3.3.1.1. Décharge brute.....	60
3.3.1.2. Décharge contrôlée.....	61

3.3.1.3. Valorisation des déchets par tri	62
3.3.2. Méthodes de traitement thermique des déchets.....	64
3.3.2.1. Incinération directe	64
3.3.2.2. Combustibles solides dérivés des déchets	65
3.3.2.3. La Pyrolyse.....	66
3.3.3. Procédés biologiques.....	67
3.3.3.1. Hydrolyse des déchets	67
3.3.3.2. Méthanisation	68
3.3.3.3. Compostage.....	69
3.5. Coûts des technologies retenues	70
3.6. Offres financières.....	71
Conclusion	76
Bibliographie	78
Annexe : Termes de Références	81

Liste des Tableaux

	Page
Tableau 1 : Emission de GES au Togo en 1995	10
Tableau 2 : Prix des foyers améliorés vendus au Togo	15
Tableau 3 : Comparaison de coûts entre lampes incandescentes et lampes fluorescentes(efficacité lumineuse identique).....	18
Tableau 4 : Les ampoules avec leurs inconvénients et avantages.....	19
Tableau 5 : Prix des panneaux et chauffe eau solaires.....	26
Tableau 6 : Références en Etude, Développement, Réalisation et Installation de Systèmes Solaires.....	27
Tableau 7 : Matrice des impacts potentiels de l'utilisation des TER. ...	33
Tableau 8 : Coût efficacité des technologies	35
Tableau 9 : Evolution des superficies des principales cultures (x1000ha)	37
Tableau 10 : Consommation du bois au TOGO :	39
Tableau 11 : Récapitulatifs des déchets ménagers des villes.....	57
Tableau 12 : Récapitulatif des déchets solides au TOGO	57
Tableau 13 : Déchets industriels pour l'année 1995 :.....	58

Liste des figures

	Page
Figure 1 : Consommation finale par source d'énergie	5
Figure 2 : Consommation d'énergies traditionnelles essentiellement pour la cuisson dans les ménages.	6
Figure 3 : Emissions de GES du secteur de l'énergie en 1995.....	9
Figure 4 : Le secteur Energie et ses sous secteurs.....	11
Figure 5 : Sous secteur Résidentiel/Commerce et Institution et les différentes utilisations	12
Figure 6 : Sous secteur Industrie Energétique et les technologies ER .	12
Figure 7 : Sous secteur des Transports et ses composantes.	13
Figure 8 : Foyer amélioré à bois	14
Figure 9 :Foyer amélioré (Adokpogbadja) à gaz distribué par Mobil.....	15
Figure 10 : Foyers améliorés à charbon de bois.....	15
Figure 11 : Foyer amélioré à gaz distribué par la société ELOHIM	16
Figure 12 : lampe fluorescente compacte.	17
Figure 13 : Lampe au méthane en chine	20
Figure 14 : Trafic routier encombré : condition défavorable à l'environnement.....	22
Figure 15 : Bus alimenté par des piles à combustible (hydrogène+air)	22
Figure 16 : Véhicule tout électrique	22
Figure 17 : Principe de conversion de la lumière en énergie électrique.	23
Figure 18 : Principe de stockage de l'énergie et alimentation d'un récepteur.....	24
Figure 19 : Hôpital de campagne alimenté par panneaux solaires	25
Figure 20 : Champ de panneaux solaires	26
Figure 21 : Champ éolien.....	29
Figure 22 : Principe de production de bio gaz.....	31
Figure 23 : Emissions de GES du secteur de l'agriculture.	38
Figure 24 : Affectation des Terres et Foresterie : Principales émissions et puits de GES en 1995.....	41
Figure 25 : Production de plantes pour reconquérir les surfaces dénudées.....	42

Figure 26 : Emissions de CH ₄ par secteur en 1995.....	59
Figure 27 : Emissions de N ₂ O en 1995, par secteur.....	59
Figure 28 : Système de production de briquettes de différents diamètres à partir de déchets broyés puis compactés.....	66

Abréviations et Acronymes

Sigles

AFRI	Aménagement Forestier et Reboisement Industriel
BB	Brasserie du Bénin
CATAT	Comptoir Africain pour le Transfert et l'Adaptation de Technologie
CCE	Commission des Communautés Européennes
CCNUCC	Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CNSF	Centre National de Semences Forestières
CM	Coût Marginal
CVPGE :	Comités Villageois de Protection et de Gestion de l'Environnement
ENSI	Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs
ESA	Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie
ER	Energie Renouvelable
FAO	Food and Agriculture Organization
FNUAP	Fonds des Nations Unies pour la Population
GES	Gaz à Effet de Serre
GPL	Gaz de Pétrole Liquéfié
ICAT	Institut de Conseil et d'Appui Technique
ITRA	Institut Togolais de Recherche Agronomique
MAEP	Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche
MERF	Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières
NIOTO	Nouvelle Industrie des Oléagineux du Togo
ONG	Organisation Non Gouvernementale
PACIPE	Programme d'Assistance technique à la Communication et à l'Information
PIB	Produit Intérieur Brut
PNAE	Plan National d'Action pour l'Environnement pour la Protection de l'Environnement
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PV	Photovoltaïque
SAO	Substance Appauvrissant la couche d'Ozone
SINTO	Société de production de sucre
SOTOCO	Société Togolaise de Coton
SOTOEMA	Société Togolaise d'Enlèvement des Ordures Ménagères et d'Assainissement
UL	Université de Lomé

Symboles Chimiques

CFC	Chlorofluorocarbure
CH ₄	Méthane
CO ₂	Dioxyde de Carbone
CO	Monoxyde de Carbone
COV	Composés Organiques Volatiles
COVNM	Composés Organiques Volatiles Non-Méthaniques
H ₂	Hydrogène
H ₂ S	Hydrogène sulfuré
HCFC	Hydrochlorofluorocarbure
HFC	Hydrofluorocarbure
N ₂ O	Hémioxyde d'Azote
NO _x	Oxydes d'Azote
O ₂	Oxygène
PFC	Hydrocarbure Perfluoré
SO ₂	Dioxyde de Soufre
SF ₆	Hexafluorure de Soufre

Unités

°C	degré Celsius (0°C = 273K); température
CO _{2-e}	Equivalent CO ₂
Gg	Gigagramme (10 ⁹ g)
GWh	Gigawattheure
ha	hectare (10 ⁴ m ²)
hbt	habitant
J	joule
kg	kilogramme
kWh	kilowattheure
m	mètre ; longueur
m ²	mètre carré ; surface
m ³	mètre cube ; volume
MW	Mégawatt (10 ⁶ W)
s	seconde
t	tonne (10 ³ kg)
tep	tonne d'équivalent pétrole
W	watt; puissance

Résumé

L'évaluation des besoins nationaux en technologie au Togo porte sur trois secteurs clef selon leur importance économique et le poids relatif de leurs émissions de GES. Les secteurs retenus pour cette étude sont :

- l'Energie ;
- l'Agriculture/Foresterie et
- les Déchets.

Au titre de la Convention des Nations Unies sur les Changements Climatiques, les différentes études menées par des experts nationaux sur chaque secteur aboutissent aux choix des technologies suivantes pour réduire les émissions de GES de ces secteurs ou pour accroître les puits de ces gaz tout en garantissant un développement durable :

Pour le secteur de l'énergie

Deux axes technologiques sont prioritaires :

- amorcer par des subventions ou avantages fiscaux la production et la diffusion de foyers améliorés à bois, à charbon de bois et à gaz pour toutes les couches sociales du pays.
- promouvoir les énergies renouvelables (solaire thermique, cellule photovoltaïque, micro-hydraulique, éolienne etc.) en facilitant l'accès à ces technologies et en formant les populations à leur maîtrise et à leur gestion.

Pour le secteur de l'agriculture et de la foresterie

Les technologies identifiées concernent essentiellement la production végétale et la production animale.

En production végétale :

- lutte contre le brûlage sur place de la paille et des autres résidus de récolte afin d'éviter l'émission dans l'atmosphère du dioxyde de carbone (CO₂) et des traces de certains gaz tels que le méthane (CH₄), le monoxyde de carbone (CO), l'hémioxyde d'azote (N₂O) ;
- réduction des émissions de CH₄ en riziculture ;
- sauvegarde et augmentation de la couverture forestière nationale.

En Production Animale :

- Elevage en enclos de porcins et de volaille ;
- création de prairies améliorées et introduction dans les assolements de jachères entretenues.

Pour le secteur des déchets

Parmi l'éventail des technologies existantes, trois technologies sont retenues par les experts comme ayant un intérêt pour le Togo :

- Traitement des déchets ménagers par le procédé "Alcyon Biothermic" ;
- Procédé de fabrication de compost ;
- Traitement des déchets par le procédé SOL.



Toutefois, pour réussir l'intégration et le développement de ces technologies au Togo il est nécessaire de lever les barrières suivantes :

- **Politique** : Insuffisance de volonté politique clairement exprimée et renforcement de l'Etat de droit suivi d'une bonne gouvernance ;
- **Juridique** : Insuffisance d'instruments d'intégration régionale, Absence de normes nationales relatives à la rentabilité énergétique ;
- **Institutionnelle** : Manque/Insuffisance d'institutions compétentes ;
- **Financier/économique** : Insuffisance de structures de financement du secteur ;
- **Sociale** : Faible implication des communautés/bénéficiaires à la base.

Introduction

L'article 2 de la Convention-Cadre sur les Changements Climatiques stipule : *quand il y a risque de perturbations graves ou irréversibles, l'absence de certitudes scientifiques absolues ne doit pas servir de prétexte* " et "il incombe aux parties de prendre des mesures de précaution pour prévoir, prévenir ou atténuer les causes du changement climatique ou en limiter les effets néfastes " (c'est-à-dire " mitiger " les changements climatiques).

Les pays industrialisés sont largement responsables de l'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère depuis la révolution industrielle, donc du changement climatique observé depuis plusieurs décennies. Ces pays possèdent par ailleurs les meilleures technologies disponibles pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. L'article 3 alinéa 1 de la convention-cadre des nations Unies sur les changements climatiques énonce donc le principe de responsabilités communes, mais " différenciées ". Les pays industrialisés ont ainsi reconnu leur responsabilité particulière en matière de changement climatique.

Toutefois, différentes études montrent que le coût du changement climatique rapporté au PIB sera plus élevé pour les pays en développement que pour les pays industrialisés. Les pays en développement tropicaux et subtropicaux concentreront également l'immense majorité des victimes humaines liées à la fréquence accrue des tempêtes et des cyclones.

Conscient des dangers des effets néfastes des changements climatiques, le Togo s'est engagé depuis plusieurs années dans le processus de la maîtrise des émissions de gaz à effet de serre. La première phase du projet changements climatiques au Togo a abouti à la présentation de la Communication Nationale Initiale présentée à la COP7 en novembre 2001. Les principales études suivantes ont été menées dans les secteurs considérés comme des sources potentielles d'émission de gaz à effet de serre :

- l'inventaire des émissions et puits de gaz à effet de serre ;
- les politiques et mesures d'atténuation des gaz à effet de serre ;
- les études de vulnérabilité et d'adaptation.

Ces études ont permis d'analyser les problèmes de changements climatiques au Togo et d'évaluer les impacts qui y sont liés.

Dans le cadre de la phase II du projet Changements Climatiques, le Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières, la

Coordination du Projet « Communication Nationale sur les Changements Climatiques » et le PNUD ont organisé du 28 au 30 Mai 2002 à l'hôtel Nachtigal, Togoville, un séminaire atelier sur le thème : Evaluation des Besoins Nationaux en Technologie.

L'objectif de l'atelier a été l'initiation des experts nationaux à la méthodologie d'Evaluation des Besoins Nationaux en Technologie selon le concept des Changements Climatiques avec comme finalité le choix des technologies appropriées pour satisfaire les besoins dans les secteurs clés compte tenu des contraintes. Il a également permis d'identifier un certain nombre de technologies pouvant être bénéfiques dans la politique de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans les différents secteurs.

Suite à cet atelier, trois études complémentaires ont permis d'approfondir les conclusions des travaux sur les besoins nationaux en technologie dans les secteurs suivants :

- Energie ;
- Agriculture et Foresterie ;
- Déchets.

Ce document présente les caractéristiques de chaque secteur et les résultats pertinents des différentes études réalisées.

1. Secteur de l'énergie¹

Comme bon nombre de pays non producteurs de pétrole de la sous-région ouest-africaine, le profil énergétique du Togo est caractérisé par :

- une totale dépendance extérieure pour les produits pétroliers ;
- une dépendance extérieure à 60% pour l'électricité ;
- une forte consommation d'énergies traditionnelles (bois de chauffe, charbon de bois et déchets végétaux) qui accroît les pressions sur le couvert végétal.

La consommation finale d'énergie est évaluée en 1998 à près de 1 million de tonnes d'équivalent pétrole (tep), soit 0,34 tep par tête d'habitant. La figure 1 présente la consommation en 1998 par source d'énergie. Elle montre le déséquilibre au Togo entre énergies traditionnelles (80%) et énergies modernes (20%).

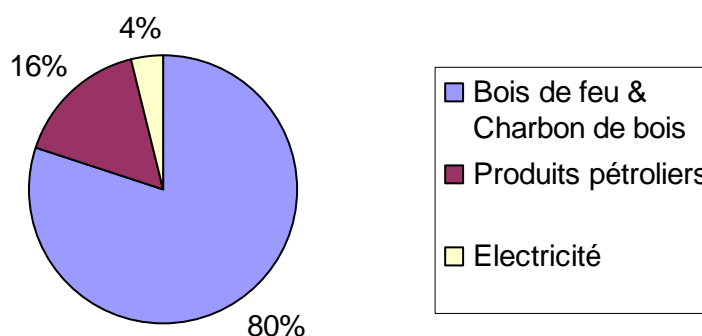


Figure 1 : Consommation finale par source d'énergie

Source : Communication Nationale Initiale du Togo.

Les énergies traditionnelles sont essentiellement consommées dans les ménages (figure 2). Les produits pétroliers sont pour la plupart destinés au transport et à certaines unités de production industrielle tandis que l'électricité est utilisée pour la production dans les industries, les fabriques et essentiellement pour l'éclairage dans les centres urbains.

On peut également noter sur le secteur :

- une grande fragilité des systèmes de production et de distribution qui sont sujets à de nombreuses défaillances : techniques, hydriques, managériales, etc ;

¹ Ce chapitre s'inspire de l'étude "Evaluation des besoins nationaux en technologie : secteur Energie de Dr. Akpé Komi AGBOSSOU.

- l'existence de fortes disparités régionales entre l'offre et la demande d'énergie ;
- une intensité énergétique relativement élevée due à la part importante des énergies traditionnelles dont les rendements d'utilisation sont très bas.

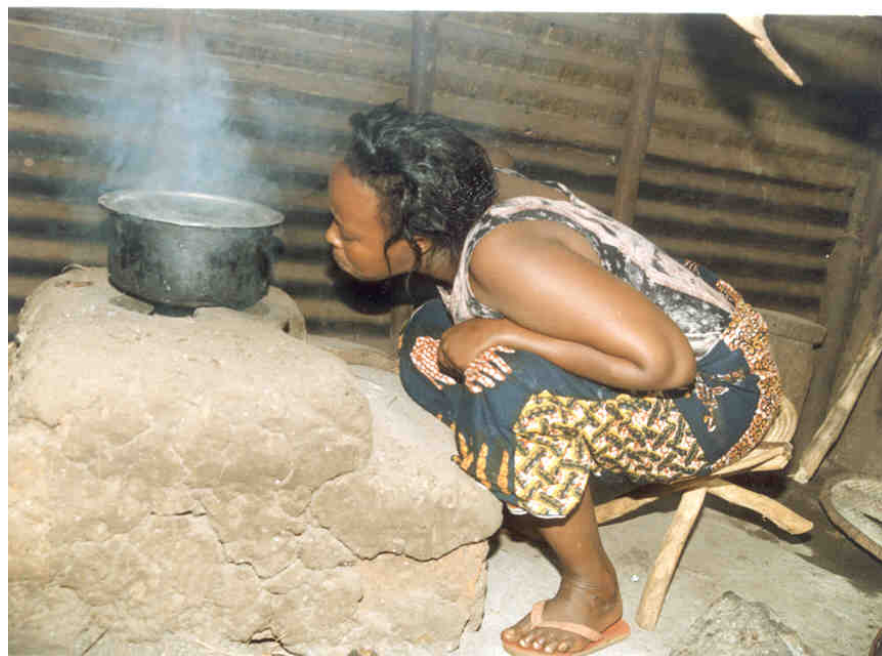


Figure 2 : Consommation d'énergies traditionnelles essentiellement pour la cuisson dans les ménages.

1.1. Ressources et potentiels énergétiques

1.1.1. Energies fossiles

Plusieurs recherches menées aussi bien par des organismes nationaux qu'internationaux ont révélé des indices de tourbes et de pétrole offshore. Mais il est difficile de se prononcer sur l'importance des gisements. Les prospections en 1997 et 1999 ont confirmé que l'offshore togolais est un site géologiquement favorable à l'accumulation de pétrole et de gaz constituant ainsi un potentiel de réservoir intéressant. Selon certaines sources officielles les années à venir pourraient connaître un début d'exploitation pétrolière.

1.1.2. Biomasse végétale

La biomasse végétale comprend les ressources forestières et les déchets végétaux. Les ressources forestières sont caractérisées par une forêt secondaire semi-décidue de faible superficie. A cette végétation naturelle s'ajoutent les plantations industrielles d'essences à croissance rapide à des fins énergétiques composées essentiellement d'eucalyptus évalués à plus de 6 000 ha avec des rendements de 8 à 12 m³/ha/an. Ces

différentes sources contribuent à la disponibilité annuelle du bois de chauffe estimée entre 4,7 et 11,3 millions de m³.

1.1.3. Hydroélectricité

Le potentiel hydroélectrique est composé de 39 sites identifiés sur différents cours d'eau du pays en 1984 et dont 23 présentent un potentiel supérieur à 2 MW. L'essentiel de ce potentiel se trouve sur deux cours d'eau : le Mono et l'Oti. Le productible qui peut être attendu de l'ensemble de ces sites est évalué à 850 GWh pour une puissance installée de 224 MW.

1.1.4. Energies renouvelables

Le potentiel des énergies renouvelables est constitué d'énergie solaire, d'énergie éolienne et de biomasse humide. On estime l'énergie solaire globale moyenne rayonnée sur un plan horizontal à 4,4 kWh/m²/J pour Lomé, 4,3 kWh/m²/J pour Atakpamé et 4,5 kWh/m²/J pour Mango ; les puissances peuvent dépasser 700 W/m² surtout en saison sèche quand le ciel est clair et le taux d'humidité de l'air bas.

Le gisement éolien n'est pas important bien que des pointes instantanées de vent atteignent des valeurs élevées, jusqu'à 40 m/s dans certaines régions. Seule la zone côtière du pays présente des indices favorables.

Le potentiel de bio gaz peut être constitué par le prélèvement sur les déchets végétaux d'agriculture et les matières fécales animales du cheptel. Les déchets urbains en croissance avec la poussée démographique peuvent contribuer également à ce potentiel.

1.2. Politique énergétique

La politique énergétique du gouvernement togolais vise la recherche de solutions appropriées aux différents problèmes et la promotion d'un développement durable du secteur. Les objectifs sont :

- la satisfaction des besoins fondamentaux de la population et des industries en énergie pour assurer le développement économique et social du pays ;
- la gestion efficace de l'énergie en réduisant les pertes et les gaspillages ;
- la mise en place d'un cadre institutionnel et juridique favorable au développement du secteur ;
- le développement des sources alternatives prometteuses pour la production de l'énergie électrique.

La stratégie mise en place comporte :

- la transformation des services publics d'électricité en entreprises privées ou sociétés commerciales autonomes ;
- le renforcement de la participation du secteur privé au développement de la production d'électricité ;
- l'intensification de la coopération sous-régionale dans le domaine de la production, de l'achat et de la vente d'électricité ;
- l'économie d'énergie ;
- la diversification des sources d'approvisionnement ;
- la planification globale du secteur.

Le programme d'actions prévues par le gouvernement pour les prochaines années comprend dans sa composante électricité :

- la réhabilitation et l'extension des réseaux d'électrification à Lomé et dans les centres urbains ;
- l'électrification rurale à l'intérieur du pays ;
- l'interconnexion des villes de Dapaong, Mango, au réseau de la VRA et Kara à Nangbéto.

1.3. Emissions de GES dues au secteur de l'énergie en 1995

Les quatre secteurs les plus importants en matière d'émission de CO₂ liée à l'énergie sont :

- l'Energie et la Transformation ;
- l'Industrie ;
- les Transports ;
- les Autres secteurs (Commerces, Institutions, Résidentiels et Artisanat).

Si les trois premiers secteurs reposent sur l'utilisation des produits pétroliers, le dernier groupe en particulier le résidentiel et l'artisanat, est caractérisé par une très importante utilisation de la biomasse.

Comme on peut le constater sur la figure 3, dans le secteur Energie, les émissions de CO₂ (874,41 Gg) sont majoritaires suivies de celles de CO (350,68 Gg).

Le sous-secteur des Transports avec près de 65% des émissions de CO₂ domine, suivi des industries manufacturières et de construction, du résidentiel et de l'artisanat.

Les émissions des autres gaz (N₂O, CH₄, NO_x et COVNM) sont relativement faibles.

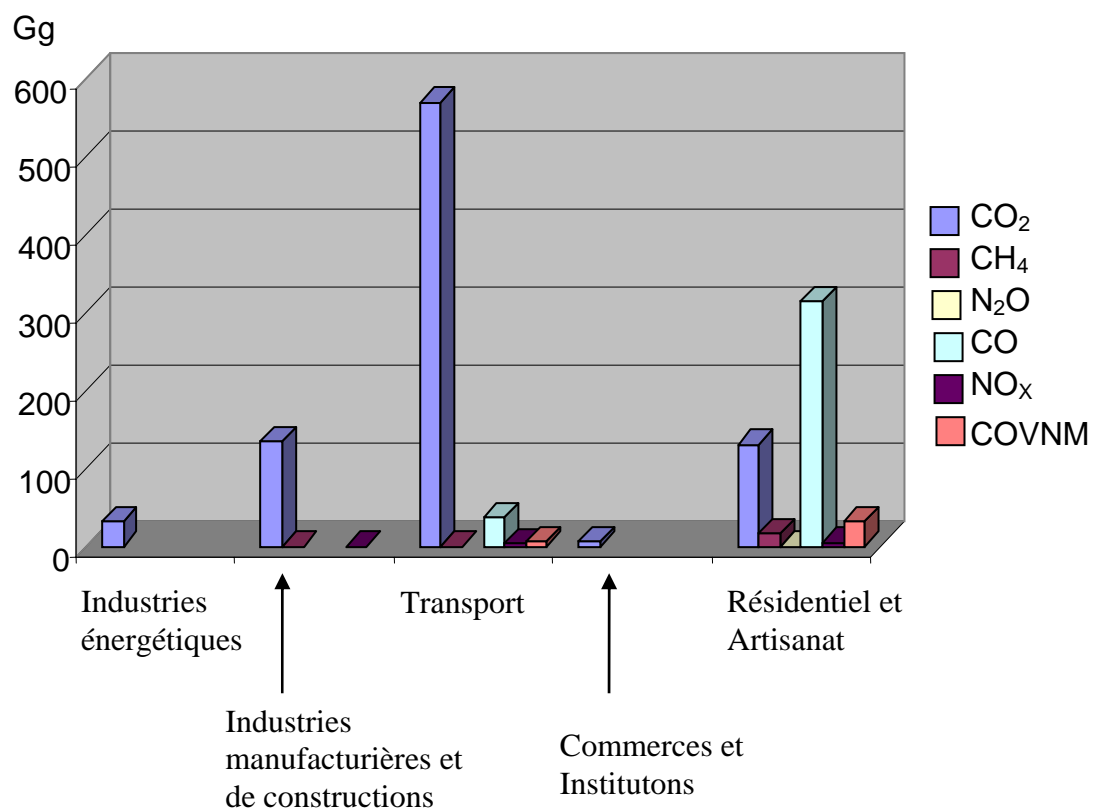


Figure 3 : Emissions de GES du secteur de l'énergie en 1995.
 Source : Communication Nationale Initiale du Togo.

Tableau 1 : Emission de GES au Togo en 1995

Emissions (Gg)		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	COVMN	SO ₂
Energie	Approche de Référence	893,09						
	Approche Sectorielle	874,41	17,36	0,22	350,68	10,44	39,29	
Industries énergétiques		32,96						
Industries manufacturières et de construction		134,69	0,01			0,04		
Transports		568,31	0,10		36,91	4,41	6,94	
Commerces et Institutions		7,37						
Résidence et Artisanat		131,08	17,25	0,22	313,77	5,99	32,35	
Procèdes industriels		403,53					0,24	0,13
Produits Minéraux		403,53						0,13
Aliments et Boissons							0,24	
Agriculture			26,97	8,75	240,26	4,92		
Fermentation entérique			15,53					
Gestion du fumier			1,63	0,0001				
Riziculture			0,41					
Combustion sur place des déchets agricoles			1,17	0,034	24,47	1,24		
Brûlage dirigé de la savane			8,23	0,09	215,79	3,68		
Sols agricoles				8,624				
Affectation des Terres et Foresterie		19964,1	14,36	0,10	125,65	3,58		
Forets et Autres stocks de Biomasse ligneuse		-3615,77						
Conversion des terres		9240,55	14,36	0,10	125,65	3,58		
Terres abandonnées		-7792,68						
Changement d'Affectation des Terres		22132,00						
Déchets			0,174	0,01				
Déchets solides			0,174					
Eaux usées domestiques et commerciales								
Eaux usées industrielles								
Déjections humaines				0,01				
Total		21242,04	58,86	9,08	716,59	18,94	39,53	0,13
Pour mémoire :								
Soutes internationales		24,54						
Biomasse		6015,22						

Source : Communication Nationale Initiale du Togo.

1.4. Inventaire des technologies disponibles

L'inventaire des technologies dans le secteur Energie peut se faire en considérant la structure arborescente de la figure 4 qui décompose le secteur en quatre sous secteurs : Résidentiel/Commerces et Institutions, Transport, Industrie Energétique et Industrie. Dans chaque sous secteur l'énergie est consommée pour satisfaire des besoins spécifiques illustrés par la structure arborescente des figures 5, 6 et 7. A ces besoins correspond un ensemble de technologies écologiquement rentables (TER). Le sous secteur industrie énergétique concerne essentiellement la production d'énergie électrique et sa structure fait apparaître directement les différentes technologies des énergies nouvelles et renouvelables (figure 6).

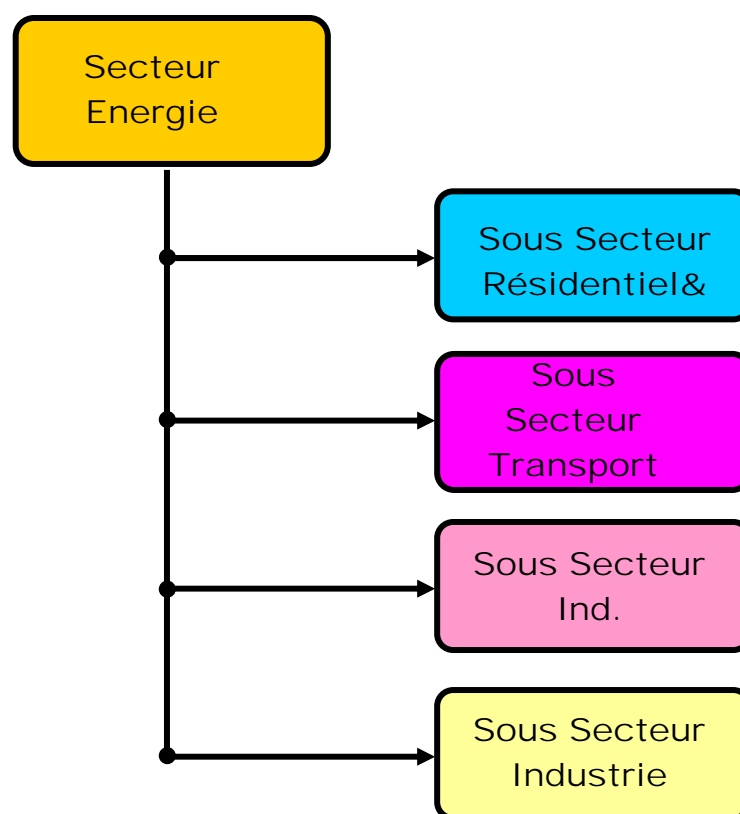


Figure 4 : Le secteur Energie et ses sous secteurs

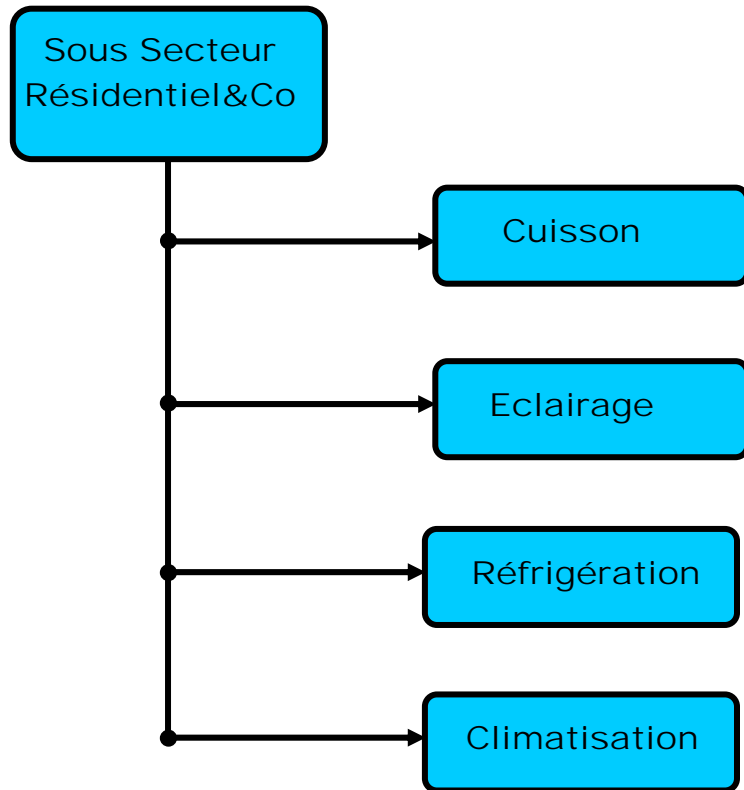


Figure 5 : Sous secteur Résidentiel/Commerce et Institution et les différentes utilisations

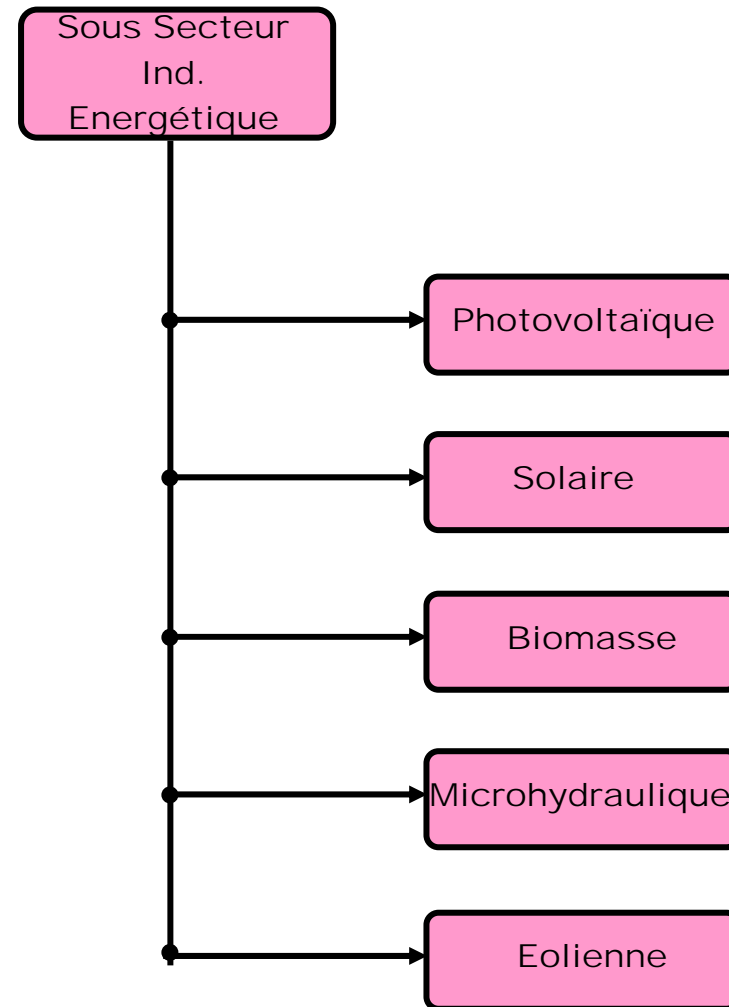


Figure 6 : Sous secteur Industrie Énergétique et les technologies ER

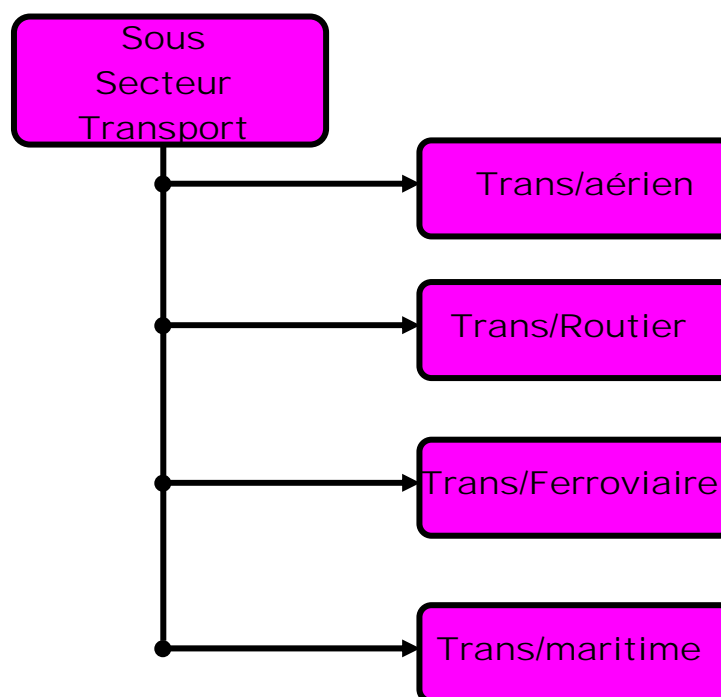


Figure 7 : Sous secteur des Transports et ses composantes.

1.4.1. Technologies dans les sous secteurs Résidentiel&Artisanat / Commerces et Institutions

Les options technologiques qui existent peuvent être classées en trois grands groupes :

- technologies qui améliorent le rendement énergétique dans les habitations et immeubles ;
- technologies qui améliorent le rendement énergétique des nouveaux équipements ;
- technologies qui améliorent le rendement des équipements déjà installés.

1.4.1.1. Cuisson

Dans la perspective d'une utilisation rationnelle de la biomasse énergie les technologies suivantes sont couramment adoptées pour la cuisson dans les ménages :

Foyers améliorés à biomasse, à pétrole, au GPL ou au gaz. Les connaissances actuelles dans le domaine permettent d'avoir des foyers qui économisent entre 30 et 50% de bois, de charbon de bois ou du combustible en général (figure 8, 9, 10 et 11). Des travaux de recherche doivent être poursuivis pour réduire les émissions inhérentes au mode de combustion dans ces foyers tout en leur garantissant un bon rendement. Puisque pour plusieurs années encore les énergies traditionnelles seront consommées dans les milieux ruraux et dans les ménages urbains, cette technologie doit être encouragée et développée à grande échelle. Pour

avoir des chances de réussites les programmes de foyers améliorés doivent répondre aux questions fondamentales suivantes :

- quelles sont les attentes de l'utilisateur à travers ces améliorations ?
- dans l'esprit de l'utilisateur ces attentes sont-elles satisfaites par l'acquisition du foyer amélioré ?
- le foyer économise-t-il du combustible ?
- quel est le coût du foyer ?



Figure 8 : Foyer amélioré à bois
Source : *Technology Environment Data Leap 2000.*

Coût des foyers améliorés

Bien que des travaux soient en cours depuis plusieurs années, il y a très peu de données économiques sur les différents types de foyers. Il y a une grande différence de prix selon les spécifications techniques (forme, qualité des matériaux etc.), et le pays. Les coûts des foyers à bois dans les pays en développement varient d'un plancher de 1 dollar US pour les bas de gamme à 60 dollars US pour les hauts de gamme en métal épais. Des expériences dans plusieurs pays montrent qu'on peut produire et vendre des foyers améliorés à bois et à charbon de bois à des prix compris entre 1 dollar US et 15 dollars US.

Au Togo, des foyers améliorés à gaz et à charbon de bois sont disponibles sur le marché à des prix variables selon que le produit est subventionné ou pas.

Tableau 2 : Prix des foyers améliorés vendus au Togo

Type de foyer	Prix marché dollars US	Prix subventionné
Foyer amélioré à charbon (Artisans)	7	2,85
Foyer amélioré à gaz Kit Mono foyer (MOBIL)	28,5 US	-
Foyer amélioré à gaz Kit Double foyers (KUISIPRO)	85,71	71,50



Figure 9 :Foyer amélioré (Adokpogbadja) à gaz distribué par Mobil
 Source : Mobil Togo.



Figure 10 : Foyers améliorés à charbon de bois.
 (Distribués dans les années 80 par le laboratoire d'énergie solaire de l'Université du Bénin et reproduit toujours par quelques artisans).
 Source : Laboratoire d'Energie Solaire Université de Lomé.



Figure 11 : Foyer amélioré à gaz distribué par la société ELOHIM

Source : ELOHIM sarl Lomé.

1.4.1.2. Eclairage

En matière d'éclairage, les progrès techniques ont permis de fabriquer des ampoules électriques qui ont un label écologique. Ces ampoules répondent aux critères suivants :

- réduire les dommages ou les risques environnementaux liés à l'utilisation de l'énergie (réchauffement de la planète, acidification ; épuisement des ressources d'énergie non renouvelables) en diminuant la consommation d'énergie ;
- réduire les dommages ou les risques environnementaux dus à l'utilisation de mercure en diminuant la teneur des ampoules en mercure et en augmentant la durée de vie moyenne ;
- diminuer l'impact des déchets sur l'environnement en utilisant davantage de matériaux recyclés dans les emballages (biodégradables ou plastiques) et en augmentant leur durée de vie.



Figure 12 : lampe fluorescente compacte.

Quand bien même les lampes électriques représentent la meilleure option d'éclairage, il faut noter qu'une part importante des populations rurales et urbaines n'a toujours pas accès à l'électricité et doit se reposer sur des sources d'éclairage non-électriques et polluantes comme des lampes à pétrole, des lampes à gaz ou des bougies.

Les lampes électriques peuvent être classées en trois catégories :

- lampes incandescentes ;
- lampes fluorescentes (figure 12) ;
- lampes à décharge .

Le tableau 4 présente les caractéristiques de ces lampes en montrant pour chaque type les avantages et les inconvénients.

Coût des lampes

Le tableau 3 ci-dessous donne le prix des lampes couramment utilisées dans les ménages.

Tableau 3 : Comparaison de coûts entre lampes incandescentes et lampes fluorescentes (efficacité lumineuse identique)

Type de lampe	Prix dollar US	Durée de vie heures
Incandescente 75W	0,39	1000
Incandescente économique 67W	0,54	1000
Fluorescente compacte 16W	17	8000

Source : *Technology Environment Data Leap 2000.*

La figure 13 montre l'utilisation du méthane pour l'éclairage dans certains milieux villageois en Chine.

Tableau 4 : Les ampoules avec leurs inconvénients et avantages

Type de lampes	Puissance (Watt)	Efficacité lumineuse (Lumen/Watt)	Durée de vie moyenne (Heures)	---Avantages ---	Inconvénients
Lampes à incandescence	15 à 1000	8 à 20	1000 à 2000	* Prix bas* Encombrement * Allumage et rallumage instantanés	* Efficacité lumineuse faible * Exploitation onéreuse * Chaleur
Lampes à incandescence aux halogènes	300 à 2000	17 à 27	2000	* Allumage et rallumage instantanés * Rendu des couleurs	* Efficacité lumineuse assez faible
Lampes fluorescentes tubulaires	6 à 65	35 à 85	7000	* Exploitation économique * Eclairages élevés * Possibilité de choisir la teinte la mieux adaptée	* Prix élevé
Lampes fluorescentes compactes	5 à 36	37 à 60	5000	* Efficacité lumineuse * Exploitation économique * Rendu des couleurs * Dimensions	* Investissement
Lampes à lumière mixte	100 à 500	11 à 28	4500	* Allumage instantané * Substitution simple aux lampes à incandescence * Rendu des couleurs	* Temps de rallumage long
Lampes à ballon fluorescent mercure	50 à 1000	36 à 55	8000	Efficacité lumineuse * Encombrement * Durée de vie * Rendu des couleurs	* Temps d'allumage long
Lampes à halogénures métalliques	150 à 2000	75	4000 à 6000	* Efficacité lumineuse * Rendu des couleurs	* Temps d'allumage long
Lampes à vapeur de sodium basse pression	18 à 180	66 à 155	8000	* Exploitation économique	* Impossibilité de distinguer les couleurs * Temps d'allumage long
Lampes à vapeur de sodium haute pression	50 à 1000	52 à 100	8000	* Haute efficacité * Lumière dorée	* Rendu des couleurs * Temps d'allumage long



Figure 13 : Lampe au méthane en chine
Source : *Technology Environment Data Leap 2000*.

1.4.1.3. Réfrigération

Les ménages et essentiellement les unités de transformation alimentaire réalisent aujourd'hui des économies d'énergie en achetant des réfrigérateurs intégrant les technologies suivantes :

- isolation améliorée au polyuréthane ;
- moteur, compresseur, condenseur et évaporateur à haut rendement ;
- régulateur et contrôleur de charge.

Le secteur du froid en général est aussi gros consommateur de substances appauvrissant la couche d'ozone (SAO) et par effet induit contribuant au réchauffement planétaire. Toutes les technologies de reconversion des équipements existants pour une utilisation avec des gaz, qui ne sont pas incriminés par le Protocole de Montréal et ses amendements, sont à encourager. Des mesures d'accompagnement pourraient aider à atteindre l'élimination complète des CFC : formation des douaniers, des techniciens du froid, limitation puis interdiction de l'importation des SAO et des équipements qui l'utilisent encore (mission du Bureau National Ozone).

1.4.1.4. Climatisation

Les technologies les plus couramment adoptées tiennent compte des formes et types d'habitat qui reçoivent l'équipement d'air conditionné. Les maisons, institutions et commerces doivent par conséquent bénéficier d'une architecture convenable et d'une bonne technologie d'isolation. Les équipements par contre ont des caractéristiques technologiques semblables aux réfrigérateurs (renforcement des isolations et réduction des fuites, dispositifs électroniques de régulation du flux d'air et de la tension du compresseur etc.).

1.4.2. Technologies dans le sous secteur des Transports

Le secteur des transports est presque exclusivement dépendant des produits pétroliers. Les sources de pollution proviennent essentiellement du transport routier. La pollution liée à ce secteur est importante et soulève des questions de santé publique en milieu urbain. On obtient une réduction substantielle des émissions en mettant en œuvre ou en adoptant les technologies suivantes :

- moteur à haut rendement ;
- moteur à faible émission ;
- moteur à combustion interne à essence ou diesel ;
- combustibles de remplacement (méthanol, éthanol, propane, gaz liquéfié sous pression) ;
- moteur électrique ;
- moteur à pile à combustible (silencieux et très peu polluant) ;
- moteur hybride essence/électrique ;
- infrastructures routières décongestionnant les centres urbains ;
- raffinage de combustibles sans polluants (plomb, NO_x, SO_x, etc.) ;
- contrôle de la combustion pour éviter la formation de gaz nocifs.

La figures 13 illustre la pollution des agglomérations aux heures de pointe.



Figure 14 : Trafic routier encombré : condition défavorable à l'environnement

Les figures 14 et 15 donnent des exemples de technologies de pointes qui apportent des solutions aux problèmes de pollutions dues au secteur des transports.



Figure 15 : Bus alimenté par des piles à combustible (hydrogène+air)
Source : Technology Environment Data Leap 2000.



Figure 16 : Véhicule tout électrique
Source : Technology Environment Data Leap 2000.

1.4.3. Technologies dans le sous secteur Industries Energétiques

1.4.3.1. Energies renouvelables

Sous le terme d'énergies renouvelables on entend énergies "inépuisables à l'échelle humaine". Elles sont des énergies d'origine non-fossile, généralement non polluantes et sans danger pour l'environnement. On distingue :

- l'énergie solaire ;
- l'énergie éolienne, tirée de la force du vent ;
- l'énergie hydraulique, tirée de la force de l'eau ;
- l'énergie de la biomasse, tirée des plantes, des déchets, de la matière organique ;
- l'énergie thermique des mers, tirée de la différence de température des eaux de surface et des couches profondes ;
- l'énergie marémotrice, tirée de la force des marées d'amplitude importantes.

1.4.3.2. Panneaux photovoltaïques

Les panneaux photovoltaïques (PV) peuvent délivrer une tension de 12 Volts et fournir des puissances allant de 10 à 120 Watt.

La figure 16 schématise le principe de la conversion de la lumière du soleil en énergie électrique pour l'éclairage.

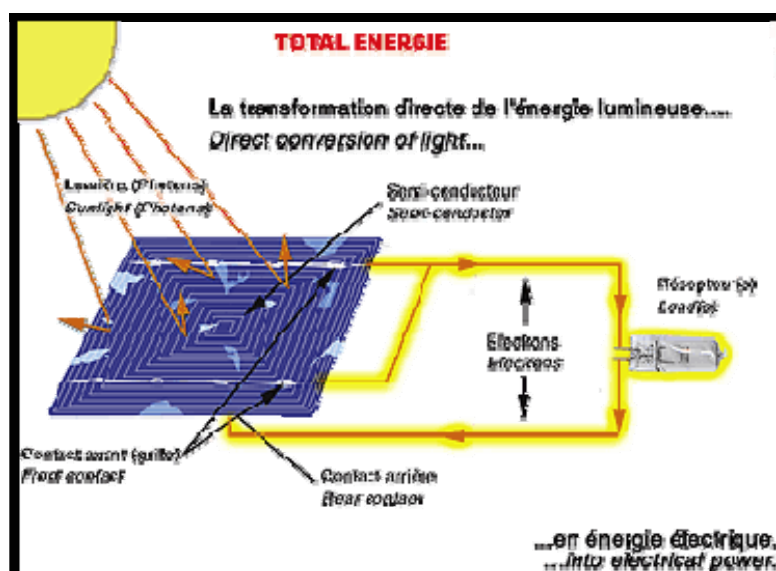


Figure 17 : Principe de conversion de la lumière en énergie électrique.
Source : Total Energie France.

Pratiques et fiables, les capteurs photovoltaïques convertissent directement le rayonnement solaire en électricité. C'est une révolution dans la production d'électricité partout où l'on se trouve.

La croissance de la production des panneaux PV conçus initialement pour la conquête spatiale, a permis la baisse des prix et l'amélioration de leur rendement. De plus ils ne demandent pas de maintenance si ce n'est un nettoyage quand la pluie ne s'en charge pas et ont une durée de vie exceptionnelle (20-25 ans).

Facile à installer

L'installation requiert peu de compétences. Les panneaux PV peuvent être facilement intégrés dans n'importe quel système basé sur des batteries ou connecté au réseau par un onduleur synchrone ou même en alimentation directe pour pompe par exemple.

L'énergie électrique à la sortie des panneaux PV peut être stockée dans une batterie d'accumulateur ou utilisée directement pour alimenter un récepteur continu (figure 17).

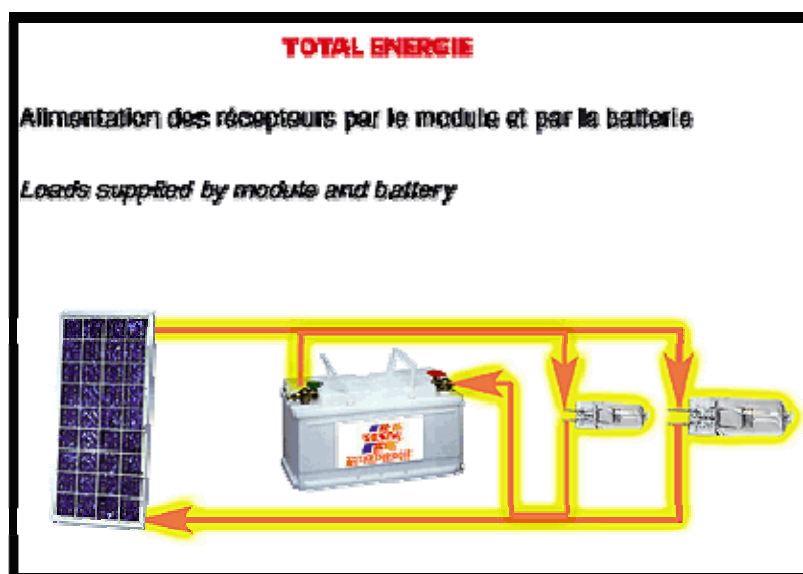


Figure 18 : Principe de stockage de l'énergie et alimentation d'un récepteur

Source : Total Energie France.

Courant de sortie

Les capteurs photovoltaïques pourront produire des quantités non négligeables de courant à partir du soleil. L'utilisation est fonction du nombre de capteurs, de leurs surfaces et bien sur de l'ensoleillement, d'où l'importance d'une étude de dimensionnement des installations.

Adaptable quel que soit le site

Tout lieu est susceptible de produire de l'énergie électrique à partir du soleil, malheureusement, les sites ne sont pas tous égaux devant l'ensoleillement. Il est alors nécessaire de voir la carte d'ensoleillement pour connaître le potentiel du site d'accueil.

Les panneaux PV sont très utiles sur les sites isolés loin du réseau classique de distribution du courant électrique (figure 18)



Figure 19 : Hôpital de campagne alimenté par panneaux solaires
Source : Technology Environment Data Leap 2000.

On peut augmenter la puissance de l'énergie électrique recueillie en accroissant la surface des panneaux exposés à la lumière (figure 19).



Figure 20 : Champ de panneaux solaires
 Source : *Technology Environment Data Leap 2000.*

Coût de quelques réalisations solaires

L'investissement initial des équipements solaires peut être relativement élevé. A titre indicatif, les tableaux 5 et 6 présentent les coûts de certains matériaux et réalisations effectués par CATAT (Comptoir Africain pour le Transfert et l'Adaptation de Technologie), une jeune entreprise togolaise spécialisée dans le domaine et qui travaille en partenariat avec des sociétés européennes comme : SIEMENS SOLAR GmbH, BP SOLAR APEX, STECA GmbH, SONNENSCHHEIN GmbH, Solar World etc.

Tableau 5 : Prix des panneaux et chauffe eau solaires actuellement au Togo.

Article	Caractéristiques	Prix (dollars US)
Module PV	50 W, 12 V	285
Module PV	100 W, 12 V	515
Chauffe eau solaire	150 litres ; 2 m ² de collecteur	860

Source : *Société CATAT Lomé.*

Tableau 6 : Références en Etude, Développement, Réalisation et Installation de Systèmes Solaires

<i>PERIODE</i>	<i>Maître d'ouvrage</i>	DESIGNATION DES TRAVAUX	MONTANT (dollars US)
Septembre 1998	CATAT	Etude, développement, réalisation et expérimentation de système approprié de haute performance pour le chauffage et le conditionnement de l'eau à base de l'énergie solaire, avec application étendue aux milieux ruraux But : utilisation de matériaux modernes importés au côté des matériaux locaux pour une finition locale des équipements afin optimiser le rapport efficacité/coût des exploitations de chauffe-eau solaire	Auto Financement 3200
Juin 1999	CATAT	Etude, développement, réalisation et expérimentation de séchoir solaire approprié au séchage des produits agricoles.	Auto Financement 430
Mai 2000	CATAT – PLAN International Togo	Expérimentation de chauffe-eau solaire dans le dispensaire et maternité de MORETHAN, sous la supervision et avec la participation du PLAN International Togo. But : évaluer les impacts socioculturels et économiques de son exploitation en milieu rural.	2150

Tableau 6 (suite) : Références en Etude, Développement, Réalisation et Installation de Systèmes Solaires

<i>PERIODE</i>	<i>Maître d'ouvrage</i>	DESIGNATION DES TRAVAUX	MONTANT (dollars US)
Décembre 2000	Privé Lomé - Togo	Installation d'un système hybride, solaire de 550Wc et un groupe électrogène, avec inversion automatique de source au domicile Djassémé-Agbodrafo	8000
Mai 2001	Centre médico-social Yayra de Zohounsimé- Sanguéra B.P. 14119 – Tél. 2250 04 34 Lomé	Réalisation et Expérimentation de chaîne de froid (réfrigérateur à compresseur) avec alimentation photovoltaïque pour la conservation de vaccin, au centre médico-social YAYRA de ZOHOUNSME -SANGUERA, avec la participation de l'Organisation Chrétienne pour le Développement (une ONG de Femme chargée de la gestion du centre). But : évaluation des impacts socioculturels et économiques des exploitations en milieu rural de chaîne de froid à base de l'énergie photovoltaïque.	1850
Mai 2002	Clinique de l'Union Tél. 221 77 13 Lomé - Togo	Fourniture et installation d'un chauffe-eau solaire, marque CATAT Clinique de l'Union Nyékonakpoè-Lomé.	1945
En cours Depuis mars 2001	CATAT	Étude, développement, et expérimentation de réacteur hybride et économique (solarthermie + charbon de bois) pour extraction de l'essence végétale enfin de réduire l'utilisation du bois de chauffe au moins à 50%. Ce travail est dans sa phase expérimentale pour l'extraction de l'essence de citronnelle.	Autofinancemen t 1720
En cours Depuis septembre 2002	CATAT – Société Wagner & Co Solar- Technik GmbH	Etude, réalisation et expérimentation de stérilisateur solaire de l'eau de boisson avec application en milieu rural, partenaire du projet Wagner & Co Solartechnik GmbH en Allemagne. Projet en phase d'expérimentation.	Cofinancement 2140
En cours Depuis novembre 2002	Union Européenne : PPMR 7 ^{ème} FED (Fonds Européen de Développement)	Fourniture et installation d'un système solaire, comprenant le système d'éclairage et la chaîne de froid pour la conservation des vaccins et produits pharmaceutiques au dispensaire de Agou – Klonou.	8030

Source : CATAT Lomé.

1.4.3.3. Aérogénérateurs

Les éoliennes ou aérogénérateurs sont les moulins à vent des temps modernes. Elles transforment l'énergie du vent en énergie électrique, qui est la clé du développement.

Les éoliennes modernes sont devenues fiables avec très peu de maintenance (figure 20). La conception des pales est tel que le bruit généré par leur fonctionnement n'est pas plus important que le bruit du vent dans les arbres environnants. Du fait de l'intermittence des vents il est nécessaire de prévoir, comme pour les capteurs photovoltaïques, un stockage de l'électricité produite pour une utilisation continue en alimentation autonome.



Figure 21 : Champ éolien
Source : Technology Environment Data Leap 2000.

Facile à installer

L'installation requiert peu de compétences. Les aérogénérateurs peuvent s'intégrer facilement dans n'importe quel système basé sur des batteries ou connecté au réseau ou même en alimentation directe pour chauffage ou pompe par exemple.

Courant de sortie

Les éoliennes à coût égal aux capteurs photovoltaïques pourront produire des quantités plus importantes de courant à condition d'être dans un site propice, bien venté. Le couplage éolien photovoltaïque est souvent utile, car en général quand il n'y a pas de soleil, il y a du vent.

Adaptable à tout site

Une étude détaillée est nécessaire pour connaître le potentiel éolien du site.

1.4.3.4. Biomasse

L'énergie de la biomasse est tirée de la matière organique, plantes, arbres, rejets des animaux.

Le bois est la première source d'énergie pour la population des pays en voie de développement comme le Togo. Mais la combustion du bois participe à l'augmentation des émissions de gaz carbonique s'il y a surexploitation des forêts. Car il est admis que s'il y a reboisement, le dégagement de CO₂ dû à la combustion du bois est compensé par la photosynthèse, qui assure la croissance des plantes.

Les cultures énergétiques, la betterave, la canne à sucre, les taillis à courte révolution, etc...peuvent remplacer des carburants comme le pétrole ou des combustibles comme le charbon.

Les déchets agricoles et urbains constituent également un potentiel énergétique exploitable soit en les brûlant directement pour utiliser la chaleur produite, soit par méthanisation et utilisation du gaz comme source d'énergie.

1.4.3.5. Bio gaz

Qu'est ce la méthanisation ?

C'est la fermentation anaérobie (en absence d'oxygène) des matières organiques productrices, entre autres, de méthane. De plus, cela permet une dépollution des matières traitées, et une désodorisation qui est un atout important dans le cas de traitement des effluents venants des élevages.

Comment obtenir du méthane à partir de la biomasse ?

Le principe est simple, mais sa mise en pratique est plus compliquée si l'on veut une installation performante et rentable.

Il suffit de faire fermenter la matière organique en absence d'oxygène. La fermentation anaérobie peut se faire dans trois gammes de températures :

- psychrophiles : 15 à 25°C ;
- mésophiles : 25 à 45°C ;
- thermophiles : 55 à 65°C.

Le cœur du dispositif est le digesteur (figure 21). Une cuve constitue le réacteur dans laquelle la matière à traiter est introduite, soit de manière continue, soit discontinue. Outre la cuve de fermentation, l'installation comprend une régulation de température et un dispositif de stockage du gaz.

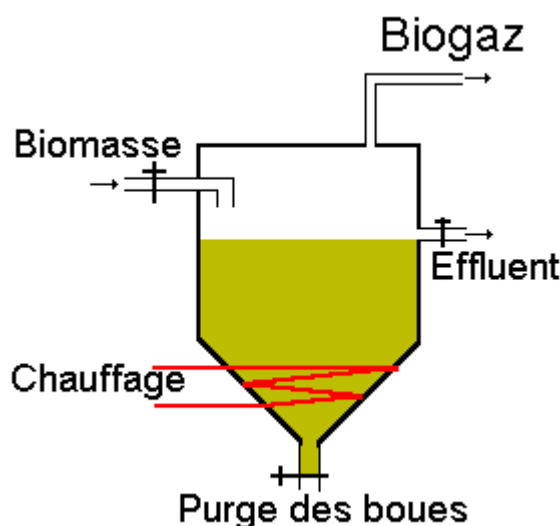


Figure 22 : Principe de production de bio gaz

Les caractéristiques du bio gaz :

C'est un mélange de méthane (CH_4) combustible, de gaz carbonique (CO_2) inerte et plus ou moins d'hydrogène sulfuré (H_2S) et de vapeur d'eau. Les proportions dépendent des déchets traités :

- CH_4 de 50 à 90% ;
- CO_2 de 10 à 40% ;
- H_2S de 0,0 à 0,1%.

Valeur énergétique du bio gaz :

Le pouvoir calorifique d'un combustible est la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de l'unité de quantité de combustible. On appelle PCI le Pouvoir Calorifique Inférieur lorsque l'eau produite par cette combustion reste à l'état de vapeur. Le PCI du bio gaz est proportionnel à sa teneur en méthane : $9,42 \times 0,7 = 6,59 \text{ KWh/m}^3$ pour un bio gaz à 70% de méthane, à 15°C et à pression atmosphérique normale. A titre indicatif 1 m³ de CH₄ est équivalent à 1 litre d'essence.

Productivité :

Elle dépend fortement de la technologie employée. Les réacteurs de type chinois construits à plusieurs millions d'exemplaires ont une productivité de 0,15 à 0,30 m³ de bio gaz/m³ de digesteur/jour. Les installations industrielles de traitement d'ordures ménagères (procédé Valorga) ont une productivité de 4,3 m³ de bio gaz/m³ de digesteur/jour.

Utilisation :

Pour la combustion directe pour la production de chaleur, il faut adapter les brûleurs aux caractéristiques du bio gaz. Pour alimenter au bio gaz un brûleur atmosphérique réglé au gaz naturel, il faudra diminuer la pression d'alimentation et augmenter le diamètre des injecteurs.

La possibilité d'une utilisation comme carburant pour les moteurs après épuration existe. Des millions de véhicules sont déjà équipés au méthane de par le monde. Tous les types de véhicules peuvent être convertis au gaz. Des bus de communautés urbaines roulent au méthane produit par traitement des boues de décantation d'eaux usées par exemple.

Le tableau 7 fait un récapitulatif des différentes énergies renouvelables en présentant les types d'applications avec les impacts environnementaux et socio-économiques.

Tableau 7 : Matrice des impacts potentiels de l'utilisation des TER.

Filières énergétiques	Technologies	Types d'applications	Atouts/désertifications	Impacts socio-économiques potentiels
SOLAIRE PV	SPV	Pompage Eclairage Irrigation Motorisation dessalement	-renforcer les actions de reboisement - Protection des sols -accroissement biomasse énergétique et fourragère.	-intensification de la production agricole - accroissement des revenus - réduction de la corvée des femmes - amélioration des conditions de santé, d'éducation et d'existence.
Solaire Thermique	Chauffe-eau Cuisinières Séchoirs	Chauffage Cuisson séchage	-substitution au bois et charbon de bois - réduction pression sur couvert végétal	- réduction des factures d'électricité - réduction de la corvée des femmes - amélioration de la santé de la femme -conservation des produits agricoles
EOLIENNE	éoliennes de pompage aérogénérateur	Pompage Eclairage motorisation	- renforcer les actions de reboisement - assurer la protection des sols	- intensification de la production agricole - accroissement des revenus - réduction de la corvée des femmes - amélioration des conditions d'existence - développement de l'artisanat
Biomasse	Fours et meules Foyers améliorés Gazéificateurs Biodigesteurs Briquettes Cogénération	Chauffage Cuisson Eclairage Pompage motorisation	- réduire la pression sur le couvert végétal -renforcer les actions de reboisement - meilleure utilisation de la ressource - fertilisation des sols	- fertilisation des sols - amélioration des conditions d'existence amélioration des revenus
Micro hydraulique		Eclairage motorisation	-	développement artisanal amélioration du cadre de vie.

Source : Atelier sur les Energies Renouvelables (Tunis, 26-29 Octobre 1998).

1.5. Choix des technologies les mieux adaptées

Après un inventaire des technologies dans les sous secteurs de l'énergie, choisir celles qui sont les mieux adaptées compte tenu de la problématique énergétique au Togo n'est pas une tâche aisée. En effet toutes les technologies recensées ne sont pas appropriées à l'environnement togolais. Mais pour qu'une technologie, aussi performante qu'elle puisse être, s'implante dans un milieu donné, il faut en plus que des conditions favorables soient réunies. Plusieurs tentatives d'implantations de technologies de foyers améliorés, d'énergies

renouvelables et d'application de politiques et de mesures d'atténuation n'ont pas donné les résultats escomptés. Les programmes énergétiques de substitution (butanisation), la transition à l'usage du gaz se sont finalement traduits par le renforcement de la dualité entre le monde rural et le monde urbain : le gaz en milieu urbain et le bois et le charbon de bois en milieu rural. Encore, faut-il constater que le gaz est principalement utilisé dans les zones résidentielles et que les zones péri urbaines se trouvent presque dans la même dynamique énergétique que le milieu rural. Pour limiter la pression sur le couvert végétal et éviter la désertification, le développement des foyers améliorés adaptés à chaque type de population (urbaine ou rurale) doit être poursuivi avec une forte implication de l'Etat qui prendra des mesures incitatives. Les foyers améliorés à bois et à charbon de bois seront destinés pour les populations rurales à bas revenus et les foyers à gaz pour les populations urbaines à revenus modestes.

Le recours aux énergies renouvelables (ER) même s'il n'est pas la panacée, représente un enjeu majeur pour l'avenir énergétique du Togo. Et cela pour trois raisons fondamentales : les technologies d'énergie renouvelables sont pratiquement bien adaptées aux usages décentralisés dans des pays en développement comme le Togo ; les potentiels mobilisables sont importants et leur exploitation entraîne beaucoup moins de problèmes d'environnement local que les énergies fossiles. Toutes les formes de technologie écologiquement rentables recensées sont applicables selon les potentialités du milieu d'accueil ; toutefois, il y a urgence de mobiliser des ressources pour le transfert de ces technologies.

Dans le sous secteur des transports qui est très émetteur de gaz à effet de serre surtout dans les villes, le Togo ne peut intervenir directement sur les technologies de fabrication des véhicules car il les importe tous. Il peut agir efficacement en adoptant des mesures et politiques d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et en développant des infrastructures routières qui décongestionnent les agglomérations (larges avenues, voies rapides, transport en commun etc.).

1.6. Classification des technologies : coût et efficacité

Compte tenu de ce qui précède, l'analyse coût/efficacité des technologies amène à dresser le tableau 8 qui donne une appréciation qualitative des technologies retenues pour le court et moyen terme. L'analyse quantitative ne trouvera sa raison d'être que dans le cadre d'un dimensionnement réel d'un projet national. L'efficacité sera considérée excellente lorsque que la technologie concernée a un impact très positif sur l'environnement.

Tableau 8 : Coût efficacité des technologies

Technologie	Coût	Efficacité
Foyer amélioré à bois	bas	faible
Foyer amélioré à charbon	moyen	moyenne
Foyer à gaz	élevé	bonne
Energies renouvelables	élevé	excellente
Politiques et mesures du secteur Transport	moyen	faible
Equipements des ménages commerces et institutions	élevé	moyenne
Procédés Industriels	élevé	moyenne

Il découle de ce qui précède qu'il existe une grande variété de technologies fiables pour réduire les émissions de GES du secteur énergie au Togo. Ces technologies en général améliorent les performances des équipements et leur efficacité énergétique, conduisent à des économies substantielles d'énergie brute et ont un impact positif sur l'environnement. Les coûts de ces technologies sont également très variés.

L'analyse des problèmes du secteur et de ses principales caractéristiques révèle que malgré des efforts consentis pour la diffusion de ces technologies, beaucoup restent encore à faire pour non seulement les rendre disponibles mais surtout pour accroître leur accessibilité aux populations notamment les plus pauvres.

Deux axes sont prioritaires :

- amorcer par des subventions ou avantages fiscaux la production et la diffusion de foyers améliorés à bois, à charbon de bois et à gaz pour toutes les couches sociales du pays ;
- promouvoir les énergies renouvelables en facilitant l'accès à ces technologies et en formant les populations à leur maîtrise et à leur gestion.

Pour tirer le meilleur de ces axes prioritaires il est indispensable de lever les obstacles d'ordre politique et institutionnel. Le rôle de l'Etat pour créer cette synergie est capitale.

2. Secteur de l'agriculture et de la foresterie²

2.1. Sous secteur de l'agriculture

Le secteur primaire qui occupe une place importante dans l'économie togolaise (environ 59% de la population active est employée par l'Agriculture) contribue à 38% à la production nationale. Sa part a même atteint 51% en 1993 du fait du fléchissement des autres secteurs d'activité. Les produits agricoles fournissent environ 50% des recettes d'exportation, dont le coton occupe depuis quelques années, le deuxième poste d'exportation après les phosphates.

Ce secteur, avec 3,5 millions d'hectares cultivables dont 0,8 million d'hectares seulement utilisés, dispose de possibilités non encore valorisées. Il demeure le moteur de développement de l'économie togolaise.

2.1.1. Caractéristiques du sous secteur de l'agriculture

La production vivrière recouvre les céréales (maïs, mil, sorgho, fonio et riz), les tubercules (manioc, patate douce, igname, taro, pomme de terre), les légumineuses (niébé, voandzou, haricots, pois d'angol, soja) et des oléagineux (arachide, ricin, palmier à huile, cocotier, karité, sésame).

La production de rente est presque entièrement destinée à l'exportation. Elle inclut le coton (plus de 100 000 t/an), le café (entre 10 000 et 20 000 t/an), le cacao (entre 10 000 et 20 000 t/an), le kapok et le sisal.

Il convient d'ajouter la production à plus ou moins grande échelle de la canne à sucre, d'ananas, de tomate, de piment, de gombo, de banane, de papaye, d'agrumes, d'avocat et du tabac.

L'élevage est peu développé au Togo et n'est cependant pas négligeable dans le contexte national. Il souffre des problèmes d'eau, de pâturage ainsi que de maladies, surtout la trypanosomiase, la peste bovine, la péripneumonie bovine et le charbon bactérien. Selon le recensement national de l'agriculture de 1995, les espèces élevées sont les bovins (202 340 têtes), les ovins (501 139 têtes), les caprins (813 532 têtes), les porcins (330 750 têtes), les équins et asins (environ 10 000 têtes). La volaille n'est pas négligée (5 738 400 têtes). La production animale s'inscrit en progression de 6,2% pour l'année 1995.

² Ce chapitre s'inspire de l'étude "Evaluation des besoins nationaux : secteur Agriculture/Foresterie de Dr Bahun ADJETEY, 2003.

Tableau 9 : Evolution des superficies des principales cultures (x1000ha)

Cultures	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Maïs	295,7	255,4	274,2	338,9	289,6	260,4	381,6	
Sorgho/Mil	183,9	324,6	280,1	345,7	277,4	250,7	250,7	
Riz paddy	19,2	24,2	13,7	28,2	41,0	28,7	55,1	
Autres céréales						3,9		
Igname	43,3	41,7	44,2	51,3	38,2	45,3	69,2	
Taro						5		
Manioc	77,1	65,6	65,7	56,8	70,1	77	118,5	
Autres tubercules						5,1		
Haricot	114,5	88,2	97,7	180,1	66,6	103,2	151,5	
Arachide	56,9	39,7	44,1	73,5	79,1	58,1	104,4	
Voandzou						8,5		
Autres légumineuses						5,2		
Coton	80,0	78,3	79,7	65,5	92,8	96,4	108,3	125

Source : DSID, SOTOCO coton, rapport annuels et données non publiées.
 Degré d'incertitude de : 10 à 15%.

La pêche togolaise reste artisanale. Toutefois, des efforts de modernisation sont en cours, marqués par la construction à Lomé d'un port de pêche maritime. Par rapport à 1994, la production halieutique a crû très faiblement de 1,5% en 1995 (Ministère du Plan, 1998).

En général, la production halieutique annuelle est estimée à 16 500 tonnes en moyenne dont 11 000 proviennent de la mer, 1 000 du Lac Togo, 1 000 du Lac Nangbéto, 3 500 du système fluvial et une vingtaine de tonnes de la pisciculture (FAO, Projet TCP/TOG/3454). Cette production est insuffisante et le déficit est compensé par des importations.

2.1.1.1. Politique du sous secteur agricole

La politique agricole adoptée par le Togo en 1996 comporte les orientations stratégiques ci-après :

- assurer la sécurité alimentaire ;
- augmenter les produits d'exportation et les surplus commercialisables des produits non traditionnels ;
- améliorer les revenus et les conditions de vie des populations rurales.

Le cadre institutionnel est assuré par le Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (MAEP). Il comprend trois principaux organes dont les attributions sont fixées par décrets signés le 23 juillet 1997. Il s'agit du Secrétariat Général, de l'Institut de Conseil et d'Appui Technique (ICAT) et de l'Institut Togolais de Recherche Agronomique (ITRA).

Eu égard à la multitude des causes qui entraînent des émissions de GES en Agriculture, (Sols agricoles, brûlage dirigé de la savane, fermentation entérique et combustion sur place des débris de récolte), les actions initiées mais à renforcer pour leur atténuation doivent être conduites dans le cadre d'un programme intégré dont les objectifs sont les suivants :

- renforcer les capacités techniques des personnels du MAEP et des ONG intervenant dans la lutte contre la dégradation des terres ;
- mettre en œuvre des mesures de défense et de restauration des sols ;
- lutter contre les feux de brousse sous toutes leurs formes et l'agriculture itinérante sur brûlis.

2.1.1.2. Emissions de GES du sous secteur de l'agriculture

Le secteur Agriculture (figure 22) est caractérisé par deux gaz à effet de serre directs :

- 26,97 Gg d'émission de méthane CH₄ (fermentation entérique et brûlage de la savane) ;
- 8,75 Gg d'émission de dioxyde d'azote N₂O (sols agricoles) ;

et deux gaz à effets de serre indirects (brûlage de la savane) :

- 240,26 Gg d'émission de monoxyde de carbone CO
- 4,92 Gg d'émission de Oxydes d'azote NO_x.

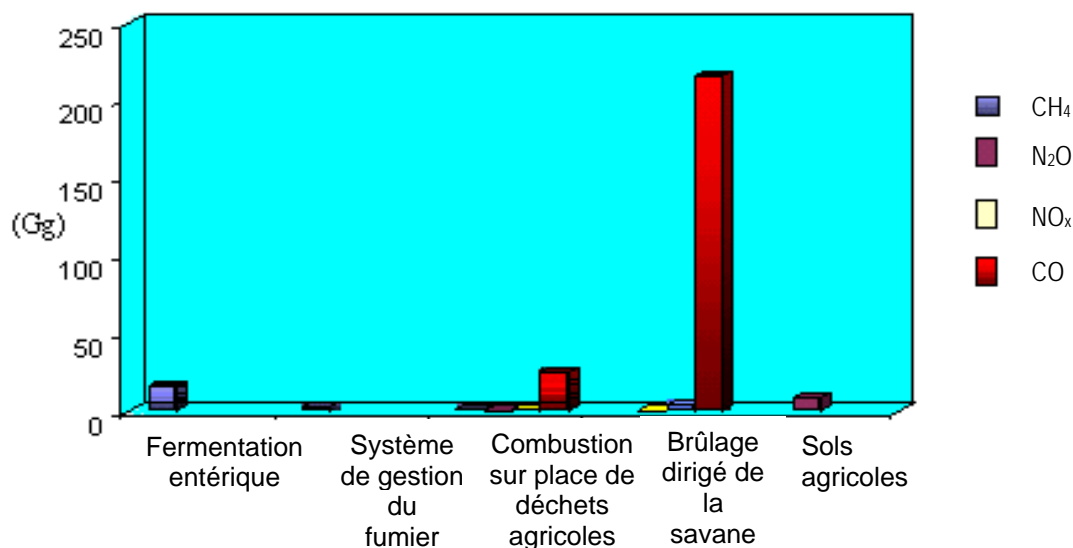


Figure 23 : Emissions de GES du secteur de l'agriculture.

Source : Communication Nationale Initiale du Togo.

2.2. Sous secteur de la foresterie

2.2.1. Caractéristiques du sous secteur de la foresterie

Les activités pour le développement du pays se soldent souvent par la destruction de la biomasse forestière ou par une plus grande pollution des eaux et de l'atmosphère (constructions de routes, d'habitats ou d'édifices publics, élargissement du domaine de la zone franche togolaise, création de fermes d'état ou de champs d'expérimentation, sciage du bois pour la commercialisation ou la fabrication du charbon de bois, installation d'industries, etc.). Toutefois, l'Etat agit par l'intermédiaire de certains de ses départements pour la réparation des dommages, grâce à ses programmes relatifs à la protection de l'Environnement, l'amélioration du cadre de vie pour un développement humain durable.

Tableau 10 : Consommation du bois au TOGO

Filères du bois	A N N E E S								
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
B chauffe (x 1000t)	1256	1300	1339	1380	1445	1553	1601	1706	1757
B charbon (x 1000t)	1237	1300	1318	1356	1400	1525	1575	1625	1674
B service (x1000m ³)	790	853	840	866	894	974	1 007	1 038	1069
B œuvre (x1000m ³)	54,2	58,0	56,4	58,0	60,	65,4	67,6	70,0	72
Coquaire x 1000m ³	35	37,5	37,5	37,5	39,5	43,13	44,5	46	47,4
Bambou x 1000m ³	8,94	9,34	9,53	9,82	10,14	11,05	11,42	11,77	12,12
Panneaux (x 1000t)	1,5	1,6	1,61	1,66	1,71	1,86	1,9	1,93	-

Sources : FAO, Triant, 1991 actualisé.

Les institutions gouvernementales sont aidées dans leurs actions par un grand nombre d'Organisations Non gouvernementales (ONG) dont les programmes se résument en termes de formation et information permanentes sur l'environnement et l'écologie.

La dégradation des ressources naturelles (forêts, sols, eaux, etc.) a été constatée au Togo depuis l'époque coloniale.

Les mesures suivantes sont prises pour freiner, voire arrêter le phénomène en vue d'assurer un développement durable :

- la promulgation du décret du 5 février 1938, fixant le régime forestier du Togo. Ce décret définit les règles de gestion des forêts et dicte les méthodes de protection des ressources naturelles ;
- la signature en 1947 du décret portant réglementation de la chasse ;
- le classement de près de quatre-vingt trois (83) forêts de dimensions très inégales durant les décennies 40 et 50 (FNUAP, 1995) ;
- l'instauration de la Journée de l'Arbre (1er juin 1977) et du mois de l'arbre et de l'environnement. Ces deux mesures offrent au Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières (MERF) ainsi qu'aux agents forestiers, l'occasion de sensibiliser les populations tant rurales qu'urbaines sur la nécessité de planter des arbres et de protéger l'environnement ;
- l'installation de comités de lutte contre les feux de brousse. Devenus Comités Villageois de Protection et de Gestion de l'Environnement (CVPGE) au niveau de chaque agglomération rurale, ces comités sont dirigés par l'autorité traditionnelle du village ;
- l'exécution du programme de formation, d'éducation et de sensibilisation des populations, initié par le PACIPE (Programme d'Assistance Technique à la Communication et à l'Information pour la Protection de l'Environnement). Conçu et financé par l'Union Européenne, le PACIPE a pris une part active dans la sensibilisation des populations togolaises ;
- l'élaboration et l'adoption du Plan National d'Action pour l'Environnement (PNAE).

2.2.2. Emissions de GES du secteur de l'affectation des terres et foresterie

Le secteur Affectation des Terres et Foresterie contribue à la plus importante émission de dioxyde de carbone (CO₂) (figure 23) avec deux catégories distinctes :

- les sources : Conversion des Terres (9 240,55 Gg) et Changement d'Affectation des Terres (22 132,00 Gg) ;
- les puits : forêts et autres stocks de biomasse ligneuse (3 615,77 Gg) et terres abandonnées (7 792,68 Gg).

Les émissions des autres gaz CH₄, N₂O, CO et NO_x résultent toutes des activités de conversion des terres.

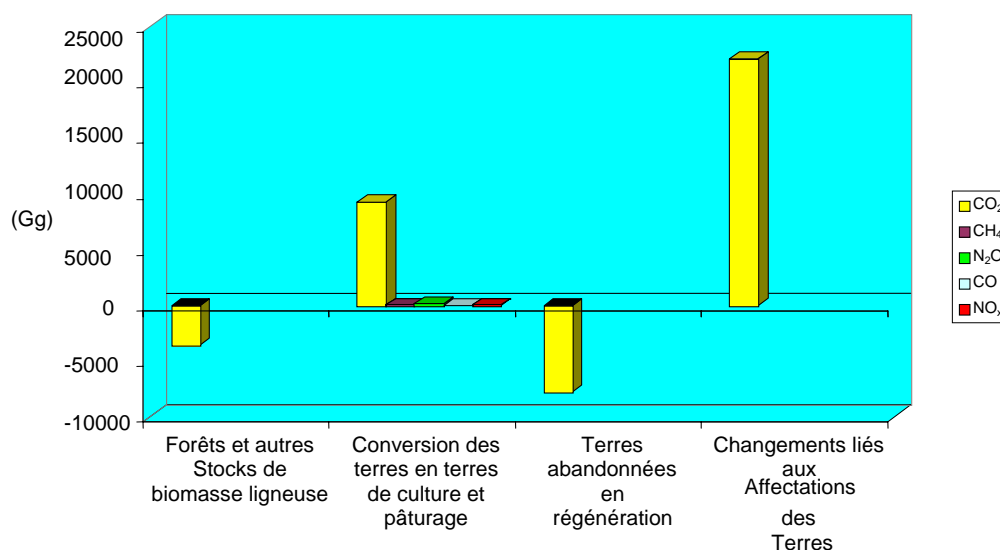


Figure 24 : Affectation des Terres et Foresterie : Principales émissions et puits de GES en 1995.

Source : Communication Nationale Initiale du Togo.

2.3. Technologies dans le secteur de l'agriculture et de la foresterie

La Communication Nationale Initiale sur les Changements Climatiques a mis en évidence un certain nombre de mesures de mitigation des émissions d'origine anthropique et/ou d'atténuation des effets des Gaz à Effet de Serre (GES), supposées à la portée du gouvernement togolais et des populations du pays. Dans les secteurs Agriculture et Foresterie, ces mesures concernent les trois principaux domaines d'activité du secteur hors-énergie :

- la production vivrière ;
- la production d'espèces ligneuses ;
- la production animale.

Pour plus de commodité dans l'évaluation qui suit, ces trois domaines seront fondus en deux : la production végétale et la production animale.

La mise en œuvre des mesures de mitigation identifiées nécessite l'acquisition de nouvelles technologies ou le renforcement de certaines méthodologies déjà existantes dans le pays. Cela nécessite des équipements, des sensibilisations et des recyclages voire des formations, surtout que dans beaucoup de cas, le taux élevé d'analphabètes constitue une contrainte sérieuse au développement

propre. Les besoins en technologie exprimés dans ce chapitre sont des résultats d'analyses de groupes de spécialistes mais aussi d'enquêtes de l'auteur (qui a réalisé l'étude sur le secteur agricole)³. Ils ne sont pas exhaustifs mais sont conformes à la situation qui prévaut réellement dans le pays. Leur satisfaction aboutirait indubitablement à la mise en branle du développement durable sans GES ; cela dépend de la volonté politique du Pouvoir mais aussi des partenaires économiques.

2.3.1. Production végétale

Dans ce secteur d'activité, l'objectif de la mitigation consiste à éviter l'excès dans l'atmosphère des GES tels que le gaz carbonique ou dioxyde de carbone (CO₂), l'oxyde nitreux (N₂O) et le méthane (CH₄).

En Agriculture, éviter l'excès de ces gaz revient à contrôler certaines voies anthropiques de leur production telles que le brûlage des résidus de récolte sur place au champ ou leur utilisation comme bois de feu, les apports d'engrais minéraux azotés (sources de N₂O) en doses excessives, l'extension des superficies de riziculture inondée du type permanent (source de CH₄), l'utilisation dans ce type de riziculture des variétés de cycle long.

En Foresterie, il convient d'apprendre à entretenir la biomasse existante et à produire des plantes pour la reconquête des superficies dénudées. L'amélioration des techniques d'agroforesterie n'est pas de reste (Figure 25).



Figure 25 : Production de plantes pour reconquérir les surfaces dénudées.

³ Dr Bahun ADJETEY

2.3.1.1. Les palliatifs possibles au brûlage sur place de la paille et autres résidus de récolte

Broyage et enfouissement

Cette voie nécessite deux outils : un girobroyeur motorisé ou attelable et une charrue capable de labour profond avec enfouissement simultané des débris de récoltes et des adventices. Cette pratique, en facilitant l'utilisation non seulement de la paille tendre, mais aussi des débris ligneux, permet d'enrichir la couche arable en matière organique. La quasi-totalité des chercheurs en agriculture sont d'avis que la matière organique d'origine végétale constitue une source sûre d'azote minéral qu'elle cède après sa décomposition par les microorganismes.

Cette technologie procure six avantages substantiels :

- l'amélioration de la porosité du sol agricole ;
- l'amélioration de la fertilité naturelle ;
- l'épargne quasi-totale des frais destinés à l'achat des engrais azotés ;
- une bonne rétention de l'eau dans la couche arable et une augmentation de rendement par amendement organique ;
- l'élimination des émissions d'oxyde nitreux (N₂O) dues à l'apport d'engrais azotés ;
- l'élimination des émissions de CO₂ dues au brûlage des résidus de récolte.

Il devient ainsi clair que pour stabiliser les émissions de GES aux normes tolérables requises par la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) ou les diminuer, l'agriculture togolaise a besoin d'introduire dans son agrotechnique, le broyage de la paille et le labour profond avec renversement ou retournement de la couche arable, lors des travaux de préparation à l'installation des cultures. Ces opérations devront de préférence s'exécuter peu après la récolte, avant l'installation complète de la saison sèche. De ce fait, un labour superficiel ou selon les cas, un déchaumage (hersage ou pulvérisage avec des appareils à disques) précèdera la mise en place des cultures au début de la saison agricole suivante.

La faisabilité de ces mesures présente certaines difficultés dans le contexte de l'agriculture togolaise. En effet, elles ne peuvent être efficacement réalisées qu'en agriculture mécanisée. Or au Togo, la petitesse des champs de culture ne permet pas la généralisation de la mécanisation. Il conviendra alors de restructurer les terres de production en sensibilisant les paysans au remembrement dans le but de constituer des champs collectifs plus grands où, pourront se réaliser non seulement une agriculture mécanisée mais aussi des assolements consensuels, autres outils de maintien de la fertilité naturelle du sol. Les agriculteurs propriétaires des terres remembrées se constitueront

en groupements pour une certaine efficacité de l'administration. En outre, la mécanisation de l'agriculture nécessite la création de parcs de location de machines agricoles dans chaque zone agricole du pays.

De tout ce qui est dit ci-haut, il ressort que la satisfaction du broyage et de l'enfouissement de la paille et d'autres débris de récolte comme mesure de mitigation des émissions de CO₂ et de NO₂ nécessite le financement par le gouvernement togolais et ses partenaires :

- d'une ou plusieurs campagnes de sensibilisation des paysans propriétaires du remembrement ;
- de la création de parcs de location de machines agricoles dans les différentes régions agricoles du pays ;
- de la réformation des agriculteurs en vue d'en faire des ouvriers agricoles mieux spécialisés ;
- de la mise sur pied de structures d'autocontrôle, d'évaluation et de suivi.

L'utilisation des débris de récolte comme matériau de maintien de la fertilité du sol entraîne certaines contraintes sociales, telle que la suppression d'une source gratuite d'énergie, mais les avantages sont dominants : l'augmentation des rendements qui générerait, le surplus de revenu nécessaire pour l'achat d'autres matériaux énergétiques et la diminution simultanée des émissions de CO₂ et de N₂O dans l'atmosphère.

Pressage des résidus de récolte en briquettes combustibles

L'objectif de cette méthodologie, c'est d'éviter le brûlage des résidus de récolte au champ ou leur transport à domicile pour des fins énergétiques (sources de production de CO₂ mais aussi des traces de CH₄, de N₂O, de CO et de composés volatils non méthaniques) tout en leur gardant la vocation de source d'énergie. Cette technique contribue à la diminution de la coupe des ligneuses pour la fabrication du charbon de bois.

La méthode existe déjà dans le pays sous forme artisanale. Les briquettes ont plutôt une forme lenticulaire de 20-30 cm de diamètre pour une épaisseur moyenne de 5-10cm. La spécificité ici c'est qu'elle ne se pratique que pour une catégorie de débris végétaux : les épicarpes de noix de palme (*Elaeis guineensis* Jacq).

Après avoir extrait l'huile rouge (huile de palme) du péricarpe, les déchets de ce dernier, encore huileux et humides, sont moyennement vidés de leur humidité par pressage manuel. Les briquettes ainsi obtenues par adhérence des particules sont mises à sécher au soleil sur des surfaces planes ou des fois collées à des murs qui reçoivent suffisamment de rayonnement solaire. Dans ce deuxième cas, la

briquette tombe d'elle-même lorsqu'elle est suffisamment desséchée et prête à être utilisée comme combustible.

Conservant encore une certaine quantité d'huile, ce type de briquette combustible appelé localement « *Kpélébé* » produit beaucoup de fumée lors de la combustion, étant donné que le matériau le constituant ne subit aucune décomposition préalable. Son autre insuffisance, c'est qu'elle brûle trop rapidement. De ce fait, elle n'est souvent utilisée que comme un « allume feu » et ne pallie pas de façon significative l'utilisation du charbon de bois.

La briquette qui est proposée sous cette rubrique diffère de celle artisanale existante par le fait que dans sa constitution peuvent entrer tous les types de débris de récolte. Ce sera une brique de petites dimensions (environ 8 cm/6 cm/4 cm) faite de tourbe, c'est-à-dire d'une masse quasi compacte de débris végétaux partiellement décomposés.

La décomposition partielle nécessite l'existence d'une tourbière, c'est-à-dire un marécage naturel. Cette existence n'étant souvent pas évidente au Togo à proximité des champs de culture, il convient d'y substituer des fosses de compostage où les débris de récolte subiront une méthode adaptée de compostage aérobie partiel qui les transformera en compost frais, c'est-à-dire en fin de phase thermophile de décomposition (Mustin, 1987). Généralement, la phase thermophile dure 2 à 3 semaines.

La méthode nécessite un hachage préalable de la paille en particules de petite taille afin que celle-ci soit plus efficacement attaquée par les micro-organismes. Une adjonction de fumier de bovins favorise la multiplication de ces derniers. Rappelons que dans les débris de récolte, le rapport C/N se situe généralement entre 25 et 35. Lors de la décomposition, l'azote, soit est retenu par les micro-organismes, soit se volatilise sous forme d'ammoniac, et le carbone se stabilise. Ce phénomène diminuerait probablement les risques de formation de l'oxyde nitreux (N_2O) lors de la combustion des briquettes.

Le démarrage de la décomposition nécessite que les tas de débris introduits dans les compostières soient rendus humides à 75-85% et que cet état soit maintenu pendant tout le laps de temps indispensables pour le processus ; ceci sous-entend la proximité d'une source d'eau. Dès l'arrêt des arrosages, les matériaux partiellement décomposés se dessèchent rapidement par évaporation de l'eau, le pressage devra être effectué avant leur dessèchement complet. Il a été établi qu'à l'issue de la décomposition, la masse des débris ne correspond plus qu'à 50-40% de leur masse initiale (FAO, 1988). Cela serait dû à la réduction de la cellulose et des hémicelluloses.

Le pressage nécessite l'acquisition ou la mise sur pied d'un pressoir (ou presse) manuel ou à système hydraulique. Celui-ci devra être du même principe de fonctionnement que ceux actuellement utilisés sur le

territoire national pour la fabrication des briques en terre stabilisée. La puissance sera certainement plus faible, de même que les dimensions des moules (cellules) du système pressant ; le nombre du produit sorti par opération sera évidemment plus important. Au Rwanda où la technique a déjà été expérimentée sur le papyrus, la presse utilisée a été aussi conçue sur le même modèle (C.C.E., 1988).

En résumé, la technologie de pressage des résidus de récolte en briquettes combustibles nécessite :

- des moyens de ramassage des débris (secs et verts) et du fumier de bovins et/ou ovins vers les fosses de compostage ;
- la construction de fosses permanentes bétonnées de compostage dont la taille sera fonction de la quantité annuelle prévisible de débris (voir Inventaire des GES, Secteur agriculture, Communication Nationale Initiale, 2001) ;
- des équipements d'adduction ou de transport d'eau pour l'arrosage des tas ;
- une presse mécanique ou hydraulique pour la fabrication des briquettes ;
- la formation des agriculteurs au compostage incomplet des débris de récolte ainsi qu'à l'utilisation de la presse.

La conception et la mise au point de la presse pourra être confiée à l'Ecole Nationale supérieure des Ingénieurs (ENSI) de l'Université de Lomé (UL). La formation des agriculteurs sur le compostage incomplet des débris de récolte sera l'apanage de l'Ecole Supérieure d'Agronomie (ESA) de l'Université de Lomé, en collaboration avec l'Institut togolais de recherche agronomique (ITRA) qui pourra assurer la vulgarisation de la technologie par l'intermédiaire de son département de conseils et d'appui technique (ICAT).

Des études économiques conduites sur le compostage ont montré qu'au Togo, le coût de production d'un compost mûr à partir de mélanges de débris de récolte et de déchets organiques domestiques s'élève en moyenne à 6124 FCFA/t soit un peu plus de 6 FCFA/kg (Lalle, 1997). Dans la méthodologie de pressage des briquettes où le compostage est incomplet, la baisse de l'utilisation de l'eau et la réduction du temps de travail pourront faire baisser ce coût de façon très significative ; la seule inconnue sera le coût du transport des débris qui sera fonction de la distance des lieux de collecte vers les compostières.

En définitive, hormis les coûts de construction des fosses de compostage et de mise au point de l'appareillage de pressage, il est possible d'affirmer que cette méthodologie aboutira à un combustible à combustion lente et bon marché, en comparaison avec le charbon de bois qui actuellement coûte environ 135 F/kg sur le marché informel. C'est un avantage social significatif en plus du fait positif qu'elle permet de réduire le recours aux ligneuses forestières pour la fabrication du

charbon de bois (il a été établi que pour fabriquer 100 kg de charbon de bois, le charbonnier détruit plus de 250 kg de bois). La seule contrainte à souligner, c'est que la méthodologie supprime aux ruraux le combustible gratuit que constituent actuellement les chaumes et tiges des cultures récoltées. Cette contrainte est supposée négligeable.

2.3.1.2. Amélioration des techniques culturales du riz et limitation des superficies inondées

Au Togo, la riziculture n'est pas aussi étendue que la maïsiculture (13% environ de la production vivrière nationale contre 41% pour le maïs) ; mais actuellement, la consommation du riz égale presque celle du maïs. Le complément est donc importé. La difficulté de plus en plus grande des populations à se procurer le riz importé a incité bon nombre d'agriculteurs à se lancer dans sa culture. On distingue actuellement dans le pays trois types de riziculture : la riziculture pluviale de plateau, la riziculture pluviale de bas-fonds, et la riziculture inondée.

Les variétés introduites de l'espèce *Oryza sativa L* que les consommateurs préfèrent et qui gagnent sans cesse du terrain aux dépens de l'espèce local *Oryza glaberrima steudel*, semble ne pas atteindre leurs rendements potentiels en cultures pluviales (Adjetey-Bahun et al, 1998 ;1999), d'où la volonté croissante des riziculteurs de s'acquérir des terrains dans les zones où la riziculture inondée est possible. Or, dans les zones où cette dernière technique existe déjà (principalement les vallées du Zio et de l'Oti, dans une moindre mesure les préfectures d'Amou et des Lacs), l'inondation reste continue et la durée du cycle des variétés cultivées n'est pas prise en compte.

Ainsi, l'extension au-delà d'une certaine limite de la riziculture inondée tel qu'elle se pratique ici, compromettrait le niveau peu alarmant actuel des émissions de méthane (CH₄) dans l'atmosphère si les riziculteurs ne sont pas informés sur les pratiques les moins risquantes et formés pour leur mise en œuvre.

Pour être efficace, la stratégie pour pallier les risques d'augmentation des émissions devra inclure quatre groupes d'opérations :

- l'amélioration des techniques culturales du riz pluvial de plateau et/ou de bas-fond (travaux du sol, modes et dosages des fertilisants organiques ou minéraux, entretien, etc.) ;
- l'enseignement de l'irrigation par intermittence en remplacement de l'inondation permanente ;
- la sélection ou la création : de variétés de riz pluvial à la fois plus intensives et résistantes aux baisses temporaires de l'humidité du sol ; de variétés plastiques adaptables aux plateaux, aux bas-fonds inondables et aux continuums ; des variétés irrigables de cycle court mais assez productives ;

- l'incitation à l'utilisation dans les casiers rizicoles, plutôt des engrais minéraux que de la matière organique non décomposée.

La première mesure permettra d'encourager les agriculteurs, non seulement à conserver leurs superficies pluviales, mais aussi à les étendre en cas de besoins, au lieu de les convertir en des superficies inondées qui exigent beaucoup plus d'investissements. La seconde permettra d'interrompre la diffusion du CH₄ à travers les plants de riz inondés, un certain nombre de fois avant la fin du cycle végétatif. La troisième mènera à l'augmentation des rendements en riziculture pluviale mais aussi écourtera les durées d'émission en culture inondée sans baisser la production. Enfin, la quatrième mesure empêchera l'excès dans les casiers inondés, de la fermentation anaérobie, source de production de CH₄.

Actuellement au Togo, la recherche sur le riz se trouve dans un état «squelettique» faute de moyen. Ni l'Ecole Supérieure d'Agronomie de l'Université de Lomé, ni l'Institut Togolais de la Recherche Agronomique ITRA ne disposent, ni d'équipements adéquats ni d'infrastructures, à part quelques champs pris en baille, pour mener des recherches fiables dans le domaine. Il convient pour la réussite de la nouvelle technologie qui permettrait d'éviter les émissions de GES :

- de doter les organes impliqués de l'ITRA, de structures qui permettraient aux chercheurs et aux universitaires de travailler sur les points spécifiés plus haut ; il s'agit :
 - de stations de recherches sur le riz équipées de serres et des laboratoires d'amélioration variétale ;
 - de champs expérimentaux de production semencière et de démonstration ;
 - d'outils d'intensification de la riziculture.
- de former les riziculteurs sur les nouvelles agrotechniques, de les informer régulièrement des nouveaux résultats de la recherche et de les sensibiliser pour leur application (tournées sur le terrain, création d'une revue du riziculteur, etc).

De telles mesures, non seulement éviteraient l'extension des superficies rizicoles inondées, mais aussi rentabiliseraient davantage l'ardeur au travail du riziculteur. L'émission du CH₄ rizicole s'en verrait baissée.

2.3.1.3. Production d'essences forestières et réhabilitation des espèces en disparition

Les conclusions des Inventaires de GES et la recherche des voies d'atténuation de leurs émissions et de leurs effets ont montré que la couverture forestière togolaise actuelle sera bientôt insuffisante pour séquestrer entièrement le dioxyde de carbone (CO₂) émis dans

l'atmosphère par les différents secteurs d'activité du pays, si rien ne se fait. Les mesures d'atténuation identifiées sont :

- la sensibilisation des populations ;
- la protection et l'entretien des forêts existantes ;
- l'observation de voies favorisant les repousses spontanées ;
- l'amélioration et la vulgarisation davantage des techniques d'agroforesterie ;
- le reboisement.

Au Togo, l'entretien des forêts existantes n'a jamais atteint le niveau satisfaisant requis, faute de moyens et de personnel qualifié. Cette activité nécessite l'acquisition d'outils plus performants d'élagage et d'éclairci en nombre suffisant ainsi que le recyclage ou la formation de leurs utilisateurs. Les outils d'élagage et d'éclairci sont indispensables, non seulement en foresterie, mais aussi en agroforesterie, surtout s'il s'agit de champs multiétagés. En effet, le maintien des essences forestières du système en vie, nécessite une certaine minutie dans la récolte du bois et des fruits. En outre l'élagage et l'éclairci améliorent le passage du rayonnement solaire vers les cultures. Améliorer les techniques agroforestières, c'est aussi former les agriculteurs à reconnaître les plantes fertilisantes selon des zones de culture et à éviter celles qui peuvent, à partir d'un certain âge, entrer en concurrence avec les cultures. Si dans la Région Maritime et dans les Plateaux par exemple, c'est *Cacia auriculiformis*, *Albizia sp* et *Samanea saman* qui ont fait leur preuve, il est possible que dans les savanes sèches, ces mêmes essences soient peu performantes. De ce fait, l'agriculteur doit être formé au test et au choix des espèces fertilisantes dans sa zone de production. Il devra également, être formé pour la collecte des semences et leur élevage en pépinières. Ceci est requis pour la réussite de l'agroforesterie comme moyen de protection des forêts et d'augmentation des puits de carbone. Rappelons que l'agroforesterie réduit la pression sur les forêts et favorise leur régénération, augmente la biodiversité et la conservation des ressources végétales et animales.

Les besoins les plus importants sont liés au reboisement des superficies dénudées et des terres agricoles abandonnées. La satisfaction de cette ambition implique l'élevage et l'introduction d'essences à croissance rapide mais aussi et surtout la réhabilitation des espèces locales en disparition pour avoir été très attaquées par l'homme. De ce fait, la production de plants est plus qu'impérative. Celle-ci peut se faire par bouturage ou par voie semencière. Des deux techniques, la voie semencière a été reconnue comme la plus plausible pour beaucoup d'espèces forestières (*Prosopis africana*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica*, *Adansonia digitata*, *Faidherbia albida*, *Anacardium occidentale*, *anogeissus leiocarpus* et d'autres) et fourragères ligneuses (*Leucaena leucocephala*, *Cajanus cajan*, *Acacia albida*, etc.). Elle nécessite la connaissance des périodes et des techniques de collecte des semences,

les moyens et exigences pour leur conservation, et les époques favorables pour le semis de l'espèce.

Le semis peut se faire directement au champ ou indirectement en transitant par la pépinière. La plupart des semences forestières ayant une dormance profonde et prolongée dans le temps, il est indispensable dans les deux cas, de les soumettre à des traitements spécifiques (trempage dans l'eau froide, ébouillantage, cuisson, torréfaction, scarification mécanique ou chimique, etc.) avant leur mise en terre (Some, 1987 ; Adjetey-Bahun, 1991). Or les prétraitements font perdre aux semences leur rusticité et de ce fait leur résistance aux alternances des hautes et basses températures des champs ainsi qu'aux attaques des termites et d'autres parasites telluriens (Adjetey-Bahun, 1995). Dans ces conditions, la levée n'est garantie que pour un petit pourcentage des grains semés. Si celles-ci arrivent tout de même à germer, les plants forestiers étant généralement fragiles dans les premiers stades de développement, le contrôle des facteurs de croissance s'avère difficile à cette phase juvénile (Boabékoa, 1994).

Tous ces faits indiquent que pour une reproduction sûre des essences forestières, sans perte de semence, la germination des graines et les premiers stades de croissance des jeunes plants devront se passer dans des conditions (atmosphère ; température et substrat) contrôlées. Ces conditions ne sont réalisables que dans des unités spécialisées de production d'essences forestières autres que les pépinières villageoises. La réalisation d'une unité de ce genre nécessite des installations onéreuses au-delà de la bourse du citoyen moyen togolais, et une certaine connaissance de base. Elle nécessite en effet un certain nombre d'accessoires et de technologies. Ainsi, pour renforcer la capacité du paysan au reboisement, il convient de le former davantage à la production des plants forestiers (échantillonnage des porte-graines, collecte de semences, semis en germoirs, etc.), à leur plantation au champ, au suivi de leur développement, mais l'application à bon escient des connaissances acquises est conditionnée par la mise à sa disposition d'une unité de production de jeunes plants. Cette dernière pourra être collective. Toutefois, son usage correct pourra buter contre l'existence d'un taux élevé d'analphabètes parmi les paysans. Il faudra alors compter avec les moins alphabètes qui seront chargés, après formation, d'initier les autres. Ils constitueront ainsi des groupes permanents d'animateurs de l'unité.

Une unité de ce genre existe dans la Région Maritime à Davié (Préfecture de Zio) sur les cendres des installations de l'ancien projet AFRI (Aménagement Forestier et Reboisement Industriel), sous la dénomination de Centre National de Semences Forestières (CNSF), mais son état squelettique ne lui permet pas de jouer ce rôle, et, s'il le pouvait, cela ne suffirait pas pour tous les agriculteurs du pays. Ces faits indiquent qu'il convient de mieux l'équiper mais aussi d'en créer d'autres dans toutes les régions agricoles du pays.

Une unité de production de plants forestiers où viendraient se recycler et/ou travailler les agriculteurs doit au minimum être équipé :

- d'une aire de séchage de fruits ou de graines ;
- d'un local à température et humidité contrôlées pour le stockage des semences collectés ;
- d'un laboratoire équipé pour les différents traitements des semences ;
- des germoirs en béton et en bois ;
- des serres ;
- d'une superficie d'adaptation des plants aux conditions de champs ;
- de pulvérisateurs pour les traitements phytosanitaires ;
- des produits divers.

2.3.2. Production animale

En production animale, les problèmes essentiels, c'est le dégagement du CH₄, par fermentation entérique et par maintien du fumier en conditions anaérobies. Au Togo, la situation n'est réellement alarmante qu'en élevage de porcins et dans une moindre mesure en aviculture. Le cheptel des bovins, des ovins et des équins est peu important mais aussi, leur élevage s'effectue pour la majorité des cas, en divagation. De ce fait, des rations alimentaires sont très rarement établies, d'où la quasi-impossibilité d'imposer ou de proposer des produits anabolisants aux éleveurs. Toutefois, pour résoudre la part du problème qui existe déjà et prévenir les excès futurs, il convient de sensibiliser les agriculteurs éleveurs d'ovins et bovins à la création de pâturages entretenus ou à l'introduction des jachères améliorées dans les assolements. Sur ces aires, ils pourraient pratiquer une agrostologie orientée vers l'amélioration variétale pour une meilleure digestibilité fourragère.

L'utilisation des produits anabolisants n'est alors réalisable que dans les élevages de porcins et de volaille. Cependant, dans les temps actuels, les stéroïdes sont suspendus par crainte d'effets secondaires qui pourraient se répercuter sur les consommateurs. Le problème reste alors posé. La technologie recommandable ici, c'est la sensibilisation et la formation des éleveurs pour le choix d'une alimentation plus digestible et d'une ration adaptée pouvant réduire la fermentation entérique. Ces mesures sont réalisables et ne présentent pas de contraintes. La recherche aussi devra être intensifiée pour trouver des produits naturels de même effet "facilitateur" de la digestion que les stéroïdes industriels.

2.4 Analyse des coûts-efficacité des méthodologies proposées

2.4.1. Broyage et enfouissement des résidus de récolte

Comme mentionné plus haut, l'enfouissement des résidus de récolte dans la couche arable nécessite un broyage préalable de la paille puis un labour (travail profond à exécution manuelle difficile sur de grandes superficies) avec retournement ou renversement du sol. La technologie nécessite ainsi un gyrobroyeur, une charrue à disques ou à socs selon la nature du sol, puis une force motrice, un tracteur.

Les prix de ces engins varient énormément dans le temps et selon que l'on passe la commande à l'étranger ou que l'on fasse les achats sur place. Par voie directe (commande sans passer par les intermédiaires nationaux), un tracteur coûte actuellement sans taxes douanières, environ un million cinq cent mille (1 500.000) francs CFA par cheval vapeur (CV), soit 2307,69 dollars US (1\$=650FCFA)⁴ ; un gyrobroyeur de deux mètres (2m) de largeur de travail revient à un million cinq cent mille (1500.000) francs CFA (2307,69\$) ; une charrue d'un mètre (1m) de largeur de travail coûte sept cent mille (700.000) à huit cent mille (800.000) francs CFA (1076,92\$-1230,76\$).

A partir de ces données, il devient clair que pour prétendre à cette méthodologie, chaque groupement d'agriculteurs (les propriétaires des champs remembrés) devra avoir à sa disposition, une somme minimale de 5769,22 dollars US sans compter les coûts des autres équipements du cheptel mort relatifs à ces outils (les magasins et le lieu de stationnement du tracteur par exemple).

En ajoutant à ce coût, celui de la réalisation des travaux correctement exécutés, ces derniers réduiraient les émissions de GES d'un taux significatif, la somme des dépenses correspondrait ici au coût marginal (CM) de la réduction. Le coût-efficacité dépendra de la quantité de GES réduite, mais aussi des effets positifs agricoles des résidus enfouis. Il sera faible, l'année de l'acquisition des outils, mais sera croissant au fil des années. Il sera supérieur au cas où les outils seraient pris en location qu'au cas où ils seraient achetés.

2.4.2. Pressage des résidus de récolte en briquettes combustibles

Cette technologie nécessite des équipements également coûteux. Les presses mécaniques peuvent être fabriquées sur place au coût moyen de 500.000 FCFA (770\$) ; une fosse de compostage bétonnée de 36 m³ (6m/3m/2m) de capacité coûterait autour de 300.000 FCFA (environ 462\$). A partir de ce moment, on peut déduire que pour l'installation d'un centre de pressage de briquettes combustibles équipé d'une seule presse mécanique, il faut, sans compter les accessoires (moyens de transport de débris, outillage de hachage, outils des retournements

⁴ Cours du dollars en 2002 au moment de l'étude.

périodiques du compost, adduction d'eau, etc.), une enveloppe financière minimale de 2-3 millions de francs CFA (en moyenne 384616\$), les frais de construction de bâtiment compris, sauf si l'agriculteur désire se créer une petite fabrique individuelle.

En matière de coût-efficacité cette méthodologie semble plus intéressante que l'enfouissement puisqu'il en sort un produit bon marché (charbon à 6FCFA/kg contre 135 FCFA pour le charbon de bois), mais il oblige l'agriculteur à se procurer des engrais minéraux pour ses cultures, en quantités plus importantes. Toutefois en matière de changements climatiques, en plus de la diminution des émissions de CO₂, N₂O et d'autres traces de GES dans l'atmosphère, elle réduit la pression anthropique sur les forêts pour la recherche du bois d'énergie.

2.4.3. Production d'essences forestières

L'installation d'une unité moderne de production d'essences forestières coûterait globalement cent millions (100.000.000) de FCFA soit 153847\$US sans compter certains équipements complémentaires spécifiques aux différentes zones agricoles et les consommables. Il n'existe pas d'alternative pour cette technologie si la volonté de résoudre à la fois les problèmes environnementaux liés à la couverture forestière et ceux liés aux GES n'est pas clairement affirmée. Pour minimiser les problèmes non matériels de transfert de technologie (le paysan formé à Davié a des difficultés pour adapter correctement les connaissances acquises aux conditions de Dapaong), il faut pour le Togo, au moins trois unités de ce genre. Nonobstant le coût élevé des installations, cette technologie s'accompagne d'un coût-efficacité élevé, tant le profit est important quant à la protection des ressources forestières, la réhabilitation des biodiversités végétale et animale, la séquestration du carbone de l'atmosphère. De ce fait, des efforts devront être consentis pour que les thèmes des sensibilisations et des formations acquièrent l'assentiment des agriculteurs et suscitent en eux une volonté manifeste de leur mise en œuvre.

2.4.4. Amélioration de l'agrotechnique du riz et limitation des superficies de riz inondé

Ce mode de limitation des émissions de CH₄ dans l'atmosphère devra être sérieusement subventionné. En effet, les investissements en riziculture étant relativement importants, les riziculteurs, afin d'être concurrentiels vis-à-vis du riz importé des pays asiatiques qui, semble-t-il est subventionné (communication orale non vérifiée), préfèrent pratiquer la riziculture à inondation permanente qui leur permet d'obtenir deux récoltes par an, que de cultiver le riz pluvial dont ils ne maîtrisent pas l'agrotechnique et qui de ce fait, ne leur procure pas de hauts rendements.

L'intéressement du riziculteur à l'intensification de la riziculture pluviale et l'adoption de la riziculture irriguée par intermittence comme mesures d'atténuation des émissions de GES dans l'atmosphère, implique l'allocation d'enveloppes financières aux institutions que sont l'ITRA et l'ESA-UL pour la mise en place de structures de formation et de recyclage des riziculteurs, ainsi que la création d'un centre d'amélioration variétale et de production semencière qui disposerait de laboratoires et de parcelles d'essais variétaux (Centre de Recherche sur le Riz) dans les différentes zones rizicoles du pays.

Les données recueillies lors des enquêtes ne permettent pas de faire des estimations de coûts a priori, de telles structures n'ayant pratiquement jamais existées dans le pays. Les technologies identifiées dans ce domaine restent incontournables. De ce fait, des études beaucoup plus spécialisées s'avèrent indispensables pour déterminer les coûts.

2.4.5. La production animale

La mesure à entreprendre dans ce domaine, c'est beaucoup plus la réduction de l'émission de CH₄ dans l'atmosphère par fermentation entérique que celle concernant la gestion du fumier. La création d'unités de production de stéroïdes ne se conçoit pas comme une urgence, l'usage de ces produits n'étant pas très accepté sur le plan international par les organisations de protection des consommateurs. Cependant, l'accent doit être mis sur la recherche pour la création ou la sélection de variétés fourragères (à haute digestibilité et haut rendement) et la découverte de produits naturels à effet anabolisant, pouvant être incorporés dans la ration des porcins et de la volaille. Dans ce cas également, les coûts exacts devront faire l'objet d'études spécifiques confiées aux départements spécialisés de la place tels la Direction de l'Elevage, le département de production animale de l'ESA-UL, l'ITRA.

2.4.6. Classification des technologies retenues

Les problèmes à résoudre n'étant pas relatifs aux mêmes GES, il convient d'établir cette classification selon les urgences. Ainsi, l'ordre suivant peut être retenu :

1. le pressage des résidus de récolte en briquettes combustibles : création d'unités de pressage ;
2. la production de plants des espèces forestières locales et des espèces à croissance rapide pour l'industrie : création de centres semenciers ;
3. création de variétés de riz inondé de cycle court et amélioration de l'agrotechnique du riz pluvial : création de laboratoires de recherche sur le riz ;
4. broyage et enfouissement des résidus de récolte : création de parcs de location de machines agricoles ;

5. création de cellules d'amélioration fourragère dans les institutions de recherche.



Les technologies proposées sont toutes à différents niveaux, à la portée du Togo et de ce fait n'auront aucune difficulté à être réalisées si des sensibilisations bien faites et des incitations pécuniaires les accompagnent. En effet, dans la plupart des cas, elles sont presque toutes plus ou moins connues des populations mais, si elles sont des fois mises en pratique, elles le sont sans bases scientifiques et restent alors rudimentaires, loin de l'étape requise pour prétendre à quelque résolution des problèmes-sources des changements climatiques. Ce document montre largement que la mitigation des émissions de GES, dans quelque secteur que ce soit, ne peut faire l'apanage ni des seuls services et directions des départements ministériels du pays, ni des seuls départements de formation et/ou de recherche ; elles nécessitent des consortiums pluridisciplinaires capables de raisonnements scientifiques. C'est à ce prix que les coûts-efficacités pourront être mieux établis et que les financements seront utilisés à dessein. Plus les technologies présentées seront prises en compte, mieux cela vaudra pour le pays et pour la sauvegarde de la planète du réchauffement excessif.

3. Secteur des déchets⁵

Le Togo n'a pas une politique scientifique de gestion des déchets. L'absence d'une collecte sélective ne permet pas de procéder au tri des déchets ayant une composition à dominante organique, de favoriser la décomposition de la fraction organique dans des sites préalablement préparés.

Les déchets produits par la ville de Lomé sont convoyés depuis 1993 vers le site d'Agoènyivé, une ancienne carrière d'extraction de graviers au nord de l'agglomération.

Les autres villes sont caractérisées par des dépotoirs de différentes tailles de caractères aérobie ou anaérobie, dense ou épars.

Concernant les boues, il n'existe aucun traitement au Togo. Les vidanges des latrines et des fosses septiques collectées par les sociétés de la place sont déversées sans aucun traitement dans la mer, les cours d'eau ou sur le sol ; un cas concret est le site de Kélégougan exploité par la Société Togolaise d'Enlèvement des Ordures Ménagères et d'Assainissement (SOTOEMA). Les boues rejetées s'étalent à l'air libre et laissent s'évaporer et s'infiltrer dans le sol leurs eaux avec les boues qui s'assèchent à la surface du sol.

Les déchets industriels proviennent des unités suivantes :

- l'office togolais des phosphates, actuellement nommé International Fertilizers Group-Togo (IFG) qui jette ses déchets dans la mer ;
- La Brasserie du Bénin (BB) qui étale ses déchets dans la nature
- La Nouvelle Industrie des Oléagineux au Togo (NIOTO) qui a choisi la nature et la mer comme milieux de rejets de ses déchets ;
- La société de production de sucre SINTO qui jette ses déchets dans la rivière

La valorisation des déchets ménagers passe par une politique de tri à la base. Afin que le tri puisse se faire aisément avec la collaboration des ménages, il doit être sous-tendu par des mesures d'incitation. La valorisation des bouteilles en verre et en plastique a conduit à une absence de ces articles dans les Déchets sauf lorsqu'ils sont cassés. Il est donc nécessaire de créer un marché autour des autres composantes des déchets ménagers.

⁵ Ce chapitre s'inspire de l'étude "Evaluation des besoins nationaux : secteur des déchets" de MM. SODJI et AMEGBOH, 2003.

3.1. Caractéristiques du secteur des déchets

Les études d'inventaire des émissions de gaz à effet de serre du secteur des déchets ont été menées selon la classification suivante :

- les déchets solides sont constitués par :
 - les déchets ménagers ;
 - les déchets commerciaux ;
 - les déchets industriels ;
 - les déchets biomédicaux ou hospitaliers ;
- les déchets liquides constitués par :
 - les eaux usées domestiques ;
 - les eaux usées commerciales ;
 - les eaux usées industrielles.

Tableau 11 : Récapitulatifs des déchets ménagers des villes

Villes	Population 1995	Ratio kg/hbt/jour	Total déchets produits (tonnes/an)
Lomé	762.250	0,65	180.844
Kpalimé	49.352	0,60	10.808
Atakpamé	48.438	0,60	10.608
Sokodé	69.824	0,60	15.291
Kara	65.803	0,60	14.410
Autres villes	204.333	0,60	44.749
Total	1.200.000		276.710

Source : Inventaire des émissions de GES dues aux déchets (Projet Changements Climatiques).

Tableau 12 : Récapitulatif des déchets solides au TOGO

DECHETS (tonnes)	Ville retenues (Lomé, Kpalimé, Atakpame, Sokodé, Kara et autres)						
	ANNEES						
	1992	1993*	1994*	1995	1996	1997	1998
Déchets ménagers	628036,7	465693,7	605113,4	758111,51	799895,3	905205	960107,3
Déchets commerciaux	21418,28	-	-	21418,28	21418,28	21418,28	21418,28
Déchets industriels	771091,73	-	-	771091,73	771091,73	771091,73	771091,73
TOTAL	14205467	465693,7	605113,4	1550621,5	1592405,3	1697715	1752616,3

* L'émigration qui a touché 325.000 hat particulièrement de la capitale en 1993 et 1994 a bloqué les activités des industries des principaux marchés et hôtels retenus concentrés surtout à Lomé, d'où absence de données.

Source : Inventaire des émissions de GES dues aux déchets (Projet Changements Climatiques).

Tableau 13 : Déchets industriels pour l'année 1995

Unité industrielle	Putrescibles tonne
Brasseries	596,27
Industries textiles	1,200
Raffineries du sucre	1560
Abattoirs	432,50
Traitement de coton	300.000
Traitement de grains (blé)	468.193
Traitement poissons – crevettes	182,44
Pâtes alimentaires	80,716
Huilerie	40,99
Peintures	4,623
TOTAL	771091,73

Source : *Inventaire des émissions de GES dues aux déchets (Projet Changements Climatiques).*

3.2. Emissions de GES du secteur des déchets⁶

Compte tenu des conditions de gestion des déchets au Togo, les conditions d'émission de méthane ne sont remplies que rarement. En effet, les mesures de pH, de profondeur, de taux d'humidité et de température effectuées tant sur les dépotoirs que dans certaines latrines ont montré que les conditions de méthanogenèse ne sont que rarement ou partiellement remplies.

La vérification des sites de décharges, l'analyse de la situation dans les milieux aérobique et anaérobique des déchets solides, liquides et boues avec toutes les hypothèses possibles donnent à partir des déchets une émission globale de 6,75 Gg de CO₂-e.

Sur les 6,75 Gg de CO₂-e, les déchets solides l'emportent avec 3,65 Gg de CO₂-e, suivis des déjections humaines avec 3,10 Gg de CO₂-e, des eaux usées domestiques et commerciales 0,002 Gg de CO₂-e, les eaux usées industrielles qui n'émettent pratiquement rien.

Les GES émis par les déchets sont, à 54% produits par les déchets solides et à 46% par les déjections humaines.

Essentiellement deux types de GES sont émis par le secteur des déchets. Il s'agit du méthane CH₄ qui contribue pour 0,17 Gg et de l'hémioxyde d'azote N₂O qui représente 0,01 Gg en 1995.

⁶ Source : Communication Nationale Initiale du Togo.

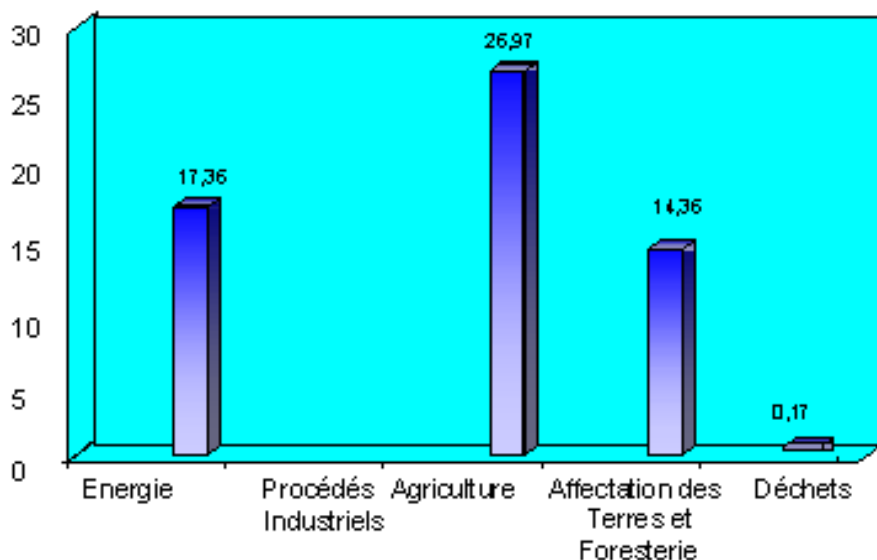


Figure 26 : Emissions de CH₄ par secteur en 1995.

Il n'a pas été possible d'estimer les émissions de N₂O dues aux Transports.

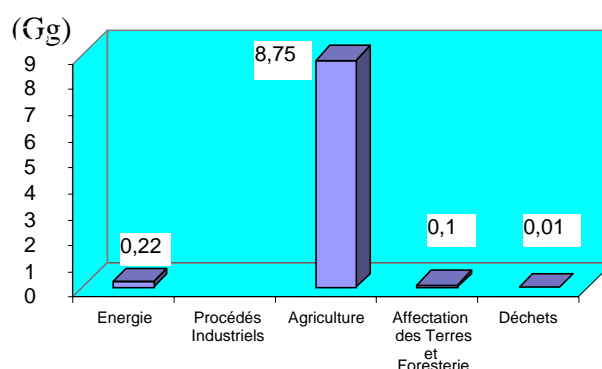


Figure 27 : Emissions de N₂O en 1995, par secteur

Comme le montre le tableau 1, le secteur des déchets au Togo, en comparaison avec les autres secteurs, émet une très faible quantité de gaz à effet de serre.

3.3. Technologies de gestion des déchets

Les procédés de traitement ont beaucoup progressé et la tendance va vers la recherche de l'utilisation des déchets. La décharge bien conduite permet de revaloriser, par exemple, les sols d'anciennes carrières. La fermentation produit un compost apprécié. L'incinération quand il s'agit d'usines importantes, permet de produire de l'électricité vendue au réseau général ou de la vapeur distribuée ensuite comme vapeur process. Cela atténue sensiblement le prix du traitement. Les déchets ne sont plus seulement un produit nuisible dont il est indispensable de

se débarrasser, mais constituent un gisement de matériaux et de matières premières qu'il y a lieu d'exploiter comme une ressource secondaire.

Les déchets peuvent être mis en décharge dans son état hétérogène. On peut, par tri, valoriser les différents composants en nouvelles matières premières. Les déchets peuvent être brûlés ou utilisés comme combustibles. On peut biologiquement les transformer en engrais organique (le compost), en méthane ou en glucose qui peut à son tour, soit fournir de l'éthanol ou servir de matière première pour la production de protéines sous forme d'organismes unicellulaires.

Toutes ces analyses se regroupent en trois types :

- les méthodes mécaniques ;
- les méthodes thermiques ;
- les procédés biologiques

3.3.1. Méthodes mécaniques : la décharge contrôlée

L'élimination des déchets par la mise en décharge est le procédé le plus simple et souvent le plus économique dans la mesure où les coûts d'approche sont limités.

Il existe deux sortes de décharge :

- la décharge brute ;
- la décharge contrôlée.

3.3.1.1. Décharge brute

C'est la méthode la plus simple et la plus ancienne. Elle consiste en des dépôts de déchets réalisés sans tri sur un terrain nu, dans une excavation naturelle ou dans une ancienne carrière, sans étude préalable de la nature du sol et du sous-sol.

C'est une méthode actuellement interdite dans beaucoup de pays surtout pays développés.

Avantages

Les atouts de cette méthode portent sur sa simplicité et le peu d'investissement qu'elle entraîne. Le remblai des anciennes carrières permet de les valoriser pour leur réutilisation ultérieure.

Inconvénients

Ils sont très frappants et portent sur la dégradation de l'environnement et de la santé publique. La forte proportion de matières organiques mises en décharge ouverte, attire les rongeurs (rats), les chiens, les

enfants et les vecteurs d'épidémies (mouches) en leur offrant les meilleures conditions de propagation.

Les déjections humaines ou animales éventuellement présentes dans les déchets peuvent héberger des micro-organismes pathogènes pour l'homme. Les ordures en décomposition peuvent polluer les eaux superficielles et souterraines par le lixiviat. Une telle décharge est de surcroît source de mauvaises odeurs qui constituent avec l'aspect inesthétique des déchets, des nuisances pour la population.

La clôture et la couverture par treillage métallique des décharges ainsi réalisées permettent d'empêcher l'accès des rongeurs, des mouches et autres mais les mauvaises odeurs et l'aspect inesthétique demeurent.

3.3.1.2. Décharge contrôlée

La méthode commence par se moderniser. Il existe trois types de décharges contrôlées :

- la décharge contrôlée traditionnelle ;
- la décharge contrôlée compactée ;
- la décharge de déchets préalablement broyés.

Décharge contrôlée traditionnelle

Il s'agit de déposer dans une ancienne carrière les déchets en couches successives de 1,5 à 2 m d'épaisseur. Ces couches sont nivelées au noyau d'un engin mécanique puis recouvertes d'une couche de terre de 10 à 20 cm ou de 40 à 50 cm pour la couche finale constituée le cas échéant de terre végétale.

Avantages

En plus des avantages de la décharge brute, la décharge contrôlée traditionnelle crée des conditions favorables à la fermentation, ce qui limite le délai de réutilisation des carrières (terrains de sports, création d'espaces verts, remise en culture). La décharge ainsi constituée n'attire guère de rongeurs ou d'insectes. Les investissements se limitent à l'engin de nivellement.

Inconvénients

Ce sont particulièrement les risques de pollution des eaux souterraines et de fuite de gaz.

Décharge contrôlée compactée

Le compactage de ce procédé nécessite l'usage des engins compacteurs spéciaux, intervenant au fur et à mesure des arrivages de déchets et travaillant en couches minces. Ce procédé se fait sans la couverture de

couche de terre journalière. C'est une méthode très répandue surtout dans les pays en développement.

Avantages

C'est la réduction considérable du volume des déchets en décharge.

Inconvénients

Le nombre de carrières étant très limité, il est difficile d'adopter de façon durable ce procédé.

Décharge contrôlée de déchets préalablement broyés

Les déchets sont broyés avant d'être déversés dans les décharges. Ils sont compactés et nivelés. Le poste de broyage peut être séparé ou situé sur la décharge. Dans les pays développés, un tri préalable effectué par les ménages facilite la méthode.

Avantages

Il se remarque par la facilité d'exploitation de la décharge car l'homogénéité des déchets broyés limite le compactage et facilite le nivellement.

Inconvénients

C'est les mêmes que dans les précédentes décharges contrôlées.

En résumé, la méthode de décharge est une solution d'attente pour les petites collectivités. Au-delà des nuisances évoquées, son application pour les grandes agglomérations reste limitée par le nombre insuffisant d'anciennes carrières devant recevoir les quantités considérables de déchets journalièrement collectés.

3.3.1.3. Valorisation des déchets par tri

Le tri permet de séparer au mieux les composants des déchets. Les composants inertes retournent en décharges, les composants recyclables seront réutilisés, les composants fermentescibles seront valorisés par le biais, soit du compostage, soit de la méthanisation, les rebuts combustibles seront incinérés.

Les déchets constituent un gisement hétérogène qu'il convient de valoriser au mieux, c'est-à-dire en fonction des propriétés spécifiques de leurs constituants.

Cette valorisation des composants des déchets se fait par le tri, la récupération et le recyclage.

Recyclage du papier

Les usines fonctionnant à partir de vieux papiers sont moins polluantes que les usines de pâtes à papier qui produisent des fibres vierges.

Le papier occupe 5% des déchets produits au Togo en 1995, soit : 169,65 t/an.

Ceci suppose que la proportion de papier dans les déchets au Togo peut soutenir une installation industrielle de traitement des papiers d'une capacité près de 200 t/an.

Recyclage de verre

Il est plus facile de fabriquer du verre avec une certaine portion de verres recyclés qu'à partir uniquement de matériaux bruts (sable, dolomite ou chaux et soda).

Le verre occupe 5% des déchets produits annuellement. A cet effet, son traitement nécessite une usine de capacité de production supérieure à 200 t/an pour une unité industrielle désireuse de s'implanter pour le recyclage des verres.

Recyclage des plastiques

Les plastiques sont des matériaux qui possèdent le pouvoir calorifique le plus élevé. A court terme, il peut donc être intéressant de récupérer ce pouvoir calorifique par des procédés de pyrolyse (décomposition chimique et physique de la matière organique sous l'effet de la chaleur et en l'absence d'oxygène ; c'est un procédé de distillation qui donne comme produit, soit des gaz (H_2 , CO , CH_4 , H_2O) soit de l'huile, selon le procédé choisi). L'incinération des plastiques engendre le rejet d'acide chlorhydrique dans l'atmosphère.

Tous les plastiques ne sont pas recyclables à long terme, il va falloir permettre l'utilisation uniquement de ceux qui peuvent être recyclés.

Les plastiques représentent 2,5% du poids total des déchets annuels. Si c'est seulement 1,5% des déchets plastiques qui sont recyclables, une industrie d'une capacité supérieure à $50,89 \approx 60$ t/an, sera nécessaire.

Recyclage des matériaux métalliques (ferreux et non ferreux)

Sans prendre en compte que la quantité des déchets métalliques augmente de façon effroyable ces dernières années (après 1995) avec des véhicules, les réfrigérateurs, les fers à repasser, les ordinateurs, les climatiseurs, les postes téléviseurs usagés importés, on remarque qu'il y aura suffisamment de matières premières pour toute industrie spécialisée dans la transformation des métaux.

Avec 2,5% des déchets annuels, la technologie permettra de fournir une capacité minimale de 100 t/an pour une unité industrielle désireuse de s'implanter pour recycler des métaux.

Avantages

Cette technologie ne donne pas de résidu inutile.

Inconvénients

La complexité de l'équipement et des opérations nécessaires pour recycler ou convertir les différents constituants, rendent coûteuse cette technologie pour un pays en développement comme le Togo. Les composants de déchets au Togo sont de très faible proportion pour encourager ce type de technologie ; les composants inertes (sables, cendres, pierres) seuls occupent plus de 50% des déchets.

3.3.2. Méthodes de traitement thermique des déchets

Les méthodes de traitement thermique des déchets peuvent constituer un moyen performant d'élimination des ceux-ci et, dans certains cas, de valorisation de leur contenu énergétique.

Trois techniques de nature thermique ou thermo-chimique sont mises en jeu :

- l'incinération directe ;
- la production de combustibles solides dérivés des déchets ;
- la pyrolyse

3.3.2.1. Incinération directe

Elle permet de réduire considérablement les déchets en volume et en poids.

Si le pouvoir calorifique est suffisant pour assurer l'autocombustion des déchets, il s'agit là du procédé le moins coûteux. La récupération d'énergie se fait au moyen d'une chaudière à tubes d'eau, en général pour produire de la vapeur, qui elle-même peut être utilisée soit directement comme vapeur de process, soit indirectement comme fluide caloporteur, soit comme vapeur turbinable pour produire de l'électricité.

Avantages

Pour tout déchet combustible, l'incinération offre trois avantages manifestes sur les autres procédés :

- 1 elle évite toute contamination microbienne ou microbiologique puisque les bactéries et virus sont détruits ;
- 2 elle a pour effet, une réduction importante du poids puisque les cendres et mâchefers⁷ représentent environ 30% pour les ordures

⁷ Mâchefers : ce sont des scories de fours après la combustion.

- ménagères et à peine 20% pour les déchets industriels. En ce qui concerne le volume, les résidus d'incinération ne représentent qu'entre le cinquième et le dixième du total des déchets ;
- 3 elle permet une récupération d'énergie non négligeable : en effet le pouvoir carbonique des ordures ménagères est le quart de celui du charbon et le cinquième de celui du pétrole ; celui des déchets industriels – très variable d'un déchet à l'autre – est en moyenne deux à trois fois plus important.

En résumé, le déchet reste un combustible assez particulier, souvent très hétérogène, qui doit être manié avec précaution.

Inconvénients

L'incinération directe produit des fumées riches en chlore et en acide chlorhydrique provenant principalement des matières plastiques. Ces éléments constituent des nuisances pour l'environnement. La méthode d'incinération directe ne permet pas de récupérer une proportion appréciable d'énergie des déchets.

3.3.2.2. Combustibles solides dérivés des déchets

Le procédé permet d'obtenir un combustible solide dérivé des déchets substituable aux combustibles fossiles.

La technique commence d'abord par un prétraitement par broyage et par tri ayant pour fonction de séparer les composants non combustibles de la fraction combustible séchée et comprimée après.

Ce combustible solide peut être brûlé dans un four d'une chaudière ou d'une centrale thermique, dans un four cimentier ou dans les fours à grille. Certaines villes de pays développés ont ainsi construit, à côté de leur centrale thermique ou usine de ciment utilisant des combustibles fossiles, une usine de traitement de déchets pour fournir à ces unités le combustible de substitution (figure 28).

Avantages

Le procédé permet de mettre à la disposition des ménages le charbon obtenu à partir du traitement des déchets.

La méthode permet en outre de réduire au minimum le volume des matières à évacuer ; dans le cas du four cimentier, les cendres sont incorporées au ciment.

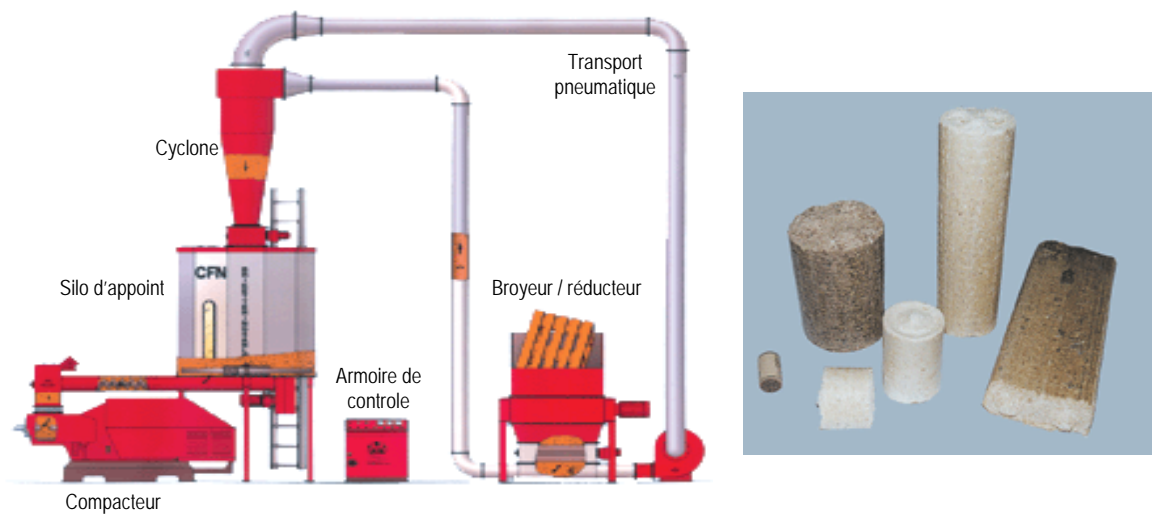


Figure 28 : Système de production de briquettes de différents diamètres à partir de déchets broyés puis compactés.

Inconvénients

Les matières inorganiques (verre, sable, aluminium) et putrescibles (déchets alimentaires et déchets d'abattoir) et l'humidité des déchets réduisent le pouvoir calorifique du combustible obtenu.

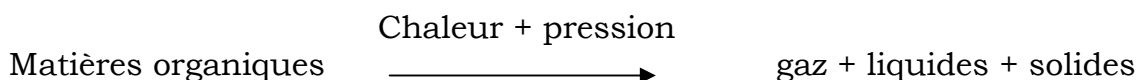
D'autre part, la méthode est complexe et nécessite un personnel très spécialisé.

3.3.2.3. La Pyrolyse

Contrairement au précédent procédé les produits à obtenir sont principalement les combustibles liquides ou gazeux substituables au fuel ou au gaz naturel.

C'est un procédé par lequel les matières organiques des déchets sont décomposées à haute température et sous pression pour donner des gaz et/ou des huiles combustibles.

La pyrolyse diffère de l'incinération par le fait que c'est une réaction endothermique qui se produit dans une atmosphère à teneur en oxygène faible ou nulle.



Les solides sont des résidus charbonneux.

La réaction a lieu dans un réacteur appelé gazogène. Les déchets peuvent être introduits directement dans le gazogène ou soumis à un

prétraitement mécanique destiné à libérer la fraction organique, à réduire sa granulométrie et son taux d'humidité.

Avantages

Les produits finis de ce procédé peuvent valablement remplacer les importations des énergies fossiles (pétrole ou autres).

Inconvénients

La pyrolyse présente des difficultés parfois insurmontables à savoir :

- la complexité du procédé qui requiert un personnel très qualifié. Il faut par ailleurs un apport énergétique important pour sécher les déchets et pour maintenir la pression et la température ;
- la qualité médiocre des produits obtenus : ceci est dû à la composition hétérogène des produits, à leur faible pouvoir calorifique et partant la difficulté de les commercialiser et les utiliser dans les installations existantes conçues pour les combustibles à haut pouvoir calorifique.

Comme tout procédé, les méthodes thermiques ont l'avantage de réduire le volume des déchets. Leurs inconvénients l'emportent largement sur les avantages pour un cas simulé pour le Togo. Il s'agit de :

- la faible proportion d'éléments combustibles dans les déchets ;
- le fort taux d'humidité des déchets : le bilan énergétique sera nul ou négatif ;
- le coût élevé des équipements à mettre en place.

Comme la méthode des décharges et la valorisation par tri, les procédés thermiques sont recommandables si les moyens techniques et financiers sont accessibles.

3.3.3. Procédés biologiques

L'hydrolyse, la méthanisation et le compostage sont les trois principales méthodes pour traiter biologiquement les déchets.

3.3.3.1. Hydrolyse des déchets

C'est un procédé qui permet la conversion des déchets celluloseux (bois, bagasse, coton ou textile, papier) en organismes unicellulaires fournissant des protéines alimentaires ou en éthanol source d'énergie. La nécessité de l'hydrolyse est liée au fait que les organismes unicellulaires fournissant les protéines (la levure *Candida utilis*) et ceux provoquant la fermentation alcoolique (la levure : *Saccharomyces Cerevisiae*), ne peuvent se nourrir que des sucres produits par l'hydrolyse et non de la cellulose très complexe

L'hydrolyse peut être acide, (elle se fait à température et pression élevées) ou enzymatique (au moyen de la cellulose synthétisée par un champignon, *Trichoderma raesi*).

Avantages

La cellulose, squelette des déchets végétaux et base des papiers, cartons et textiles, correspond à environ 30 à 40% de la masse des déchets au Togo. Le procédé permettra de transformer près de 40% de déchets en glucose alimentaire, en éthanol carburant ou en micro-organismes alimentaires pour l'homme ou pour le bétail.

Inconvénients

La cellulose est complexée dans les résidus végétaux par la lignine qu'il faut éliminer dans un premier temps par des traitements chimiques. L'hydrolyse de la cellulose exige elle-même une instrumentation bien précise. Le sucre produit sera en concurrence avec le sucre classique surabondant sur le marché. La production d'éthanol ou de micro-organismes alimentaires par l'hydrolyse de la cellulose est très récente.

Ce procédé est plutôt recommandé au niveau des usines sucrières et textiles pour traiter la bagasse et les résidus de coton ou de textiles qui constituent une fraction cellulosique relativement pure.

3.3.3.2. Méthanisation

La méthanisation anaérobie est la fermentation des matières organiques réalisée en l'absence d'oxygène par des populations bactériennes, généralement à une température de substrat proche de 37°C.

Cette dégradation biologique s'accompagne de la production de biogaz (gaz combustible d'environ 60% de méthane et 40% de gaz carbonique) et de restitution d'environ 50% de la matière organique sous une forme plus ou moins minéralisée dont les caractéristiques sont comparables à celles du compost : c'est le digestat.

La méthanisation se fait en discontinu dans un digesteur statique ou en continu dans deux digesteurs en série, le premier étant agité.

Les principales opérations sont :

- préparation mécanique de séparation et de fractionnement de la matière organique ;
- mélange solide-liquide et alimentation du digesteur ;
- biogazéification ;
- épuration du mélange gazeux ;
- traitement des résidus de digestion.

Avantages

Ce procédé permet non seulement d'éliminer les déchets, mais d'obtenir deux produits importants :

- le méthane qui est un combustible substituable au gaz naturel ;
- le digestat, un engrais organique utilisable en agriculture

Inconvénients

Ils sont de trois ordres :

- le faible pouvoir calorifique du méthane produit ;
- la nécessité d'un traitement complémentaire du digestat avant utilisation agricole, ce qui rendra ce produit très coûteux aux utilisations ;
- le caractère complexe de la méthode ;
- le coût élevé des équipements.

3.3.3.3. Compostage

Le compostage est une décomposition aérobie (en présence de l'air) de déchets organiques par des populations de micro-organismes indigènes (bactéries, levures, champignons, etc.) dans des conditions contrôlées. Il produit un résidu organique partiellement stabilisé qui évoluera ensuite plus lentement.

L'action des micro-organismes entraîne une réaction d'oxydation, libérant de la chaleur, qui peut être schématisé ainsi :

Matières Organiques fermentescibles + micro-organismes + O₂ —————>

CO₂ + H₂O + matière organique stabilisée (compost) + chaleur.

Les effets potentiels du compostage sont de quatre ordres :

- diminution de la masse des matières premières organiques ;
- augmentation de la teneur en matière sèche ;
- hygiénisation par la température (destruction des micro-organismes pathogènes et de la totalité des graines) : dans cette ambiance de forte humidité, les graines gonflent, germent très rapidement vers 15 - 20°C et les plantules, très sensibles à ce stade, sont très rapidement détruites par l'élévation de température à 60°C ;
- obtention d'un compost intéressant pour les sols car riche en matières humidifiables (donnant de l'humus), sels minéraux et micro-organismes utiles.

Avantages

Le compostage est une technique relativement simple. Il permettra de réduire les importations d'engrais chimiques.

Inconvénients

Ils sont de cinq ordres :

- la lenteur du procédé et ses résultats toujours imprévisibles à cause de la nature variable des déchets ménagers ;
- le compost peut abriter des microbes pathogènes non exterminés lors du compostage ;
- le grand volume et la faible densité du compost posent le problème de stockage et de transport vers les lieux d'utilisation ;
- la commercialisation du compost n'est souvent pas très rentable à cause du coût de production relativement élevé ;
- le compostage laisse 20 à 30% de refus qui reposent le problème de décharge, d'investissement connexe et de débouché pour les refus commercialisables.

Les procédés biologiques examinés ont l'avantage d'avoir peu d'impact défavorable sur l'environnement et sur la santé. Parmi les trois techniques, le compostage est le procédé qui se prête le mieux au traitement des déchets au Togo malgré sa non-rentabilité économique.

Les autres procédés relevant d'une technicité capitaliste peuvent être mis à la portée de tout investisseur ou tout bailleur de fonds.

3.5. Coûts des technologies retenues

Traitement des déchets ménagers par le procédé « Alcyon Biothermic »
Coût d'investissement : 15 milliards F CFA

Technologie : ROTOREF, breveté public Consult (Italie)
Coût d'investissement : 17 milliards F CFA

Procédé SOL (Ecomatériau)
Coût d'investissement : 15 milliards

Technologie utilisée en Chine pour recyclage de sachets plastiques

Coût d'investissement : 400 millions F CFA

3.6. Offres financières

Traitement des déchets ménagers par le procédé « Alcyon Biothermic » ou « Système Alcyon de Gestion Intégrée des Déchets – SAGID »

- Processus de fabrication :

1 – Une unité de pré-traitement pour la séparation mécanique des différents composés des OM (Tri)

2 – Une unité de méthanisation pour la fraction organique des OM (fraction verte)

3 – Une unité de gazéification pour la fraction combustible des OM (fraction grise)

- Capacité de traitement : 100.000 t/an à 180.000 t/an

- Investissement hors taxe : 15 milliards CFA en 2001

- Equipement : Gasifier Model TI 106, Skid layout and Weghts (for estimating purposes only)

- Sous-produits :

- Electricité
- Digestat (fertilisant organique)
- Chaleur qui pourrait être évaluée sous forme de :
 - climatisation
 - production d'eau potable par évaporation
 - serres
 - autres applications

Adresse : Alcyon Engineering S.A

Ai – des Baumettes 15

CH – 1020 Renens (Switzerland)

e.mail : desk@alcyon.ch

Fax : + 41 21 637 37 30

Tél : + 41 21 637 37 37

❖ Procédé de fabrication de compost

Technologie : ROTOREF, breveté public Consult (Italie)

- Traitement mécanique
- Traitement biologique

Produit : compost riche en substances organiques

Production : 51000 tonnes/an, 170 t/jour pendant 300 jours dans l'année

❖ Plan stratégique d'assainissement des principales villes

Coût : 1.5 milliards FCFA par ville

Source : Politique nationale d'hygiène publique et d'assainissement

Villes retenues : Lomé, Aného, Atakpamé, Kpalimé, Sokodé, Kara et Dapaong

❖ Maîtrise des eaux pluviales dans les villes secondaires

Coût : 5,4 milliards FCFA

Source : Politique nationale d'hygiène

Durée : 2 ans

❖ Renforcement des laboratoires nationaux de surveillance et d'analyse

Coût : 400 millions FCFA

Source : Pol nationale d'hygiène

Durée : 36 mois

❖ Elaboration de la réglementation industrielle, de la planification et de la viabilisation des domaines industriels

Coût : 100 millions FCFA

Source : Ministère de l'industrie (direction de l'industrie)

Durée : 12 mois

❖ Etude de faisabilité et projet pilote de système d'évacuation et de contrôle de déchets solides et ménagers

Coût : 90 millions FCFA

Source : Pol nationale d'hygiène

Durée : 24 mois

❖ Etude de faisabilité et projet pilote pour l'évacuation et le traitement des matières de vidange

Coût : 72 millions FCFA

Source : Pol nationale d'hygiène

Durée : 24 mois

❖ Programme de gestion des déchets biomédicaux

Coût : 42 millions FCFA (étude de faisabilité) 12 milliards FCFA

(programme d'assistance 1^{ère} tranche)

Source : Pol nationale d'hygiène

Durée : 12 mois

❖ Appui à la mise en œuvre du programme national d'assainissement

Coût : 480 millions FCFA

Source : Pol nationale

Durée : 3 mois

- ❖ Promotion de l'hygiène/assainissement en milieu rural

Coût : 360 millions FCFA

Source : Pol nationale d'hygiène

Durée : 5 ans

- ❖ Elaboration de schémas directeurs d'aménagement et d'urbanisme des villes secondaires

Coût : 250 millions FCFA

Villes retenues : Aného, Atakpamé, Kpalimé, Notsé, Sokodé, Kara, Tsévié, Sotouboua

Source : Pol nationale d'hygiène

Durée : 24 mois

- ❖ Curage et entretien du réseau d'égouts, des caniveaux et de la lagune

Coût : 150 millions FCFA

Source : Programme Villes-Santé

Durée : 5 ans

- ❖ Construction des décharges intermédiaires et finales à Lomé

Coût : 100 millions FCFA

Source : Programme Villes-Santé

Durée : 5 ans

- ❖ Construction des égouts, caniveaux, bassins d'orage et une station d'épuration des eaux usées

Coût : 400 millions FCFA

Source : Programme Villes-Santé

Durée : 5 ans

- ❖ Procédé SOL

Objectif social : Elimination des déchets (déchets hospitaliers inertes, déchets industriels, boues,...) sans pollution et émission atmosphérique, ni résidus ultimes (encore appelés déchets des déchets) et préservation des sols et réserves d'eau (eaux superficielles comme nappes phréatiques).

Procédé : Hydrolyse et passivation des composants fermentescibles

Produit final : "Ecomatériau" avec une consistance semblable à celle d'un sable ou d'un gravier parfaitement homogène et stabilisé.

Investissement utilitaire : 15 milliards en 2000

Utilisation du produit final :

- Parpaings, pavés autobloquants
- Revêtement des sols industriels lisses et anti-dérapants
- Fertilisants minéraux de haute qualité
- Soubassement de routes
- Absorbants industriels
- Fond de fouille ou de tranchées, sous couches...

Adresse : Corporate agent inc. "SILVER OVERSEAS LIMITED"
1013 Centre Read
P.O. Box 1281 Wilmington
D.E. 19899

❖ Technologie utilisée en Chine pour recyclage de sachets plastiques

Procédé : 1- tri 2- broyage, lavage et séchage, 3- extrusion

Coût : 400 millions FCFA

Source : Ambassade de chine au Togo



La recherche de la technologie pour le traitement des déchets est une solution environnementale située en aval du système de bonne gestion des déchets. En conclusion à cette étude, les recommandations suivantes sont faites :

- la bonne gestion des déchets ;
- le choix technologique pour le traitement des déchets :
 - décharge après broyage ;
 - dépôt après broyage avec récupération de biogaz sortant de la décharge pour la production d'énergie électrique ;
 - digestion anaérobique forcée dans des réacteurs ;
 - compostage et décharge des non-compostables ;
 - compostage et incinération des non-compostables avec récupération d'énergie pour la production d'énergie électrique ;
 - recyclage des matériaux primaires, c'est-à-dire du papier, du plastique, du verre et des métaux qui peuvent être remis dans la production ;
 - incinération des déchets avec récupération d'énergie (production d'énergie électrique) ;

- incinération des déchets après une collecte sélective pour papier, verre, plastique et métaux ;
- technologie pour le recyclage des plastiques en Chine.

La démarche présente de gestion des déchets à Lomé, consiste en un enfouissement, puis recouvrement par la latérite, des ordures ménagères dans une ancienne carrière à Agoènyivé dans la banlieue de la ville de Lomé.

Les tas d'ordures qui traînent des semaines durant dans les dépotoirs intermédiaires, n'ont pour principale explication que les difficultés financières de la Mairie de Lomé, à payer régulièrement les factures des entreprises chargées de la collecte des déchets vers une décharge finale.

En cette période de crise économique très accentuée où les pouvoirs publics ont toutes les peines à s'engager dans des investissements dans les secteurs jugés secondaires, seules des procédures, qui prennent en compte dans leur globalité la gestion des déchets sont proposées avec les technologies suivantes :

- 1 le compostage et l'incinération des non-combustibles avec récupération d'énergie pour la production d'énergie électrique ;
- 2 l'incinération des déchets avec récupération d'énergie (production d'énergie électrique) ;
- 3 la technologie utilisée en Chine pour le recyclage de sachets plastiques ;
- 4 le procédé de fabrication de compost.

Le coût de ces technologies étant très élevé, il est opportun que leur financement soit ouvert aux investissements privés.

Conclusion

L'évaluation des besoins nationaux en technologies a porté sur les secteurs de l'énergie, de l'agriculture/foresterie et des déchets.

L'analyse des technologies disponibles, compte tenu de leur efficacité, de leurs coûts et des réalités nationales dans chaque secteur, a permis de retenir les technologies suivantes pour atteindre l'objectif de réduction des émissions de GES ou celui de l'accroissement des puits de ces gaz tout en garantissant un développement durable au Togo :

Pour le secteur de l'énergie

Deux axes technologiques sont prioritaires :

- amorcer par des subventions ou avantages fiscaux la production et la diffusion de foyers améliorés à bois, à charbon de bois et à gaz pour toutes les couches sociales du pays.
- promouvoir les énergies renouvelables (solaire thermique, cellule photovoltaïque, micro-hydraulique, éolienne etc.) en facilitant l'accès à ces technologies et en formant les populations à leur maîtrise et à leur gestion.

Pour le secteur de l'agriculture et de la foresterie

Les experts ont mis l'accent dans ce secteur sur les techniques applicables en production végétale et en production animale.

En production végétale :

- lutte contre le brûlage sur place de la paille et des autres résidus de récolte afin d'éviter l'émission dans l'atmosphère du dioxyde de carbone (CO₂) et des traces de certains gaz tels que le méthane (CH₄), le monoxyde de carbone (CO), l'hémioxyde d'azote (N₂O) ;
- réduction des émissions de CH₄ en riziculture ;
- sauvegarde et augmentation de la couverture forestière nationale.

En Production Animale :

- Elevage en enclos de porcins et de vollaille ;
- création de prairies améliorées et introduction dans les assolements, de jachères entretenues.

Pour le secteur des déchets

Trois technologies sont retenues :

- Traitement des déchets ménagers par le procédé "Alcyon Biothermic" ;
- Procédé de fabrication de compost ;
- Traitement des déchets par le procédé SOL.

Pour réussir l'intégration et le développement de ces technologies au Togo il est nécessaire de lever les barrières suivantes :

- **Politique**: Insuffisance de volonté politique clairement exprimée et renforcement de l'Etat de droit suivi d'une bonne gouvernance ;
- **Juridique** : Insuffisance d'instruments d'intégration régionale, Absence de normes nationales relatives à la rentabilité énergétique ;
- **Institutionnelle** : Manque/Insuffisance d'institutions compétentes
- Financier/économique : Insuffisance de structures de financement du secteur ;
- **Sociale** : Faible implication des communautés/bénéficiaires à la base.

Bibliographie

Secteur de l'énergie

Direction de l'Energie, B M-RPTES, Analyse, Stratégie et Programme d'Action du sous secteur des Energies Traditionnelles, Mai 2002

Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières, Communication Nationale Initiale du Togo, Nov. 2001

PNUE Rapport spécial du GIEC, Questions méthodologiques et technologiques dans le Transfert de Technologie, 2000

Désiré le Gourières, Energie Eolienne Théorie Conception et Calcul pratique des Installations, Eyrolles 1981

WMO/UNEP, Climate Change 2001, Mitigation

Bertran de La Farge, Le bio gaz . Procédés de fermentation méthanique, Masson

LEAP 2000 Technology Environment Data

Akpé Komi AGBOSSOU, Evaluation des besoins nationaux en technologies : Secteur de l'énergie, Mai 2002

Secteur de l'agriculture et de la foresterie

ADJETEY-BAHUN E. A. – Mise en place et entretien des plantes agricoles.-Cours de phytotechnie générale, 2è partie. ESA-UL, Projet TOG/86/003-Formation agricole Lomé ; 1991. 93p.

ADJETEY-BAHUN E. A. – La reproduction chez les végétaux vasculaires. Manuel de travaux pratiques, 2è éd. Les Presses de l'UB ; Lomé, 1995. pp40-43.

ADJETEY-BAHUN E. A., AVOGNAN K. – Test de comportement de deux nouvelles variétés togolaises de riz (*Oryza sativa*) à différentes densités de semis en culture pluviale. J. Rech. Sci. Univ. Bénin (Togo), 1998, 2(1). pp 112-118.

ADJETEY-BAHUN E. A., AMOUZOUVI K. A., KOKPO Y. M. –Action de la forme de l'amendement organique et du mode de fumure sur l'élaboration du rendement du riz (*Oryza sativa*) pluvial. J. Rech. Sci. Univ. Bénin (Togo), 1999, 3(2). pp 114-120.

- BOABEKOA G. – Etude de quelques modes d'activation de la germination des semences de trois espèces forestières protégées au Togo (*Prosopis africana*, *Parkia biglosa*, *Tamarindus indica*). Mémoire d'ingénieur agronome, ESA-UL ; Lomé, 1994. 107 p.
- LALLE A. M. – Amendement des sols à partir de matières compostales de proximité en entreprise agricole, cas de Gyma-Cultures. Mémoire d'ingénieur agronome, ESA-UL ; Lomé, 1994. 192 p.
- MUSTIN M. – Le Compost. Gestion de la matière organique. Ed. François Dubusc, Paris, 1987. 954 p.
- SOME L. M. – Dormance et prétraitement des graines forestières. Sciences – Forêt – Développement, N°1, MET/CNSF - Ouagadougou, 1987. pp 16-26
- ANONYME – Aménagement du sol : production et usage du compost en milieu tropical et subtropical. Bulletin Pédologique N° 56 ; FAO, 1988. 165p.
- ANONYME – De l'énergie pour tous. Un dossier sur le bois de feu dans les pays en développement. Commission des Communautés Européennes (CCE) ; éd. Rigal S. A. Espalion, 1988. p 21.
- ANONYME – Communication Nationale Initiale du Togo. MERF – Togo. Les Presses de l'Université de Lomé, 2001. 201 p.
- ADJETEY-BAHUN E. A - Evaluation des besoins nationaux en technologies : Secteur de l'agriculture et de la foresterie, Projet changements climatiques.

Secteur des déchets

Technology without borders : CTI (Climate Technology Initiative) IEA (International Energy Agency)

PNUE IE : Programme Produire plus Propre Tour Mirabeau email : unepie@unep.fr Site : www.unepie.org

ONUDI (Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel) email : unido-pinfo@unido.org Site : www.unido.org

CDE (Centre de Développement des Entreprises) email : info@cde.ws Site : www.cde.ws

NCPC (Centres Nationaux de Production Plus Propres) email : ncpc_env@unido.org Site : www.unido.org Programme service de l'environnement et de l'énergie

Centre Régional Africain de la Santé et de l'environnement
Avant Projet de Loi portant code de l'Hygiène et de l'Assainissement du
Togo, novembre 2001

Programme Villes-Santé : Plan d'action quinquennal 2001-2005 Ville de
Lomé (OMS)

Centre International de l'eau et de l'assainissement BP : 2869 2601 CW
Delft Pays Bas Tél +31 (0) 15 21 929 39 Fax +31 (0) 15 21 909 55
email : general@irc.nl www.irc.nl

IRC (International Water and Sanitation centre) « Comment optimiser
le fonctionnement et la Maintenance des systèmes
d'approvisionnement en eau potable et Assainissement en Afrique
de l'ouest »

OMS (organisation mondiale de la santé) « salubrité de
l'environnement : stratégie de la région africaine »

PNUD – Banque Mondiale : Programme de l'eau et de l'assainissement
« Eau et Assainissement pour les Défavorisés »

PNUE-IE ; Industry and Environment “Cleaner Production”
Reducing Greenhouse, Gas emissions : The Role of Voluntary programs,
Solid Waste and Wastewater Disposal, Gerard Lyden Environment
and Science
Tél : +44 1734399121 Fax : +44 1734593492

PNUE, : The Environmental Management of Industrial sites

ONUDI “Section de l'information BP 300 A1400 Vienne Autriche
www.unido.org

Ministère du Commerce, de l'Industrie, des transports et du
développement de la Zone Franche, préparation de la table ronde
sur le secteur privé , Fiches de projets techniques

SODJI et AMEGBOH - Evaluation des besoins nationaux en
technologies : Secteur des déchets, Projet changements
climatiques.

Annexe : Termes de Références

REPUBLIQUE TOGOLAISE
Travail-Liberté-Patrie

**MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT
ET DES RESSOURCES FORESTIERES**

Direction de l'Environnement

**PROGRAMME DES NATIONS UNIES
POUR LE DEVELOPPEMENT**

PROJET CNCC/PNUD/FEM/TOG97/G32

ELABORATION D'UN DOCUMENT SUR LES BESOINS NATIONAUX EN TECHNOLOGIE

TERMES DE REFERENCES

1. CONTEXTE ET JUSTIFICATION

Dans le cadre de l'identification et l'évaluation des besoins en technologie, des études ont été réalisées, notamment dans trois secteurs prioritaires: Energie, Déchets et Agriculture et Foresterie. Le nouveau plan de travail adopté par le Comité de Direction du Projet mentionne, en son point 1.2., l'organisation d'un atelier en vue de dégager un consensus national sur les besoins en technologie. Dans ce cadre, un document sur les besoins en technologie dans les trois secteurs prioritaires sus-mentionnés devra être élaboré, sur la base des études antérieures, par un consultant pour servir de base de discussions.

Les discussions de l'atelier permettront au consultant chargé d'élaborer le draft de le reprendre et de l'améliorer pour produire un document final sur les besoins nationaux en technologie du Togo.

2. OBJECTIF:

L'objectif de l'étude est d'élaborer un document sur les besoins nationaux en technologie.

3. MANDAT DU CONSULTANT

Sur la base des travaux antérieurs, le consultant présentera un document tenant lieu de document national des besoins en technologie. Ledit document sera élaboré suivant les directives dans les domaines lorsque ces dernières existent.

Le consultant travaillera à cet effet en tenant compte des directives pertinentes en matière de Changements Climatiques, ainsi que des résultants de l'atelier de Togoville.

Le document comportera entre autres:

1. un aperçu général sur chacun des trois secteurs et leur contribution à l'émission des gaz à effet de serre ;
2. un inventaire des technologies disponibles dans chaque secteur;
3. une proposition de technologies identifiées;
4. la justification du choix des technologies les mieux adaptées au contexte national;
5. la classification des technologies suivant le coût-efficacité.

4. QUALIFICATION

Le consultant devra être un Docteur ou un Ingénieur dans l'un des domaines couverts par les études d'inventaire, de préférence un chercheur ayant pris part aux travaux d'études réalisées dans le cadre de la préparation de la Communication Nationale.

5. OBLIGATIONS ET CONDUITE DES TRAVAUX

Le consultant devra déposer le rapport/document provisoire à l'expiration franche de 15 jours. Le rapport définitif sera remis obligatoirement 07 jours après les observations d'une équipe technique qui sera mise en place par la coordination du projet.

Le consultant travaillera en étroite collaboration avec la Coordination du projet à laquelle il devra soumettre, à la signature du contrat, la méthodologie et le calendrier de travail dont la durée globale, y compris la validation du document, ne dépassera pas 1,5 mois.

Le consultant prendra part à la réunion d'analyse du document par le Comité de Direction du Projet et à l'atelier national de validation.

Le consultant reprendra le draft pour l'améliorer en y intégrant les observations pertinentes de l'atelier en vue de produire un document final sur les besoins nationaux en technologie du Togo.

6. BUDGET

Le budget de l'étude sera déterminé dans le contrat de prestations de service qui sera conclu entre le consultant et le PNUD.

7. DUREE DE L'ETUDE

Le coût de l'étude est estimé à 0,5 homme/mois.

8. LANGUE DE TRAVAIL ET FORME DE REMISE DU DOCUMENT

Le document devra comporter un résumé de deux (02) pages maximum.

Le document final sera rédigé en français. Il sera remis sur support papier et sous format numérique compatible P.C. Microsoft Word, police Bookman Old Style, taille 12, interligne 1.