

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cadres de l'Eco-Ecole	4
Figure 2 : Avantages de l'Eco-Ecole	5
Figure 3 : Contribution des différentes sources dans la fourniture d'énergie	6
Figure 4: Représentation graphique modèle KVP.....	15
Figure 5 : Résumé sur la méthodologie	20
Figure 6 : Foyer performant “OLI-b” pour bois de chauffage	34
Figure 7 : Foyer à flamme inversée	35
Figure 8 : Etapes de la carbonisation améliorée	39
Figure 9 : Briquette ardente	41
Figure 10: Etapes de conception du fatana mitsitsy	42
Figure 11 : Bio-digesteur.....	46
Figure 12 : Récapitulation de l'étape de fabrication du biogaz	47
Figure 13: Schémas d'installation de panneau solaire	49
Figure 14 : Installation éolienne	50
Figure 15 : Différents partie d'un barrage hydraulique	52
Figure 16 : Fonctionnement d'un barrage hydraulique.....	53
Figure 17 : Coupe schématique d'un cuiseur en boîte	57
Figure 18 : Cuiseur parabolique	57
Figure 19 : Résultat de feed-back sur le plan du dispositif	60
Figure 20 : Feed-back sur l'ajustement des couleurs	61
Figure 21 : Résultat du feed-back sur le fond.....	62
Figure 22 : Feed-back sur l'abondance des illustrations.....	62

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Changement de la vitesse du vent selon la zone	9
Tableau II : Utilisation de bois énergie selon les milieux	9
Tableau III : Avantages et inconvénients de l'utilisation des énergies renouvelables.....	10
Tableau IV : Energie renouvelable en classe de seconde.....	23
Tableau V : Mémoires de CAPEN inventoriés	25
Tableau VI : Résultats d'analyse de la forme des mémoires de CAPEN	26
Tableau VII : Contenus généraux des livres de mémoire de CAPEN analysés	29
Tableau VIII : Plan général du dispositif.....	31
Tableau IX : Présentation des parties du foyer à flamme inversée	36
Tableau X : Orientation pédagogique du foyer à flamme inversée.....	37
Tableau XI : Dosage des matières premières pour la fabrication du « fatana mitsitsy »	42
Tableau XII : Orientation pédagogique du fatana mitsitsy.....	44
Tableau XIII : Orientation pédagogique de la fabrication du biogaz	48
Tableau XIV : Présentation des matériels de l'installation de panneau solaire	51
Tableau XV : Orientation pédagogique des énergies électriques.....	54
Tableau XVI : Matériels pour la conception du cuiseur en boite	56
Tableau XVII : Présentation des lycées privés	59
Tableau XVIII : Présentation des lycées publics.....	59

LISTE DES ANNEXES

Annexe I : Dix thèmes de l'Eco-Ecole

Annexe II : Moyenne annuelle de l'irradiation solaire globale en kWh/m²/Jour

Annexe III : Vitesses annuelles moyennes du vent en m/s

Annexe IV : Possibilités d'aménagements hydrauliques à Madagascar

Annexe V : Liste des livres de mémoire de CAPEN analysés

Annexe VI : Grilles d'évaluation du dispositif

Annexe VII : Questionnaires adressés aux vendeurs, aux techniciens et aux enseignants

LISTE DES ABREVIATIONS

ADER : Agence de Développement de l'Electrification Rurale

CAPEN : Certificat d'Aptitude Pédagogique de l'Ecole Normale

CARAMCODEC : CARbonisation AMéliorée et Contrôle forestier DECentralisé

CCNCC : Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique en décembre

CISCO : Circonscription Scolaire

CNRIT : Centre National de Recherche Industrielle et Technologique

CO₂ : Dioxyde de carbone

COI : Commission de l'Océan Indien

DD : Développement Durable

DRELM : Direction Régionale des Ecoles Libres de Madagascar

DREN : Direction Régional de l'Education Nationale

EDD : Education au Développement Durable

ENS : Ecole Normale Supérieure

ENSOMD : Enquête Nationale sur le Suivi des indicateurs des Millénaire pour le Développement

FEE : Fondation pour l'Education Environnementale

GELOSE : Gestion Locale Sécurisée

GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

INSA : Institut National des Sciences Appliquées

INSTAT : Institut National de la Statistique

JIRAMA: Jiro sy Rano Malagasy

KVP: Knowledge Values Practice

MEEF : Ministère de l'Environnement de l'Eau et Foret

MEH : Ministère de l'Energie et d'Hydrocarbure

MEN : Ministère de l'Education Nationale

MESupRES : Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

MW : Mégawatt

OMH : Office des Hydrocarbures

ONG : Organisation Non Gouvernementale

ORE : Office de Régulation de l'Energie

PC : Physique Chimie

PDG : Président Directeur Général

SVT : Sciences de la Vie et de la Terre

UNFCCC: Nations Frame Work Convention on Climate Change

USAID: United States Agency International Development

WWF: World Wide Fund for Nature

GLOSSAIRE

Biocombustible : combustibles provenant de la biomasse. Il peut se présenter sous plusieurs formes : liquide (éthanol), gaz (biogaz), solide (bois, charbons).

Bio-digesteur : construction en maçonnerie de moellons, de brique ou en béton. Il permet de produire du biogaz (un mélange de gaz constitué principalement de méthane) en anaérobie pour favoriser la décomposition des matières organiques par les bactéries.

Biogaz : gaz obtenu lors de la fermentation de matière organique en absence d'oxygène.

Carbonisation : transformation des substances organiques en charbon, gaz et goudron sous l'effet de la chaleur en présence de l'Oxygène.

Dispositif : Ensemble de moyens disposés, permettant de répondre à une demande tout en suivant un plan déterminé.

Ecologie : étude de la relation et interaction des êtres vivants avec leurs milieux. Autrement dit, c'est l'étude de la relation êtres vivant - être vivant, et être vivant – milieu.

Ecosystème : ensemble formé par une association d'être vivant, ainsi qu'un milieu de vie défini par ses caractéristiques (température, précipitation, etc.)

Fermentation : processus métabolique convertissant généralement des glucides en acides, en gaz ou en alcools, en milieu anaérobie et en présences des microorganismes comme les champignons ou bactéries.

Friable : quelque chose qui peut être réduit facilement en petits fragments, en poudre ou en poussière.

Hygroscopique : caractère qui a tendance à absorber l'humidité de l'air.

Méthanisation : procédé naturel de dégradation de la matière organique par les bactéries, en absence d'oxygène, produisant le méthane accompagné du dioxyde de carbone.

Panneau photovoltaïque : dispositif technologique énergétique solaire à base de capteurs solaires thermiques destiné à convertir le rayonnement solaire en énergie thermique ou électrique.

Pollution : dégradation d'un écosystème par l'introduction, généralement humaine, de substance ou de radiation altérant de manière plus ou moins importante le fonctionnement de cet écosystème.

Pyrolyse : décomposition thermique de matière organique en absence d'oxygène ou en atmosphère pauvre en oxygène.

Volatil : substance qui a tendance à s'évaporer facilement.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : CADRE CONTEXTUEL	3
Chapitre 1. Education au Développement Durable et Eco-Ecole	3
1.1. Concept Eco-Ecole :	3
1.2. Fonctionnement de l'Eco-Ecole	3
1.3. Avantages de l'Eco-Ecole	5
1.4. Eco-Ecole à Madagascar	5
Chapitre 2. Contexte de l'énergie à Madagascar.....	6
2.1. Généralités sur l'énergie à Madagascar	6
2.2. Problèmes sur l'énergie renouvelable à Madagascar	7
2.3. Potentiel en énergies renouvelables utilisées à Madagascar	8
2.3.1. Energie solaire	8
2.3.2. Energie éolienne	8
2.3.3. Energie hydraulique	9
2.3.4. Energie de biomasse	9
2.4. Avantages et inconvénients de l'utilisation des énergies renouvelables.....	10
DEUXIEME PARTIE : METHODOLOGIE	13
Chapitre 1 : Délimitation de l'objet de recherche	13
1.1. Problématique.....	13
1.2. Hypothèse.....	13
Chapitre 2 : Méthodologie	14
2.1. Recherches bibliographiques.....	14
2.1.1. Analyse du curriculum en SVT au lycée sur le thème « énergie ».....	14
2.1.2. Capitalisation des mémoires de CAPEN	15
2.1.2.1. Inventaire des livres de mémoires de CAPEN.....	15

2.1.2.2.	Analyse des mémoires de CAPEN inventoriés.....	15
2.1.3.	Considération d'autres sources de données	16
2.1.3.1.	Documentation.....	16
2.1.3.2.	Collecte des données sur l'énergie renouvelable.....	16
2.2.	Consolidation des données de recherche.....	17
2.2.1.	Elaboration et évaluation du dispositif	17
2.2.1.1.	Synthèse bibliographique et rédaction du contenu	17
2.2.1.2.	Evaluation du dispositif au niveau des lycées	18
2.2.2.	Rédaction du mémoire	19

TROISIEME PARTIE : RESULTATS, DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS **21**

Chapitre 1. Résultats bibliographiques **21**

1.1.	Résultat d'analyse du curriculum.....	21
1.1.1.	Classe de Seconde.....	21
1.1.1.1.	Premier sous chapitre : les causes et les conséquences des problèmes liés à l'environnement	22
1.1.1.2.	Deuxième sous chapitre : les mœurs, les stratégies et les luttes contre ces phénomènes	22
1.1.2.	Classe de Premières C et D.....	24
1.1.3.	Classe de Terminale C	24
1.1.3.1.	Première sous-titre : poterie.....	24
1.1.3.2.	Deuxième sous chapitre : pétrole et houille.....	24
1.2.	Résultats sur la capitalisation des mémoires de CAPEN	24
1.2.1.	Résultats d'inventaire des mémoires de CAPEN sur l'énergie renouvelable 24	
1.2.2.	Résultats de l'analyse des mémoires.....	26
1.2.2.1.	Résultats de l'analyse de la forme	26

1.2.2.2. Résultats de l'analyse du fond des mémoires de CAPEN	27
Pour le GROUPE II : Energie électrique.....	29
Chapitre 2. Corps du dispositif	31
2.1. Présentation du dispositif	31
2.2. Corps du dispositif	32
2.2.1. Introduction du dispositif.....	32
2.2.2. Généralités	32
2.2.2.1. Définition de l'énergie	32
2.2.2.2. Types d'énergie.....	32
Chapitre 3. Résultats du feed-back au niveau lycée.....	59
3.1. Présentation des Lycées	59
3.1.1. Lycées privé.....	59
3.1.2. Lycées publics.....	59
3.2. Pratique du dispositif au niveau des lycées.....	60
3.2.1. Forme générale du dispositif.....	60
3.2.1.1. Présentation du plan du dispositif.....	60
3.2.1.2. Format du texte et qualité des couleurs.....	61
3.2.2. Contenu du dispositif.....	61
3.2.2.1. Analyse du fond du dispositif	61
3.2.2.2. Analyse des illustrations	62
3.2.2.3. Questionnaire à la fin de l'évaluation du dispositif.....	63
3.2.3. Intérêt pédagogique.....	63
Chapitre 4. Discussion et recommandations	64
4.1. Discussion	64
4.1.1. Sur l'analyse du curriculum.....	64
4.1.2. Sur la valorisation mémoire de CAPEN	64

4.1.2.1. Inventaire des livres de mémoires.....	64
4.1.2.2. Analyse des mémoires	65
4.1.3. Sur l'élaboration du dispositif.....	65
4.1.4. Sur la pratique du dispositif au lycée.....	66
4.1.5. Sur la méthodologie	66
4.2. Recommandations	66
4.2.1. Sur l'analyse du curriculum.....	66
4.2.2. Sur la valorisation des mémoires de CAPEN	67
4.2.3. Sur l'élaboration du dispositif.....	67
4.2.4. Sur la pratique du dispositif au Lycée	67
CONCLUSION	68
BIBLIOGRAPHIE	69
Webographie	71

INTRODUCTION

Afin d'atteindre les Objectifs du Développement Durable (ODD), le Ministère de l'Education Nationale (MEN) et le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (MESupRES) préconisent la mise en place de l'Education au Développement Durable (EDD) à Madagascar (MNP, 2017).

L'environnement constitue un des trois piliers du Développement durable (DD). Mis en place depuis 2014 pour renforcer la protection de l'environnement, le programme « Eco-Ecole » est piloté par COI/ISLANDS avec la coordination de WWF en étroite collaboration avec le comité national composé de différents acteurs en Education relative à l'Environnement et sous la responsabilité du Madagascar National Parc (MNP) (MNP, 2017).

L'Eco-Ecole a été expérimenté dans quatre (04) écoles pilotes en 2014, à savoir : EPP Tsilazaina Alasora, Lycée Andrianampoinimerina Sabotsy Namehana, Ecole Notre Dame de Nazareth Tuléar, et CEG Andapa. Le programme « Eco-Ecole » a ensuite été diffusé à partir de 2017 dans tous les lycées de Madagascar (MNP, 2017). D'ailleurs, un manuel portant sur l'introduction de l'Eco-Ecole est déjà disponible dans l'enseignement.

L'Eco-Ecole est un programme interdisciplinaire qui comporte dix thèmes : Energie, Eau, Déchets, Santé, Biodiversité, Changement climatique, Sol et Air, Culture, Moyen de subsistance, Océan et zone côtière. Le thème de l'Energie a été choisi parce que l'énergie constitue le principal moteur du développement. En effet, « *il n'y a pas de développement durable sans énergie durable* » (INSA, 2014, p. 5). De surcroît, l'énergie pour l'électrification, la cuisson des aliments, l'alimentation des moteurs pour le transport et le fonctionnement des usines est utilisée fréquemment à Madagascar (MEH, 2015).

Comme l'énergie est issue de ressources naturelles non renouvelables, elle figure parmi les principaux thèmes préoccupant de l'Eco-Ecole (Shane, 2011). De plus, le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat(GIEC) a affirmé dans son rapport de 2014 qu'une part importante des émissions de gaz à effet de serre est subconséquence à la consommation d'énergie (GIEC, 2015). Indubitablement, il a été démontré que la combustion des énergies fossiles, c'est-à-dire celles du charbon, lignite, pétrole et ses dérivés (carburant diesel ou kérosène) ou gaz naturel sont émettrices d'énergie, de CO₂ et d'autres sous-produits (GIEC, 2015).

Après une analyse approfondie de l'application de l'Eco-Ecole à Madagascar, les intervenants et les acteurs ont constaté des lacunes sur les connaissances relatives aux thèmes de l'Eco-Ecole. Connaissances qui ne sont pas adaptées aux situations écologiques et environnementales de Madagascar.

D'ailleurs, pour Madagascar en particulier, le plan directeur sur l'énergie renouvelable de 2014-2018 du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique en collaboration avec le ministère chargé de l'énergie stipule que ce sont les ménages qui consomment le plus grand pourcentage d'énergie pour la cuisson qui est de 62 %. Ce taux élevé est attribué à l'utilisation domestique de bois et de charbon. Or, c'est cette dernière qui est la principale cause de la déforestation à Madagascar (MESUPRES,MEH, 2015). La question se pose alors : quel dispositif permet d'enseigner efficacement l'énergie renouvelable pour la cuisson à Madagascar ?

Afin de répondre à cette problématique, l'hypothèse de recherche suivante est posée : la capitalisation des résultats de recherche sur l'énergie renouvelable permet de rassembler des informations relatives au contexte actuel à Madagascar et de concevoir un document qui permettrait de combler les lacunes rencontrées dans l'enseignement-apprentissage de l'énergie, notamment l'énergie renouvelable utilisée pour la cuisson. D'où le titre du présent mémoire : « Mise en œuvre de l'Eco-Ecole : cas de la conception d'un dispositif d'enseignement de l'énergie renouvelable pour la cuisson au lycée ».

L'objectif général de ce travail consiste à réduire au maximum voire éviter l'utilisation de ressources forestières comme source d'énergie par la recherche d'autres énergies alternatives utilisables. Pour ce faire, le cadre contextuel de l'énergie à Madagascar sera abordé en premier lieu. L'objet de recherche ainsi que la méthodologie appliquée seront abordés en second lieu. Les résultats obtenus suivis de la discussion et des recommandations seront exposés en dernier lieu.

PREMIERE PARTIE :
CADRE CONTEXTUEL

PREMIERE PARTIE : CADRE CONTEXTUEL

Dans le cadre de la mise en œuvre de l'EDD, l'approche Eco-Ecole proposée par le MEN et les partenaires du secteur de l'éducation formelle souligne l'importance de l'énergie qui figure parmi les dix thèmes de l'Eco-Ecole.

Chapitre 1. Education au Développement Durable et Eco-Ecole

1.1. Concept Eco-Ecole :

Dans l'Océan Indien, le programme Eco-Ecole a été introduit par la Commission de l'Océan Indien (COI) à travers le projet ISLAND. Géré par la Fondation pour l'Education Environnementale (FEE), le programme Eco-Ecole répond à l'objectif de la conférence de Rio en 1992 qui porte sur l'amélioration de l'éducation pour promouvoir le Développement Durable (Shane, 2011).

L'EDD a pour objectif de former des citoyens acteurs de changement de comportement approprié pour un développement durable (Shane, 2011). Ceci nécessite une adoption de démarches rigoureuses. C'est dans ce sens que l'Eco-Ecole fournit un cadre et des normes pour aider les éducateurs à intégrer les principes du développement durable au sein du système éducatif.

Les établissements scolaires sont ainsi appelés à s'engager vers un mouvement écoresponsable par l'intégration de l'Education au Développement Durable dans leur curriculum.

Actuellement, six (06) nations insulaires de l'Océan Indien, cinquante-huit (58) autres pays et 18 millions d'élèves mettent déjà en œuvre le programme Eco-Ecole (Shane, 2011).

1.2. Fonctionnement de l'Eco-Ecole

L'Eco-Ecole assure principalement l'Education relative à l'Environnement et sa gestion.

L'objectif de l'Eco-Ecole consiste à former des élèves capables d'utiliser leurs connaissances et compétences acquises pour devenir un acteur de changement dans l'optique d'un meilleur environnement. Pour atteindre cet objectif, le programme Eco-Ecole s'articule autour de trois (3) cadres appelés « C's » : Curriculum (programme scolaire), Campus, et Communautaire (Shane, 2011).



Figure 1 : Cadres de l'Eco-Ecole

Source : Shane, 2011

Le cadre curriculum renferme le contenu des connaissances donné aux élèves dans le cadre de leur scolarité. Puisqu'il n'y a pas de programme scolaire propre à la mise en œuvre de l'Eco-Ecole, son introduction devrait se faire à travers les disciplines existantes au niveau national. L'analyse du curriculum permettrait alors de déterminer les mesures possibles pour améliorer l'Education relative à l'Environnement. En tenant compte des dix (10) thèmes de l'Eco-Ecole pour introduire l'éducation environnementale à l'école (annexe I), l'objectif consiste à trouver les moyens d'introduire ces dix thèmes dans le curriculum scolaire national.

La pratique des connaissances s'effectue au Campus Scolaire. Le milieu scolaire est le premier champ d'application pour les élèves et est utilisé comme site de démonstration des changements. D'ailleurs, Shane Emilie affirme que la familiarisation des élèves aux changements à l'école constitue une méthode efficace à leur éducation (Shane, 2011).

La communauté scolaire constituée par les élèves et le personnel éducatif joue un rôle non négligeable dans la diffusion des connaissances et de leurs pratiques dans l'environnement social. Il est alors nécessaire de sensibiliser la communauté quant à sa responsabilité dans l'assainissement de l'environnement commun.

Les trois cadres sont interdépendants étant donné que les connaissances pratiquées à l'école sont diffusées et appliquées au niveau de la communauté.

De ce fait, il importe de doter le campus des connaissances et des pratiques de la communauté. Pour avoir des résultats concrets et bénéfiques, il faut bien développer d'une manière équilibrée ces trois cadres.

1.3. Avantages de l'Eco-Ecole

L'Eco-Ecole apporte un grand nombre d'avantages qui sont représentés dans la figure suivante, pour les principaux acteurs (élèves, école, communauté locale) :

Pour les élèves	<ul style="list-style-type: none">• Acquérir des éducations environnementales• Devenir des agents responsables pour le DD• Etablir des relations avec les autres (école, ONG, entreprise, communauté...)• Vivre dans un environnement scolaire agréable
Pour l'école	<ul style="list-style-type: none">• Construire un environnement scolaire confortable• Perfectionner la qualité de l'enseignement (élèves impliqués dans leur apprentissage)• Obtenir des appuis techniques et financiers
Pour la communauté	<ul style="list-style-type: none">• Vivre dans un environnement amélioré• Développer leur niveau de vie

Figure 2 : Avantages de l'Eco-Ecole

Source : Shane, 2011

1.4. Eco-Ecole à Madagascar

Implanté à Madagascar en 2014 sous la coordination de WWF et en collaboration avec le comité national qui se compose des différents acteurs en Education relative à l'Environnement, le programme Eco-Ecole est piloté par COI/ISLAND au nom de Monsieur Fenohery RANDRIANANTENAINA, Directeur de la Planification du programme et de suivi évaluation (DPPSE) au sein du Ministère de l'écologie, de l'Environnement et des Forêts (MEEF) (MNP, 2017).

En Décembre 2016, MNP devient le nouveau coordinateur du programme en continuant son extension. Du 19 au 22 février 2017, le fondateur et Président-Directeur Général (PDG) du programme Eco-Ecole, Monsieur Daniel Shaffer, est venu à Madagascar pour apporter un soutien stratégique afin d'assurer la viabilité à long terme de l'Eco-Ecole. Quatre Eco-Ecoles pilotes sont installées à Madagascar, à savoir : l'EPP Tsilazaina Alasora, le lycée Andrianampoinimerina Sabotsy Namehana, l'Ecole Notre Dame de Nazareth Tuléar et le CEG Andapa (MNP, 2017) .

Chapitre 2. Contexte de l'énergie à Madagascar

2.1. Généralités sur l'énergie à Madagascar

Comme tous les pays du monde, Madagascar a besoin d'énergie dans la vie quotidienne (transport, cuisson, éclairage, usines). Malgré l'abondance des ressources énergétiques en nature et en quantité dans le pays, la consommation énergétique globale demeure très faible (MEH & WWF, 2012).

La population malagasy utilise généralement deux principaux types d'énergie : le dérivé du pétrole (gasoil, essence...) et le combustible venant du bois (charbon de bois et bois de chauffage). En général, l'énergie du bois est destinée à la cuisson dans les ménages tandis que l'énergie provenant du pétrole est utilisée dans le domaine de l'industrie et du transport. Les autres énergies renouvelables (solaire, éolienne, hydraulique) sont encore sous exploitées à Madagascar, elles ne représentent que 1 % de l'énergie disponible (MEH, 2018).

Madagascar ne peut satisfaire à elle seule aux besoins en pétrole, elle doit en importer pour combler les manques. Le développement économique du pays devient alors dépendant des fluctuations du prix du pétrole.

La figure 3 représente les différentes sources énergétiques à Madagascar.

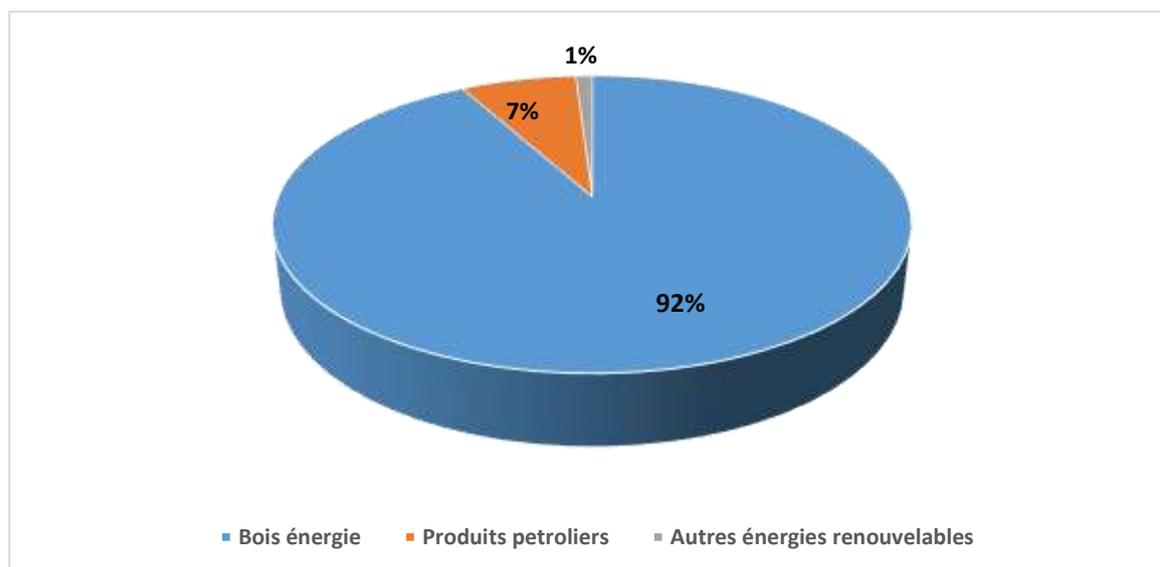


Figure 3 : Contribution des différentes sources dans la fourniture d'énergie

Source : Diagnostic du secteur énergie à Madagascar 2011

D'après cette figure, l'énergie du bois fournit 92 % de l'énergie disponible à Madagascar alors que le pétrole n'en produit que 7 % et les autres sources d'énergie renouvelable n'en fournissent que 1 %.

Le développement de l'utilisation de l'énergie renouvelable constitue un réel défi pour surmonter les problèmes énergétiques et assurer le développement durable à Madagascar.

Madagascar a ratifié la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNCC) en décembre 1998. Ce qui implique le respect des engagements qui y sont pris. Ces engagements ont été traduits en termes de politique nationale élaborée en 2010 (MEH, 2015). Le développement des énergies renouvelables se présente comme étant une des orientations majeures, priorisée par la stratégie nationale du développement.

2.2. Problèmes sur l'énergie renouvelable à Madagascar

L'énergie provenant du bois est la plus utilisée à Madagascar (MEH, 2018). Cette pratique présente de nombreux impacts nocifs sur l'environnement comme la pollution de l'air, l'augmentation de la température, le changement climatique...

Les ressources forestières assurent l'approvisionnement en bois. En 2005, 9,026 millions de m³ de bois ont été utilisés comme bois de chauffe et 8,58 millions de m³ de bois ont été abattu pour fabriquer du charbon (MEH, 2015).

L'exploitation des ressources forestières augmente en fonction de la croissance démographique. Par conséquent, d'ici à 2030, si aucune mesure n'était prise, l'offre en bois ne suffirait plus à satisfaire la demande dans plusieurs régions de l'Ile (MESUPRES, MEH, 2015).

Madagascar dispose d'autres sources d'énergies renouvelables importantes non encore exploitées à cause du coût (initial) élevé des installations et l'insuffisance de sensibilisation. Par exemple, les matériels d'installation des panneaux solaires destinés à satisfaire les besoins énergétiques journaliers d'un ménage coûtent plus de 2 000 000 Ariary (enquête auprès des vendeurs).

Après le bois énergie, l'énergie hydraulique figure parmi les autres énergies renouvelables les plus exploitées à Madagascar. La transformation de ce type d'énergie en électricité est assurée par la société JIRAMA mais les installations sont insuffisantes et vieillissantes et ne permettent pas de couvrir les besoins énergétiques de l'ensemble de la population (JIRAMA,

2016). Cette situation entrave le bon déroulement de la vie quotidienne des ménages malagasy et risque de ralentir le développement du pays. La gestion durable et efficace des ressources énergétiques de Madagascar constitue alors une des préoccupations du gouvernement.

2.3. Potentiel en énergies renouvelables utilisées à Madagascar

Madagascar dispose de nombreuses ressources en énergies renouvelables : éolienne, solaire, hydraulique, biomasse. Seul 1 % des énergies disponibles à Madagascar provient de l'exploitation des énergies renouvelables (MEH & WWF, 2012).

2.3.1. Energie solaire

Madagascar figure parmi les pays qui présentent un fort potentiel en énergie solaire dans le monde avec environ 2000 kWh/m²/an et un temps d'ensoleillement de 2 800 h/an. Seuls, environ 105.9 kWh sont exploités (Direction de l'Energie Renouvelable à Madagascar, 2017). La variation de l'irradiation solaire globale à Madagascar est présentée dans l'Annexe II. Actuellement, l'énergie solaire est utilisée dans différents domaines : la cuisson, le chauffage, le séchage, l'électrification des habitats ou les équipements sociaux, centrales, systèmes de pompage, télécommunications, infrastructures hôtelières (MEH, 2018). Le plus courant est l'utilisation des panneaux photovoltaïque. Plus de milliers de systèmes photovoltaïques ont été installés depuis les années 90 pour l'électrification des milieux ruraux, des lieux publics (MEH, 2015). L'emploi des cuissons solaires commence à se développer à Madagascar avec la société Agence de Développement de l'Electrification Rurale (ADER) (MEH, Fondation Energie pour le Monde, 2016).

2.3.2. Energie éolienne

Selon le rapport diagnostic de l'énergie en 2012, Madagascar dispose un potentiel de 2000 MW d'énergie éolienne (MEH, 2018). L'exploitation de l'énergie éolienne reste encore très faible (172 kWh) (Rafamatanantsoa, 2017). La plupart des usagers de l'énergie éolienne l'utilise encore d'une manière individuelle. Pour produire de l'électricité, les éoliennes doivent être installées dans les régions où la vitesse du vent est modérée (6m/s) (MEH, 2018). L'extrême Sud et Nord de Madagascar ont la vitesse du vent plus élevée (tableau I). Ces données sont confirmées par une carte (annexe III). Elles sont généralement destinées à l'électrification des milieux ruraux et des régions isolées. L'exploitation et la distribution de ce type d'énergie restent un grand travail pour l'Etat.

Tableau I : Changement de la vitesse du vent selon la zone

Zone	Vitesse du vent (m/s)	Hauteur du vent (m)
Nord	6 à 8	50
Centre	6 à 6,5	50
Sud	Supérieur à 6 et 6,5	50
Extrême Sud	Supérieur à 8 à 9	50

Source : Ministère de l'énergie et de l'hydrocarbure, 2018

2.3.3. Energie hydraulique

Madagascar a un potentiel en énergie hydraulique de l'ordre de 7800 MW, mais seulement 240,305 MW sont exploités (MEH, 2018). Quarante et un (41) sites possibles pour l'aménagement hydraulique sont identifiés d'après l'étude des techniciens et ingénieurs. Ils se localisent au Centre, au Nord-Ouest, au Nord et à l'Est du pays. Au Sud, les sites potentiels sont rares car le débit des rivières est faible et instable (JIRAMA, 2016) (annexe IV).

2.3.4. Energie de biomasse

Différents types d'énergies existent selon le type de biomasse utilisé et les traitements effectués. Ce sont les énergies de bois (charbon de bois et bois de chauffage), les biocombustibles, les biocarburants, et le biogaz. 99,2 % de la population se servent de l'énergie de bois pour la cuisson (MEH & WWF, 2012).

En 2015, 96,6 % des ménages urbains et 99,6 % des ménages ruraux utilisent respectivement le bois de chauffage et le charbon. En milieu urbain, environ 61,8 % des ménages utilisent comme première source d'énergie le charbon de bois et 34,8 % le bois de feu. En milieu rural, ces taux sont inversés. Seulement 4,5 % des ménages achètent le charbon et 94,6 % utilisent des bois ramassés (MESUPRES, MEH, 2015). Le tableau II présente l'utilisation de bois énergie dans le milieu urbain et rural.

Tableau II : Utilisation de bois énergie selon les milieux

Combustible	Milieu urbain (%)	Milieu rural (%)
Charbon de bois	61,8	4,5
Bois de feu	34,8	94,6
Autre	3,4	0,4

Source : INSTAT/ENSOMD 2012-2013

Des études récentes en collaboration avec le MEH et MEEF, montrent clairement qu'au niveau national, la demande en bois énergie (18,3 millions m³ par an) dépasse largement la potentialité en production durable (9,169 millions de m³ par an) (MESUPRES,MEH, 2015). Ainsi, plus de 60 % de la consommation sont couverts par une surexploitation des ressources forestières.

L'utilisation des techniques modernes comme la combustion de biogaz est encore moins connue à Madagascar. Le gouvernement malagasy est en train de chercher des moyens pour développer ces types d'énergies. Par exemple, la société privée malagasy Ethanol and Stove Industrial Company ou FP MESIC envisage de planter 50 000 ha de canne à sucre dans la côte Est de Madagascar. Cela permet d'approvisionner 300000 foyers en éthanol (MEH, 2015).

2.4. Avantages et inconvénients de l'utilisation des énergies renouvelables.

Les énergies renouvelables émettent moins de gaz à effet de serre que les énergies fossiles (Randrianarisoa, 2013). Elles ont des impacts peu importants sur l'environnement. En utilisant des énergies renouvelables, des systèmes énergétiques décentralisés sont obtenus. Les différentes régions du pays peuvent utiliser les types d'énergie qui leur conviennent selon leur potentiel disponible.

Mais il y a aussi des obstacles et des inconvénients de l'utilisation des énergies renouvelables. Les avantages et inconvénients sur l'utilisation de ce type d'énergie sont présentés dans le tableau III :

Tableau III : Avantages et inconvénients de l'utilisation des énergies renouvelables

Types d'énergie renouvelable	Avantages	Inconvénients
<i>Biomasse</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Disponible pour tous, surtout dans les milieux ruraux. - Gratuit si on ne prend pas en compte le temps et l'énergie dépensée. - Présente d'autres intérêts comme l'éclairage, le chauffage. 	<ul style="list-style-type: none"> - Favorise la déforestation. - Pollution de l'air par émission de fumée. - Pouvoir calorifique très bas. - Salissante.

Type d'énergie renouvelable	Avantages	Inconvénients
<i>Biogaz</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pouvoir calorifique très élevé - Assainissement de l'environnement : <ul style="list-style-type: none"> ✚ Réduction de la pollution ✚ Minimise l'émission de gaz à effet de serre dans l'atmosphère - Possibilité d'utiliser un très grand nombre de déchets - Rendement énergétique très élevé. - Facile à utiliser une fois le gaz est disponible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Risque d'explosion. - Coût d'installation élevé. - Nécessite des assainissements réguliers. - Nécessité d'une surveillance permanente lors du fonctionnement. - Nécessité d'une bonne organisation pour la collecte des matières premières.
<i>Energie solaire</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Source d'énergie renouvelable bonne et efficace pour la grande île qui présente des surfaces bien ensoleillées pendant l'année. - Peu d'entretien et insonore. - Illimité 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût élevé des panneaux. - Rendement très dépendant aux aléas climatiques.
<i>Energie éolienne</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Présence de vent pendant le jour et la nuit. - Rendement assez élevé par rapport aux panneaux solaires. - Modulable suivant les besoins et le capital disponible. - Pas d'investissements superflus - Energie propre, sans émission de GES ni de particules. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût élevé des éoliennes - Impact sur le paysage : effets sonores et migration des oiseaux. - Besoin d'espace pour la construction à cause du grand trou nécessaire pour les fondations de l'éolienne. - Perturbation sonore et visuelle.

Type d'énergie renouvelable	Avantages	Inconvénients
<i>Energie hydraulique</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Excellent rendement. - Possibilité de stockage d'énergie dans le cas des barrages pouvant retenir de l'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût important des grands barrages. - Perturbation de l'équilibre écologique : espèces aquatiques menacées à cause de la présence du barrage. - Risque de rupture des barrages

Source : Auteur, 2018

DEUXIEME PARTIE

METHODOLOGIE

DEUXIEME PARTIE : METHODOLOGIE

Afin de mener ce travail de recherche, il convient de cerner l'objet d'étude avant de développer la méthodologie. Ainsi, cette partie englobe deux chapitres la délimitation de l'objet de recherche et la méthodologie.

Chapitre 1 : Délimitation de l'objet de recherche

1.1. Problématique

Madagascar représente un important potentiel en énergies renouvelables comme l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie hydraulique ou encore l'énergie de biomasse. Dans ce cadre, de nombreux travaux de recherche ont été effectués tant sur les modes d'exploitation que sur l'utilisation de ces énergies. Or les connaissances issues de ces travaux ne sont guère valorisées.

Le programme Eco-Ecole développe dix thèmes prioritaires y compris l'énergie. Sa mise en œuvre constitue une opportunité pour renforcer l'enseignement de l'énergie renouvelable à Madagascar. D'ailleurs, un manuel est déjà disponible pour la mise en œuvre de l'Eco-Ecole. Toutefois, le contenu de ce manuel n'est pas adapté aux contextes de Madagascar. La question se pose alors : quel dispositif permet d'enseigner de manière efficace l'énergie renouvelable à Madagascar ? Le terme énergie renouvelable étant très vaste, l'énergie renouvelable pour la cuisson a été choisie étant donné qu'elle fait partie intégrante de la vie quotidienne des ménages malgaches.

1.2. Hypothèse

Pour pouvoir répondre à la question précédente, l'hypothèse suivante est proposée : complémentairement avec le curriculum de Sciences de la Vie et de la Terre (SVT), la capitalisation des résultats de recherche sur l'énergie renouvelable permet d'élaborer un dispositif d'enseignement de l'énergie renouvelable au lycée.

Les connaissances contenues dans les mémoires de CAPEN sont priorisées dans la conception du dispositif. En plus, les autres résultats de recherche et la collecte d'autres données au moyen d'enquêtes, d'entretiens, d'observation directe ont contribué à compléter ces connaissances. Le développement de ces techniques constitue l'objet du chapitre 2.

Chapitre 2 : Méthodologie

La réalisation d'un mémoire nécessite une démarche méthodologique bien déterminée. Avant tout, il convient de suivre les directives et conseils de l'encadreur relatifs à la réalisation du mémoire. Un travail préliminaire consiste à délimiter le sujet de recherche et à recenser des données se rapportant au thème.

Pour notre cas, elle se déroule en quatre étapes, à savoir : les recherches bibliographiques, la conception du dispositif d'enseignement suivi de sa pratique au lycée et de son évaluation. Aussi, des matériels comme le bloc-notes, stylo, fiches d'enquête, dictaphone, appareil photo, ordinateur, ... ont été utilisés pour la réalisation de cet ouvrage.

2.1. Recherches bibliographiques

La documentation permet de maîtriser les connaissances sur le thème. Cette section comprend l'analyse du curriculum, la valorisation des mémoires de CAPEN et la recherche d'autres données.

2.1.1. Analyse du curriculum en SVT au lycée sur le thème « énergie »

Le curriculum scolaire contient les finalités de l'éducation, les objectifs généraux et spécifiques ainsi que les titres des leçons et les durées d'enseignements. Pour pouvoir intégrer un concept dans l'enseignement, il est nécessaire de faire l'analyse du curriculum correspondant au niveau concerné.

L'analyse des objectifs et l'observation du contenu du curriculum permettent d'identifier les chapitres, les sous-chapitres et même les parties du chapitre à l'intérieur desquelles peut s'introduire l'énergie renouvelable pour la cuisson. Lors de l'analyse, des changements peuvent être apportés au contenu du programme mais le fond doit être gardé.

D'abord, il est important d'évaluer les pré-acquis des élèves s'ils sont en mesure de comprendre ou non les connaissances que l'on veut transmettre. Puis, procéder à la modification de quelques contenus tout en respectant les objectifs généraux et les contenus des chapitres. Par exemple, l'utilisation du biogaz peut être utilisée pour illustrer la leçon concernant les solutions pour éviter la déforestation. Mais, il faut aussi prendre en compte du volume horaire disponible pour l'enseignement.

2.1.2. Capitalisation des mémoires de CAPEN

2.1.2.1. Inventaire des livres de mémoires de CAPEN

L'objectif de ce mémoire est de valoriser les résultats des recherches effectuées par les étudiants de l'ENS en vue de leur obtention du diplôme de CAPEN.

L'inventaire des mémoires de CAPEN s'est basé sur deux étapes :

- La recherche par mots clés que sont : « énergie », « type d'énergie renouvelable » et « type d'énergie renouvelable pour la cuisson ».
- Seuls les mémoires dont le sujet correspond aux cas de Madagascar en termes d'énergie renouvelable ont été retenus

Lors de l'inventaire, les mémoires ont été numérotés de 1 jusqu'à 14.

2.1.2.2. Analyse des mémoires de CAPEN inventoriés

L'analyse des mémoires de CAPEN s'est portée à la fois sur la forme et sur le contenu pour assurer la fiabilité du document.

a. Analyse de la forme

L'analyse de la forme s'est concentrée sur l'apparence générale du livre : nombre de pages, plan, nombre d'illustrations et la structure des phrases.

b. Analyse du contenu

Pour l'analyse du fond, le modèle KVP (Clément, 2010) a été pris comme référence.

Ce modèle, représenté sur le triangle de la figure 4, considère chaque conception (C) comme l'interaction entre trois pôles : K (Connaissances scientifiques), V (Valeurs) et P (pratiques sociales).

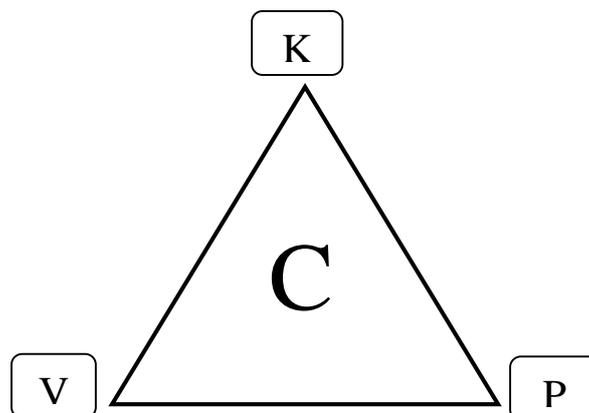


Figure 4: Représentation graphique modèle KVP

Source : Clément, 2010

2.1.3. Considération d'autres sources de données

La recherche d'autres données a permis de compléter et d'actualiser les connaissances obtenues des mémoires de CAPEN sur l'énergie renouvelable pour la cuisson à Madagascar.

2.1.3.1. Documentation

Des mémoires, des ouvrages et des articles scientifiques tournant autour du thème ont été consultés, en plus des mémoires CAPEN.

Dans le but d'enrichir, d'actualiser et de compléter les données du contenu du dispositif d'enseignement, nous ne nous sommes pas arrêtés à la capitalisation des mémoires de CAPEN.

Pendant cette période, nous avons fréquenté quelques bibliothèques comme :

- La bibliothèque de l'Ecole Normale Supérieure
- La bibliothèque du Parc Zoologique et Botanique de Tsimbazaza
- La bibliothèque du Ministère de l'énergie et Mines à Ampandrianomby

D'abord la sélection des livres contenant le terme « énergie » dans leur titre a été réalisée. Ensuite, l'analyse du contenu des livres sélectionnés a été effectuée afin de collecter les informations et données sur l'énergie renouvelable et l'énergie pour la cuisson à Madagascar.

Outre les recherches bibliographiques, des recherches en ligne sur les sites internet comme le site officiel du MEH, thèse malagasy en ligne, celui du WWF ont été réalisées.

2.1.3.2. Collecte des données sur l'énergie renouvelable

Les techniques classiques de collecte de données ont permis de compléter des connaissances issues de la documentation.

a. Entretien

Des entretiens individuels ont été entrepris auprès des charbonniers, et des vendeurs de matériels relatifs aux énergies renouvelables. Les questions posées portaient sur les prix des matériels, leurs modes d'installations, les avantages et les inconvénients de l'utilisation de ces matériels (Annexe VII).

Le questionnaire est formé par des questions ouvertes pour que les enquêtés puissent expliquer librement leur avis sur l'utilisation et/ou la fabrication de tel ou tel type d'énergie renouvelable.

b. Observation

L'observation, par descente sur terrain, donne un aperçu direct des réalités à Madagascar concernant les énergies renouvelables. Cette technique a permis de voir directement le mode de production du biogaz, le mode de fabrication et d'utilisation des briquettes ardentes, l'installation des panneaux solaires et des cuiseurs.

c. Visite d'exposition

Nous avons eu l'occasion de visiter des expositions sur les énergies renouvelables lors de la célébration de l'heure pour la terre ou « Earth Hour » à Mahamasina le 24 mars 2018 sur le thème « Mitsitsy mba haharitra, ndao hampiasa fatana mitsitsy ».

La rencontre et la discussion avec les acteurs et les participants ont permis d'actualiser et d'élargir les connaissances sur l'énergie renouvelable.

Durant cette visite, nous nous sommes intéressés à la méthode de fabrication du biogaz et des briquettes ardentes.

2.2. Consolidation des données de recherche

La consolidation des données de recherche consiste à mettre en relation les informations et les données obtenues. L'objectif principal est de pouvoir construire le contenu du dispositif.

A part la conception du dispositif, ces données ont été utilisées dans la rédaction du présent mémoire.

2.2.1. Elaboration et évaluation du dispositif

2.2.1.1. Synthèse bibliographique et rédaction du contenu

a. Construction du contenu

Afin d'établir le dispositif, les contenus des mémoires ont été rassemblés tout en prenant compte les demandes du curriculum. Pour ce faire, un plan détaillé du dispositif a été préparé à l'avance. D'une manière générale, le dispositif comprend deux parties : une partie sur les connaissances qui parle des types d'énergie renouvelable (généralités, mode de fabrication, économie) et une autre sur l'orientation pédagogique.

Dans chacun des mémoires inventoriés, toutes les connaissances concernant l'énergie renouvelable sont collectées puis groupées selon les méthodes d'économies ou les types d'énergie développée. Les contenus qui peuvent être ajoutés au dispositif ont été ensuite sélectionnés.

La consultation des mémoires autres que les mémoires de CAPEN et/ou les collectes de données (enquête, entretien) ont permis de combler les données manquantes.

b. Intégration dans le programme scolaire

Il faut trouver les moyens d'intégrer tel ou tel type d'énergie renouvelable dans le programme scolaire. La fabrication, l'utilisation ou même l'économie relative à un type d'énergie déterminé peut servir d'exemple, d'illustration, d'explication par rapport à un chapitre.

2.2.1.2. Evaluation du dispositif au niveau des lycées

a. Objectifs

Les principaux objectifs de cette évaluation se focalisent sur le perfectionnement du dispositif à la fois sur le fond et sur la forme.

D'une part, le but est de baliser le contenu par rapport aux problèmes de la mise en place de l'Eco-Ecole précédemment présentés.

D'autre part, avec les jugements et conseils des enseignants au lycée, l'évaluation permet d'estimer la pertinence du document et de détecter les lacunes.

L'insertion de l'énergie renouvelable dans l'enseignement exige quelques changements dans la préparation du contenu des chapitres concernés. Cependant, notre cible a été composée par des enseignants de SVT niveau lycée.

b. Réalisation de l'évaluation

Nous avons choisi des lycées situés dans des endroits différents, correspondant à des circonstances différentes afin de découvrir diverse techniques et choix sur le type d'énergie renouvelable à enseigner.

La mobilisation des ressources locales disponibles facilite la transmission des connaissances et l'investissement des élèves dans leur apprentissage. C'est pour cette raison que chaque enseignant va choisir l'énergie renouvelable qui lui est disponible.

Une fois arrivé dans ces lycées, nous nous sommes d'abord présentés auprès des responsables des établissements. Ensuite, nous avons présenté aux professeurs de SVT les objectifs du dispositif d'enseignement ainsi que leur rôle dans sa mise en œuvre.

Compte tenu de la contrainte sur la disponibilité, nous n'avons pas pu mettre en œuvre le dispositif d'enseignement en classe. De ce fait, le dispositif d'enseignement a été mis à la

possession des enseignants, pour une durée d'une semaine, afin qu'ils évaluent eux-mêmes son contenu et son application.

Chaque dispositif a été accompagné d'une grille (annexe VI) renfermant toutes les questions pour centrer les réponses des enseignants sur le sujet de recherche.

Enfin, après avoir remis les grilles que les enseignants ont remplies, quelques questions ont été posées pour s'assurer de l'implication et de la sincérité des enseignants dans la mise en œuvre du dispositif.

2.2.2. Rédaction du mémoire

Les travaux réalisés ainsi que les résultats relatifs aux recherches bibliographiques, à l'élaboration et à l'évaluation du dispositif ont été transcrits suivant un plan prédéterminé et constituent le fond de ce livre de mémoire. Le logiciel Microsoft Office a été utilisé pour rédiger ce mémoire. L'encadreur assure le suivi du travail au fur et à mesure de l'évolution de la rédaction.

La figure 5 récapitule les différents procédés méthodologiques utilisés dans le cadre de ce mémoire.

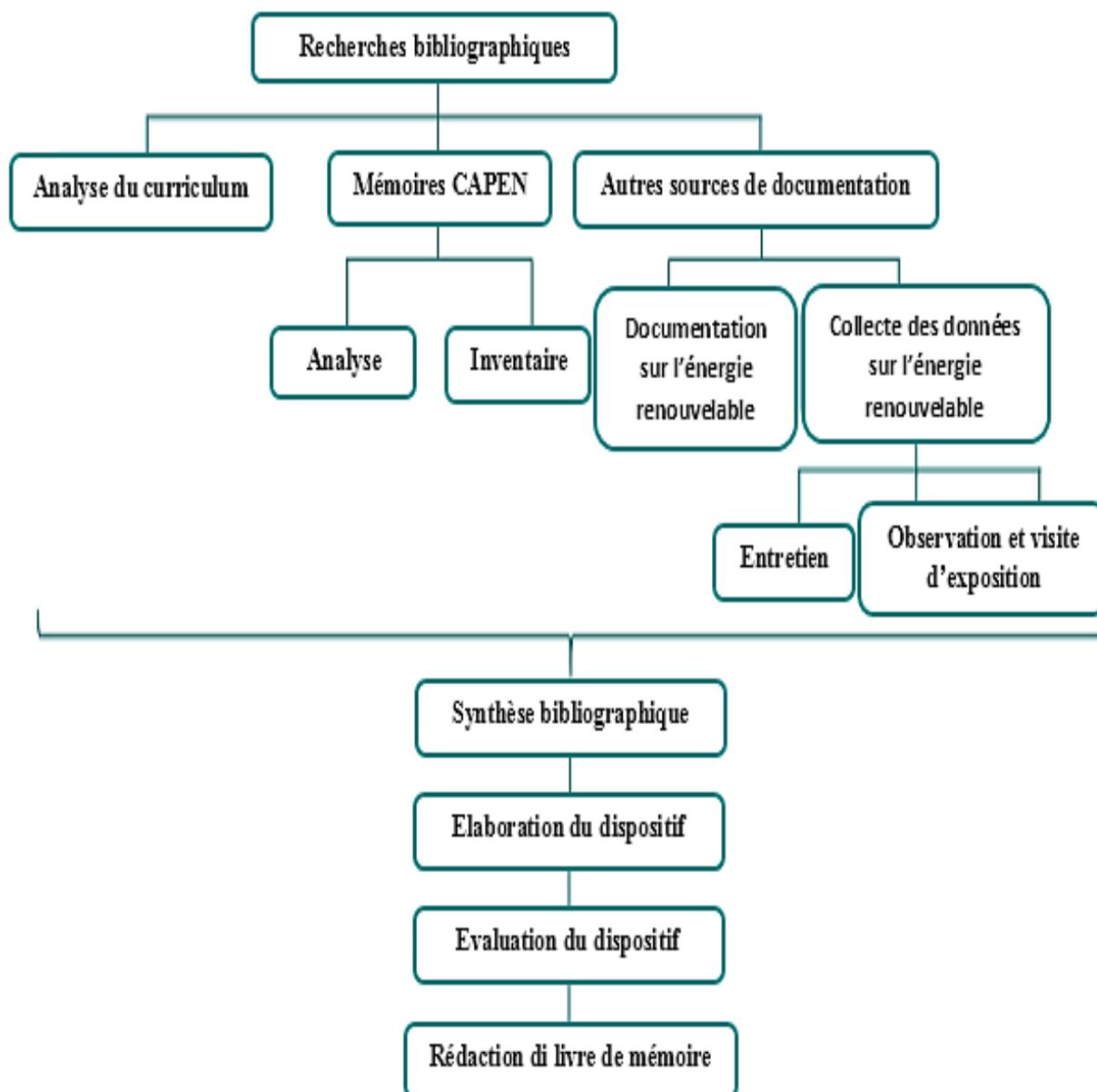


Figure 5 : Résumé sur la méthodologie

Source : Auteur, 2018

TROISIEME PARTIE
RESULTATS, DISCUSSION ET
RECOMMANDATIONS

TROISIEME PARTIE : RESULTATS, DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

Les résultats correspondant à la méthodologie ci-dessus seront exposés dans cette partie. D'un côté, nous allons voir les résultats des recherches bibliographiques y compris les résultats d'analyse du curriculum, des livres de mémoire CAPEN. D'un autre côté, nous exposerons la conception du dispositif d'enseignement des énergies renouvelables pour la cuisson et les résultats des pratiques au niveau des lycées.

Chapitre 1. Résultats bibliographiques

1.1. Résultat d'analyse du curriculum

Le bagage intellectuel ainsi que la maturité psychologique des jeunes c'est-à-dire leurs capacités à convaincre leurs entourages nous ont poussés à choisir d'insérer l'énergie renouvelable dans le curriculum au niveau du lycée.

L'enseignement-apprentissage de l'énergie renouvelable implique les connaissances acquises dans les classes antérieures ou pré requis, à savoir le (l') :

- Electricité (physique), eau (sciences de la vie et de la terre) : en classe de sixième ;
- Transmission de chaleur ; circuit électrique (physique) : en classe de cinquième ;
- Courant continu, courant alternatif (physique) : en classe de quatrième ;
- Puissance et énergie électrique, électricité à la maison : en classe troisième.

Les résultats de l'analyse du programme sont les suivants :

1.1.1. Classe de Seconde

L'énergie renouvelable peut être enseignée dans les classes de seconde, dans le chapitre : « quelques problèmes liés à l'environnement » concept écologie et branche de la Biologie. Précisément au niveau des sous -chapitres :

- Causes et conséquences des problèmes liés à l'environnement
- Mœurs, les stratégies et les luttes contre ces phénomènes

L'objectif est de former l'élève pour qu'il soit capable d'apporter des perspectives de solutions face à ces problèmes, en se référant à l'utilisation des énergies renouvelables.

Nous allons voir ultérieurement les techniques pour intégrer l'énergie renouvelable dans ce chapitre.

1.1.1.1. Premier sous chapitre : les causes et les conséquences des problèmes liés à l'environnement

▪ Pollution et déforestation

L'objectif est de recenser les différents types de pollution et d'identifier leurs causes respectives. Les élèves essaient de citer les types de pollutions qu'ils rencontrent dans la vie quotidienne ainsi que les causes et les conséquences correspondantes.

L'exploitation abusive des forêts pour produire du charbon de bois et du bois de chauffage ainsi que leur combustion entraînent en grande partie la déforestation et la pollution de l'air. En outre, la disparition progressive des couvertures végétales entraîne l'érosion du sol. Jusqu'à maintenant, l'utilisation de ces types d'énergie est irréfutable pour le malagasy. La solution qui reste est la modération de leur emploi.

1.1.1.2. Deuxième sous chapitre : les mœurs, les stratégies et les luttes contre ces phénomènes

L'objectif est d'encourager les élèves à utiliser l'énergie renouvelable et à économiser les énergies disponibles pour contribuer efficacement aux luttes contre les problèmes environnementaux.

D'après les analyses, les contenus enseignés en classe de seconde sur les sous chapitres suivants précisent les solutions et luttes contre les problèmes environnementaux :

a. Lutte contre les pollutions

Pour lutter contre la pollution de l'air, le reboisement et la réduction de l'émission de CO₂ ont été avancés.

Pour lutter contre la pollution du sol et de l'eau, la valorisation des déchets et le reboisement constituent les meilleurs remèdes.

b. Lutte contre la déforestation

Le reboisement et la réduction voire la cessation de l'utilisation du bois comme source d'énergie ont été proposés.

Toutes ces perspectives actuellement connues et enseignées concernent directement ce mémoire.

Le tableau IV montre les solutions aux différents problèmes environnementaux à partir de l'utilisation des énergies renouvelables, et ce conformément aux solutions proposées dans le programme scolaire.

Tableau IV : Energie renouvelable en classe de seconde

Problèmes environnementaux	Solutions proposées	Solutions et énergie renouvelable
<i>Pollution de l'air</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de l'émission du gaz à effet de serre, - Reboisement 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation d'autres cuiseurs : solaire, électrique et cuiseur à gaz ; - Utilisation des foyers améliorés : «fatana mitsitsy », « fatana pipa » ; - Remplacement des charbons par des briquettes ardentes ; - Utilisation de « la carbonisation améliorée » lors de la fabrication du charbon. Cette technique permet de réduire la déforestation tout en produisant des charbons de bonne qualité et en diminuant les taux de CO₂ émis.
<i>Pollution du sol et de l'eau</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Valorisation des déchets - Reboisement 	<ul style="list-style-type: none"> - Recyclage des déchets organiques pour un atout énergétique (production de biogaz par fermentation) ; - Installation des barrages hydroélectriques (valorisation de l'eau pour produire de l'électricité).
<i>Déforestation</i>	<ul style="list-style-type: none"> - La réduction de l'utilisation du bois comme source d'énergie - Le reboisement 	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration des techniques de carbonisation pour réduire les bois abattus tout en augmentant le rendement. - Utilisation des foyers améliorés réduisant le taux de charbon et du bois utilisé. - Remplacement du charbon par des briquettes ardentes. - Recours à d'autres types de source d'énergies renouvelables : cuiseur solaire, cuiseur électrique, cuiseur à gaz.

Source : Auteur, 2018

1.1.2. Classe de Premières C et D

Pour la classe de première, l'enseignement de l'énergie renouvelable peut aussi être introduit dans le dernier sous chapitre intitulé « l'autre type de fermentation », dans le chapitre « devenir des nutriments », dans la branche « biologie ».

Vu que la fabrication des biogaz est une des techniques permettant de résoudre les problèmes d'énergies, ce sous chapitre permet d'expliquer le principe de fabrication du biogaz.

Le principe de fabrication de l'éthanol (étapes biochimiques et installations des matériels) peut être utilisé pour illustrer l'importance de la fermentation.

1.1.3. Classe de Terminale C

Pour la classe de Terminale C, dans la géologie appliquée, l'utilisation des matières géologiques comme les roches : argiles, houille et pétrole est traitée, ce qui permet de profiter pour parler des énergies renouvelables.

1.1.3.1. Première sous-titre : poterie

Les étapes de fabrication des foyers améliorés sont presque les mêmes que ceux dans les poteries. Les élèves sont amenés à visiter des lieux de fabrication de « fatana mitsitsy » pour illustrer la leçon et pour leur expliquer l'importance de son utilisation.

1.1.3.2. Deuxième sous chapitre : pétrole et houille

Dans ce chapitre, il est nécessaire d'expliquer aux élèves les sources d'énergie non renouvelables (énergie fossile). Il faut leur signaler que l'exploitation de ces sources d'énergies est limitée et que leur épuisement menace le monde.

1.2. Résultats sur la capitalisation des mémoires de CAPEN

1.2.1. Résultats d'inventaire des mémoires de CAPEN sur l'énergie renouvelable

L'un des objectifs de ce travail est de capitaliser les mémoires de CAPEN.

L'inventaire des mémoires de CAPEN par l'utilisation des mots-clés « énergie », « énergie renouvelable » et « énergie renouvelable pour la cuisson » montre que seulement les disciplines scientifiques (SVT, PC) abordent la production de l'énergie renouvelable à Madagascar avec un nombre total respectif de 476 (SVT) et 409 (PC).

Le tableau V répertorie les mémoires de CAPEN en SVT et PC inventoriés suite à la recherche par mots clés

Tableau V : Mémoires de CAPEN inventoriés

Parcours	Nombre total des mémoires	Mot clé l'énergie	mot clé : type (exemple) d'énergie renouvelable	mot clé : type (exemple) d'énergie renouvelable pour la cuisson
<i>PC</i>	409	22	8	3
<i>SVT</i>	476	13	6	1
<i>Total</i>	885	35	14	4

Source : Auteur, 2018

D'après le tableau V, parmi les 35 mémoires qui parlent de l'énergie, 14 d'entre eux concernent l'énergie renouvelable dont seulement quatre (4) mémoires considèrent l'énergie renouvelable pour la cuisson à Madagascar.

Les Références des livres figurent dans l'annexe IV de ce mémoire.

Il existe différents modes de classification des énergies renouvelables, le plus utilisé est la classification par origine :

- L'énergie provenant de la transformation de biomasse : biogaz, bois énergie ;
- L'énergie issue de l'utilisation directe de l'énergie solaire (cuiseurs solaires). Ce dernier subit des transformations pour donner d'autres formes d'énergies : énergie électrique ;
- L'énergie mécanique provenant du mouvement du vent et de l'eau et qui est exploitée pour produire de l'énergie électrique.

Il a été constaté que les mémoires SVT concernant l'énergie renouvelable ne parlent que des énergies provenant de la biomasse tandis que les mémoires PC s'attachent plutôt à la production de l'électricité par l'énergie solaire, hydraulique et éolienne. Ce fait s'explique par la spécialité disciplinaire dans chaque filière.

On peut dire que l'étude de l'énergie renouvelable est plus développée dans les mémoires de CAPEN. Quant à l'authenticité des connaissances, les résultats des recherches peuvent même rivaliser avec ceux des autres grandes écoles.

1.2.2. Résultats de l'analyse des mémoires

Les livres de mémoires de CAPEN constituent-ils une source de documentation fiable pour l'enseignement-apprentissage de l'énergie renouvelable ? La recherche d'une réponse à cette question constitue la raison pour laquelle nous avons mené cette analyse.

1.2.2.1. Résultats de l'analyse de la forme

L'analyse de la forme s'est concentrée sur la qualité extérieure du document, notamment sur l'attrait des lecteurs ou non. Il est à noter que la population cible des lecteurs est formée principalement par les élèves et les enseignants.

Les formats généraux du livre (présentation de la couverture, nombre de pages, couleur générale, police et taille, aspect des illustrations) ont été considérés.

Le nombre de mémoire de CAPEN consulté est douze (14).

a. Présentation des papiers, taille et police

Concernant ces critères, les mémoires sont classés en deux groupes bien distincts :

- 14,28 % des livres analysés c'est-à-dire deux (2) parmi les quatorze (14) correspondent au modèle ancien : couverture en carton mince et sombre, rédaction fait à la machine à écrire, papier sombre et quasiment épais par rapport à celui d'aujourd'hui.
- 85,71 % des mémoires ont été rédigés sur ordinateur ; conformément à la norme actuelle de rédaction des mémoires (Times New Roman, 12, papier et couleur de présentation généralement claire), couverture en carton dur et épais.

b. Nombre de pages

Le nombre de pages des livres analysés avec les nombres de tableaux et figures sont présentés dans le tableau VI :

Tableau VI : Résultats d'analyse de la forme des mémoires de CAPEN

Livres	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
Nombre fig.	13	09	25	27	16	8	13	25	57	40	20	43	14	33
Nombre tab	14	09	21	17	36	8	0	0	0	00	0	05	43	02
Nombre de Pag.	77	86	60	62	74	49	100	80	72	70	95	120	64	69

Source : Auteur, 2018

Le volume du document reflète la qualité et la présentation d'un mémoire. Pour les mémoires de CAPEN, il a été indiqué dans l'instruction et la norme que la rédaction doit être faite en 50

pages. Mais la présence des tableaux et des figures ou autres illustrations peuvent augmenter ce nombre de page ; le livre n° 06 en est témoin. D'après ce tableau, la plupart de ces livres ne correspondent pas à la norme exigée :

- Pour les six (06) premiers livres, la présence des tableaux et des figures augmente le nombre de pages à 50.
- Les huit (08) livres restants sont des mémoires en physique-chimie. En plus des schémas et des figures, ils contiennent la présentation d'un didacticiel d'enseignement du thème traité.

1.2.2.2. Résultats de l'analyse du fond des mémoires de CAPEN

A cause de la répétition des notions de base développées dans ces livres, la réduction du nombre de livre à six (6) lors de l'analyse des contenus a été conclue. Les six (06) choisi par leur implication dans le thème en question.

a. Organisation du travail

Les mémoires de CAPEN ont été groupés en deux.

Le GROUPE I parle de l'énergie provenant de la biomasse (bois énergie, fatana mitsitsy, biogaz...) ; GROUPE II englobe ceux qui concernent les énergies obtenues des autres sources d'énergie (solaire, éolienne, hydraulique).

b. Modèle d'analyse : norme KVP

L'analyse des connaissances, la pratique sociale et les valeurs développées dans chaque livre ont été fait. Après les critiques analytiques, les résultats sont les suivants :

Pour le GROUPE I : BIOMASSE

Le groupe I contient trois (3) livres qui ont été analysés successivement.

- **Livre n° 01** : *Assainissement de l'environnement et production de l'énergie. Utilisation des ordures et des déchets ménagers de la ville comme matières premières méthagènes* (Rasamimanana, 1989)

Les idées générales du livre fournissent des connaissances suffisantes sur les déchets (définition des déchets, leurs effets sur la santé), sur les problèmes d'énergie (au niveau familial, national, et mondial). Ce livre propose la fabrication de biogaz pour résoudre ces problèmes.

Dans la vie quotidienne, les déchets sont ceux qui restent après utilisation ou consommation des matières. Ils sont à jeter car, en général ne servent plus à rien. Leur dispersion engendre des problèmes environnementaux.

Les informations obtenues de ces mémoires sont cohérentes avec la résolution des problèmes cités. Donc, une interaction existe entre les connaissances développées dans ce livre et les pratiques sociales.

Les valeurs développées sont la propreté et l'assainissement de l'environnement.

➤ **Livre n°04** : *Fatana mitsitsy et son impact socio-économique et environnemental* (Razafindramanana, 2007).

Le mémoire parle de la fabrication des « fatana mitsitsy » : les matières premières utilisées, les techniques de fabrication. Il compare aussi les différents secteurs de fabrication (fabrication artisanale et moderne). Ce mémoire révèle également les avantages de l'utilisation du « fatana mitsitsy » sur l'économie et l'environnement.

Face à la déforestation et aux problèmes liés à la hausse du prix du charbon, ces connaissances et leur application ont une place importante dans la société Malagasy. Elles favorisent le respect de l'environnement, la valorisation des ressources locales (sable, argile, tôles), et le comportement économique.

➤ **Livre n°05** : *Etude de l'exploitation du charbon de bois dans la Commune rurale Nandihizana* (Razaoharimiasa, 2013)

Ce mémoire développe des connaissances sur le charbon : définition, principes de carbonisation, types de carbonisation (traditionnelle et améliorée), qualité des produits et conditions d'exploitation, impacts de l'utilisation du charbon sur la santé et l'environnement. Il souligne également la maîtrise de la demande de charbon en proposant quelques techniques (foyer amélioré, brique ardente) ou même l'utilisation d'autres formes d'énergie de remplacement (biogaz et cuiseur solaire).

La pratique de ces techniques modernes permet d'atténuer la déforestation et les impacts sanitaires dus à la pratique de la carbonisation traditionnelle. Ce livre promeut l'amour de l'environnement et le développement économique.

➤ **Conclusion**

Suite à l'analyse de leur contenu, ces trois (3) mémoires nous ont été utiles pour la conception du dispositif.

Le bois de chauffage est la principale source d'énergie pour la cuisson à Madagascar surtout en milieu rural (MEH, 2015).

Jusqu'ici, aucun mémoire de CAPEN ne propose de nouvelles techniques concernant l'utilisation du bois de chauffage.

Le livre 01 a seulement expliqué les étapes biochimiques de fabrications du biogaz mais il manque les matériels nécessaires à l'installation.

Ces constats nous amènent à étendre nos recherches.

Pour le GROUPE II : Energie électrique

➤ **Partie connaissances**

En dépit de la différence de contenu, les mémoires concernant l'énergie éolienne, hydraulique et solaire classés dans ce groupe ont presque le même plan d'organisation avec une finalité commune : produire de l'énergie électrique.

Le tableau VII représente les connaissances obtenues dans les livres choisis.

Tableau VII : Contenus généraux des livres de mémoire de CAPEN analysés

Code des livres	Livre n°8	Livre n°9	Livre n°10
Connaissance	<ul style="list-style-type: none"> -Généralités sur l'énergie renouvelable : définition et types. -Mécanisme de transformation de l'énergie du rayonnement solaire en énergie électrique. - Avantages et inconvénients de l'utilisation de l'énergie photovoltaïque 	<ul style="list-style-type: none"> - Généralités sur l'énergie : transformation et conversion d'énergie, unité de mesure. -Fonctionnement d'un barrage hydro-électrique. - Fonctionnement de l'alternateur et transformateur. 	<ul style="list-style-type: none"> - Généralités sur l'éolienne (historique, définition, et type) -Fonctionnement de l'éolienne et conversion électrique d'une éolienne - Avantages et inconvénients

Source : Auteur, 2018

Titres des livres :

Livre n°8 : *Transformation de l'énergie de rayonnement solaire en énergie électrique : cas d'une plaque solaire photovoltaïque* (Randriamarofarany, 2010)

Livre n°9 : *Transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique cas de barrage hydro- électrique* (Ramanamihaja, 2016)

Livres 10 : *Transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique : cas d'une éolienne* (Mbe, 2010)

➤ **Partie pratiques et valeurs**

L'utilisation de l'énergie solaire et/ou hydraulique et/ou éolienne dans la vie quotidienne est un moyen très efficace pour satisfaire le besoin en énergie électrique des ménages. Ce qui diminue l'utilisation des énergies fossiles reconnues comme polluant de l'environnement. Elle limite l'exploitation des forêts. L'amour de l'environnement et la valorisation des ressources locales sont développés à partir de ces connaissances.

➤ **Conclusion et recommandation**

Les contenus de ces livres sont nécessaires à la conception du dispositif d'enseignement de l'énergie renouvelable. Parfois, l'expression purement scientifique des connaissances a rendu difficile leur compréhension. Certaines ressources énergétiques qui sont abondantes à Madagascar n'existent pas dans les mémoires CAPEN. Pourtant, leur utilisation est bénéfique, par exemple : l'utilisation des cuiseurs solaires. Alors, d'autres sources documentaires ont été nécessaires pour trouver suffisamment d'information.

Chapitre 2. Corps du dispositif

2.1. Présentation du dispositif

Le présent dispositif constitue une orientation pour l'enseignement de l'énergie renouvelable au lycée dans les cours de SVT. Pour mieux cerner nos études, l'énergie renouvelable utilisée pour la cuisson est choisie en particulier parce qu'elle concerne le plus notre vie quotidienne.

Ce dispositif comporte sept (07) thèmes : bois de chauffage, charbon de bois, biogaz, énergie solaire, énergie éolienne, énergie hydraulique et cuiseur solaire. Pour chaque thème, les généralités, le mode de fabrication, l'économie et l'orientation pédagogique sont abordés.

Dans l'orientation pédagogique, nous avons seulement exposé la meilleure méthode d'enseignement.

Le tableau VIII présente le plan général du dispositif.

Tableau VIII : Plan général du dispositif

GRAND TITRE	SOUS-TITRE		
GENERALITE	Définition et types d'énergie		
BIOMASSE	BOIS DE CHAUFFAGE	Généralités sur le bois de chauffage	
		Mode de fabrication du foyer à bois	
		Mode d'économie du bois énergie	
		Orientation pédagogique	
	CHARBON DE BOIS	Généralités sur le charbon de bois	
		Etapes de la carbonisation améliorée	
		Economie du charbon	
		Orientation pédagogique	
	BIOGAZ	Généralités sur le biogaz	
		Mode de fabrication du biogaz	
Orientation pédagogique			
ENERGIE ELECTRIQUE	PROVENANT DE L'ENERGIE SOLAIRE	Généralités	Orientation pédagogique
	PROVENANT DE L'ENERGIE EOLIENNE	Mode d'installation	
	PROVENANT DE L'ENERGIE HYDRAULIQUE		

2.2. Corps du dispositif

2.2.1. Introduction du dispositif

D'une part, la demande en énergie augmente avec le développement économique. D'autre part, l'exploitation des énergies fossiles est limitée, ainsi, un problème se pose : comment assurer les besoins en énergie des futures générations ? C'est même une des raisons qui ont abouti à la mise en place du concept « développement durable ».

Le lancement de l'idée sur l'utilisation des énergies renouvelables, se rattachant à ce concept, donne une solution fiable à ce problème. Une partie de la réalisation du programme Développement Durable passe par l'éducation. Etant donné que l'éducation constitue l'arme la plus efficace pour apporter des changements à long terme.

Madagascar a un potentiel significatif en termes de ressources en énergie renouvelable. Le souci porte sur l'insuffisance d'une orientation convaincante pour son utilisation et son application. C'est la raison pour laquelle le présent dispositif a été conçu. Il détaille le mode d'utilisation et d'exploitation de telle ou telle source d'énergie renouvelable et sa méthode d'enseignement.

2.2.2. Généralités

2.2.2.1. Définition de l'énergie

« L'énergie désigne une capacité d'agir quel que soit le mode : mettre en mouvement, chauffer, comprimer, éclairer, sonoriser, transmettre une information, etc. L'unité de mesure de l'énergie dans le système international est le Joule » (J) (ROMANDE ENERGIE, 2017, p. 2).

2.2.2.2. Types d'énergie

Il y a deux types d'énergie selon leur source : énergie renouvelable et énergie non renouvelable.

- Énergie renouvelable

Les énergies renouvelables sont celles dont les sources se renouvellent rapidement. Généralement, ce sont les phénomènes naturels, ainsi ces sources sont considérées comme inépuisables (Raveloarison, 2010, p. 13).

Les énergies renouvelables sont des énergies primaires inépuisables pendant une longue période. Elles sont issues d'un phénomène naturel, régulier ou constant, lié au soleil, à la terre

ou à la gravitation, y compris l'énergie solaire, éolienne, géothermique, hydraulique, et la biomasse.

- *Energie non renouvelable*

L'énergie non renouvelable est une énergie qui n'est utilisable qu'une seule fois et dont les sources ne peuvent pas être recrées par l'Homme (Vololoniaina , 2018, p. 8). Elle tire en grande partie ses sources des combustibles fossiles comme le pétrole, le charbon, le gaz naturel et l'uranium.

BIOMASSE

De nombreuses définitions de la biomasse sont avancées à travers le monde, mais celle utilisée par l'United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) les résume : « *Ce sont des matières organiques biodégradables et non fossilisées provenant des plantes, des animaux et des microorganismes. Elle inclut aussi les produits, les sous-produits, les résidus et les déchets de l'agriculture, de la sylviculture et des industries connexes ainsi que les fractions organiques non fossilisées et biodégradables des déchets industriels et municipaux* » (UNFCCC, 2005, p. 26).

Le bois de chauffage, le charbon de bois et le biogaz représentent ici la biomasse étant donné que la biomasse peut fournir de l'énergie utilisable dans la vie quotidienne après différentes sortes de transformations (David & Al, 2003). La biomasse est la principale source d'énergie utilisée pour la cuisson par les familles Malagasy (MEH, 2015).

Bois de chauffage « Kitay »

► Généralités

A Madagascar, 80% des ménages utilisent du bois de chauffage (kitay) (MEH, 2018). Il présente un faible rendement énergétique et une perte importante d'énergie. Les Malagasy utilisent le feu traditionnel ou « toko-telo » mais il y a aussi le foyer performant « OLI-b » qui est plus moderne et plus économique.

Dans le milieu rural, les paysans collectent des bois secs. Sans tenir compte de l'énergie et du temps perdu pour la collecte, cette technique est presque gratuite.



Figure 6 : Foyer performant “OLI-b” pour bois de chauffage

Source : ADES, 2018

► Mode de fabrication

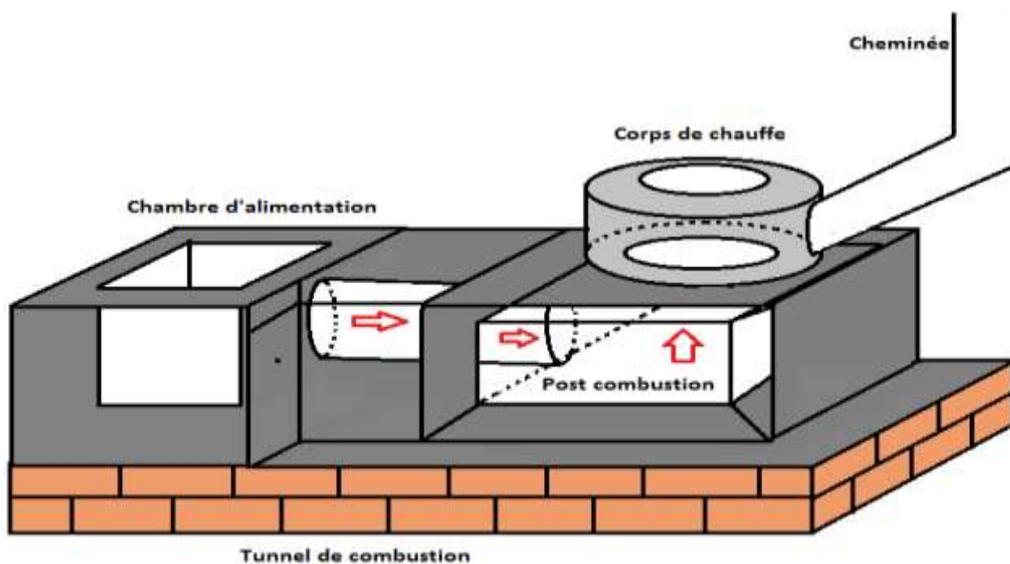
L'utilisation de l'énergie du bois se résume par la combustion directe des fragments végétaux pour cuire des aliments (Razaoharimiasa , 2013, p. 3). Les paysans ont l'habitude d'utiliser le tripied ou traditionnellement le « toko telo » (Batoto, 2015). Mais, certains d'entre eux emploient des fours améliorés comme « le rocket stove ». Ce modèle consomme cinq (5) fois moins de bois que le feu traditionnel « Toko telo ».

Dans le présent dispositif, nous allons proposer une méthode d'utilisation plus économique du bois de chauffage : « un foyer à flamme inversée ». Elle permet une combustion du bois avec un rendement maximal. Il est possible de récupérer plus de 80% du pouvoir calorifique du bois ou de la biomasse avec un post combustion qui brûle les fumées en réduisant les émissions de monoxyde de carbone, les particules fines, et autres polluants habituellement générés par la combustion de la biomasse. Il diminue le rejet des polluants dans l'atmosphère, même les fumées sont brûlées (Batoto, 2015).

La particularité du système repose sur la création d'une flamme inversée dont la chaleur va être propulsée dans un circuit pour être réutilisée pour la cuisson. C'est un four à aspirateur de flamme.

Construction des différentes parties du foyer

L'objectif consiste à construire un foyer moderne permettant de réduire la quantité des bois consommés et de diminuer l'émission des fumées. La forme schématique présentée dans la figure 6 a été inspiré du travail de mémoire de DEA en Chimie appliquée à l'industrie et à l'environnement de l'Ecole Supérieur Polytechnique d'Antananarivo de Batoto Fanomezana Mirindra Patrick en 2013.



*Figure 7 : Foyer à flamme inversée
Source : inspiré de BATOTO F., 2013*

La chambre d'alimentation est le lieu où on met les bois. La combustion se fait sur le tunnel de combustion. La chaleur s'accumule et augmente de plus en plus dans le post combustion et chauffe ce qui est sur le corps de chauffe.

Le tableau IX présente les parties du foyer, leurs matériaux de construction et leurs rôles respectifs.

Tableau IX : Présentation des parties du foyer à flamme inversée

Partie du foyer	Constituant / dimension	Fonctionnement / rôles
Structure de base	<ul style="list-style-type: none"> - Briques cuites - Enduit en ciment mélangé avec du sable 	Fondation et soutient de la structure
La chambre d'alimentation	<ul style="list-style-type: none"> - Briques cuites - Enduit en ciment mélangé avec du sable - Volume 14, 04 dm³ 	<ul style="list-style-type: none"> - Stockage de combustible - La combustion se fait entre le tunnel de combustion et la chambre de combustion - Lorsque le foyer fonctionne, il n'y aura pas de fumée qui se dégage par la bouche d'alimentation en raison de l'appel d'air généré par la cheminée de post combustion
Tunnel de combustion	Brique réfractaire pour bien isoler la chaleur.	<ul style="list-style-type: none"> - Conduit de flamme vers la base du post combustion. - Transformation de molécules organiques du bois en gaz « un phénomène de pyrolyse »
Post combustion	Brique réfractaire	<ul style="list-style-type: none"> - Deuxième combustion de gaz issu de la pyrolyse sur la base de la cheminée de post combustion. - Réduire au minimum les gaz imbrulés, source de pollution et de mauvais rendement.
Couvercle du corps de chauffe	Deux cylindres : <ul style="list-style-type: none"> - l'une à l'intérieur lié au post combustion - l'autre à l'extérieur qui couvre le corps de chauffe et l'isolant en argile 	<ul style="list-style-type: none"> - Récupération de la chaleur de la combustion - Support de l'ustensile
Cheminée	<ul style="list-style-type: none"> - Briques assemblées avec du remblai de terre - Enduit en ciment mélangé avec du sable - Longueur 2m 	Evacuation des fumées, et aspirateur d'air

Source : BATOTO. F., 2013

► **Economie du bois de chauffage**

Pour minimiser les inconvénients de l'utilisation du bois de chauffage, son emploi est suggéré en parallèle avec d'autres types d'énergie renouvelable (biogaz, cuiseur solaire et électrique).

Le reboisement est le moyen le plus efficace pour satisfaire le besoin en bois de chauffage tout en préservant l'environnement (David & Al, 2003).

► **Orientation pédagogique**

- ✓ L'utilisation du bois de chauffage est incontournable pour la population Malagasy. Il peut constituer un thème indépendant, discutable pour illustrer l'enseignement de l'écologie en classe de Seconde, plus précisément dans le chapitre : « déforestation (problèmes liés à l'environnement) ».
- ✓ L'enseignement du **principe de foyer à flamme inversée** réduit l'exploitation abusive du bois mais aussi les effets de sa combustion sur l'environnement.

Tableau X : Orientation pédagogique du foyer à flamme inversée

<i>Méthode</i>	<i>Activités</i>	<i>Ressources</i>	<i>Valeur</i>
Elaboration du dispositif avec les élèves	<p><i>Préparation</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Détermination de l'endroit et la date de la pratique - Répartition des élèves en groupe en leur demandant d'apporter les matériaux et/ou matériels qu'ils disposent chez eux - Achat des matériaux et matériels manquants avec les élèves 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Humaines</u> Enseignant, élèves <u>Matériels</u> Salle de classe Briques, ciment, tuyaux métalliques Cylindres métalliques Mortier de bois - <u>Temporels</u> - <u>Financières</u> Prix tuyau métallique et soudure : 8000ar 	<ul style="list-style-type: none"> Autonomie Responsabilité Partage Écoute

<i>Méthode</i>	<i>Activités</i>	<i>Ressources</i>	<i>Valeur</i>
Elaboration du dispositif avec les élèves	<p><u>Réalisation du dispositif</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Explication au tableau et/ou kraft des étapes de fabrication du foyer à flamme inversée - Répartition des élèves en groupe, - Élaboration d'un four par groupe - Réalisation du dispositif - Réalisation de la combustion après séchage du dispositif <p><u>Séchage et utilisation</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Utilisation du dispositif : faire une petite cuisine à l'école (organiser un concours de cuisine, ou cuisiner ensemble) 	<p><u>Humaines (idem)</u></p> <p><u>Matériels</u></p> <p>Sable, tôle, treuil, Les matériels ci-dessus, -ingrédients pour la cuisson</p> <p><u>Temporelles</u></p> <p>Temps de réalisation 1h 30 Séchage : 1 semaine selon le climat</p> <p>Choisissez un temps d'utilisation, par exemple : Mercredi après-midi ou samedi, fête scolaire...</p> <p><u>Financières</u></p> <p>Achat d'ingrédients : 7000 Ar en moyenne</p>	<p>Créativité</p> <p>Collaboration</p> <p>Partage</p> <p>Communication</p> <p>Écoute</p>
			<p>Foyer à flamme inversée (RABOTO FANOMEZANA, 2013)</p>
	<p><u>Évaluation avec les élèves</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Discussion avec les élèves sur les activités - Comparaison du dispositif et du four tripied 	<p><u>Humaines</u></p> <p>Elèves Enseignants</p> <p><u>Matériels</u></p> <p>Salle de classe, tableau noir, craies, stylo et cahier</p>	<p>Écoute</p> <p>Partage</p> <p>Critique</p> <p>Analyse</p>

Source : Auteur, 2018

Charbon de bois

► Généralités

« Le charbon de bois est un terme usuel pour définir la carbonisation du bois et certains matériaux organiques naturels » (Vololoniaina , 2018, p. 7). Le charbon de bois est le combustible le plus utilisé surtout en milieu urbain (MEH & WWF, 2012).

C'est un combustible de couleur noir, friable, hygroscopique, un résidu solide qui reste après la carbonisation du bois. Il peut retenir l'humidité atmosphérique. Le charbon de bois est formé essentiellement de carbone (75 à 85%) et de matières minérales qui constituent les cendres et les matières volatiles (Eugène, 2018).

► Mode de fabrication

La méthode adoptée pour la fabrication du charbon de bois est la carbonisation améliorée.

Ce programme est diffusé à Madagascar par le projet Gestion Local Sécurisé des ressources naturelles (GELOSE) (CARAMCODEC, 2006).

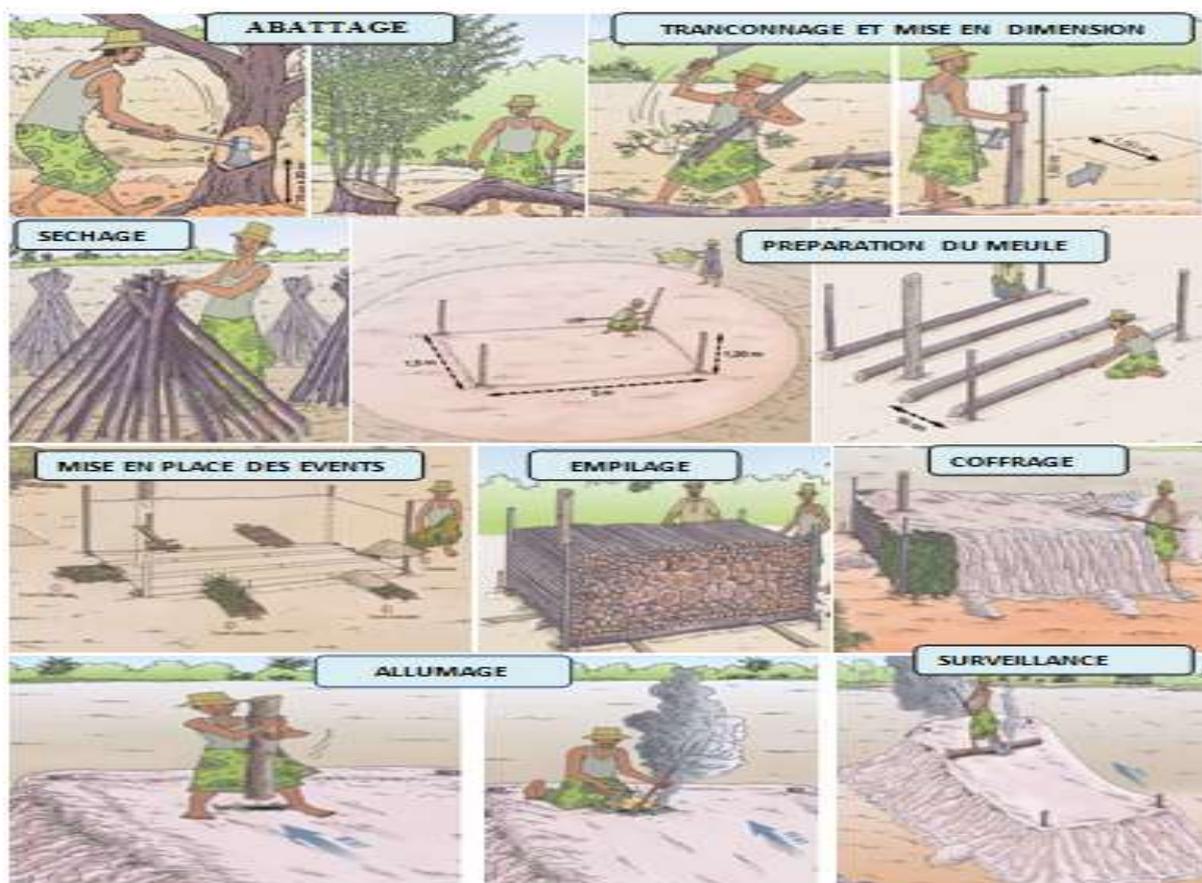


Figure 8 : Etapes de la carbonisation améliorée

Source : projet CARAMCODEC, 2008

Cette méthode augmente le rendement du charbon obtenu par la carbonisation du bois et réduit ainsi la fréquence de carbonisation donc la quantité de CO₂ émise. De ce fait, l'abattage de bois va diminuer.

- **Abattage :**

Couper les arbres au minimum à l'âge de 7 ans sur le ras du sol (15 à 20cm) pour favoriser leur repousse.

- **Tronçonnage :**

Découper les arbres de même longueur et selon la taille de la fosse. Puis, les faire sécher pendant 18 à 20 jours. Le séchage améliore le rendement de carbonisation et diminue sa durée.

- **Préparation du four :**

Orientation : la meule doit être orientée suivant la direction du vent.

Mise en place des événements : ce sont des trous (cheminées) qui régularisent l'entrée de l'air et la sortie de fumé. Le four amélioré n'a besoin que d'une seule cheminée.

Chargement de la meule : les plus grands arbres sont placés près de la zone d'allumage. Il faut serrer les distances entre les arbres.

- **Coffrage :**

Le coffrage consiste à recouvrir le four avec des feuilles, des herbes sèches et du sol. Cette technique permet d'isoler le four et d'avoir une meilleure carbonisation.

- **Allumage et surveillance du four :**

Les braises sont introduites dans la bouche d'allumage qui se situe sur la partie supérieure des meules. Pendant la surveillance, il faut réguler l'entrée et la sortie de l'air et également éviter les fuites.

- **Extinction du feu et défournement :**

Lorsque le dégagement de la fumée se termine ou lorsqu'elle prend une couleur bleue transparente, il faut laisser le four se refroidir pendant 2 à 3 jours. Lorsque le feu est totalement éteint, dégager le charbon et l'étaler à l'extérieur pour qu'il refroidisse complètement.

L'application des pratiques développées dans ce document permettra aux charbonniers d'améliorer, d'une manière significative, leurs rendements de production. Ces nouvelles techniques leur permettent aussi de doubler leur production habituelle.

► *Economie*

L'objectif est de réduire la quantité de charbon utilisé pour la cuisson soit en utilisant des fours améliorés soit en maximisant le volume de charbon obtenu avec un minimum de bois abattu.

Fabrication des briquettes ardentes



Figure 9 : Briquette ardente

Source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/briquette>, 2018

Matières premières : 1 kg de poussière de charbon, 2 kg d'argile rouge ou de sol originaire, 1 litre de lait d'amidon (mélange d'eau et de farine de manioc ou de farine de riz).

Mode de fabrication : Mélanger la poussière de charbon avec de l'argile et du lait d'amidon puis presser l'ensemble pour avoir un mélange pâteux et façonner le mélange avec les mains pour former des boules de 150 g chacune. Bien sécher les boules au soleil avant leur utilisation.

Mode d'utilisation : pour la cuisson, les briquettes ardentes peuvent être brûlées seules ou mélangées avec un peu de charbon.

Avantage : les briquettes ardentes dégagent moins de CO₂ que le charbon. Son utilisation assure le recyclage des poussières du charbon.

Fabrication du foyer amélioré : fatana mitsitsy (Figure 8)

La conception du « fatana mitsitsy » se fait comme suit (Razafindramanana, 2007) :

Broyage : broyer l'argile blanche (kaolinite) dans un mortier avec un pilon métallique

Tamissage : tamiser l'argile broyée sur un tamis de 0,2 mm pour avoir une pâte plus élastique, dosage des matières premières.

Le tableau XI représente le dosage des matières premières nécessaires.

Tableau XI : Dosage des matières premières pour la fabrication du « fatana mitsitsy »

Matière Première	Argile grise	Argile kaolinique	Eau	Sable
Masse (kg)	14	3	3	3
Pourcentage (%)	60,86	13,04	13,04	13,04

Source : CRNIT, 2011

La figure 10 présente le six (6) étapes de fabrication de fatana mitsitsy :

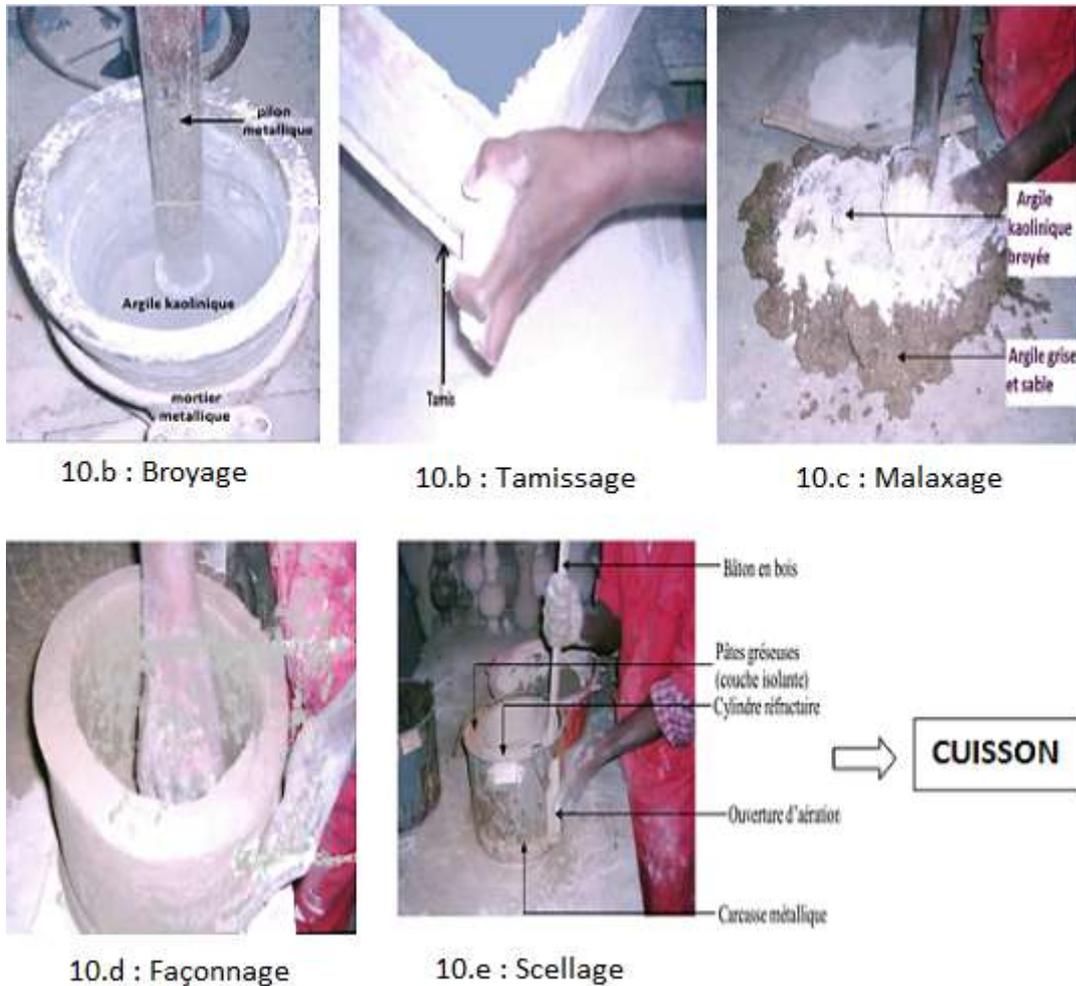


Figure 10: Etapes de conception du fatana mitsitsy

Source : Razafindramanana, 2017

Malaxage : malaxer l'ensemble avec les mains en ajoutant petit à petit de l'eau jusqu'à l'obtention d'une pate homogène et élastique.

Façonnage : bien mouler la pâte et la dresser sur une plaque plate de 4,5 Cm d'épaisseur. Ensuite, tracer des parties pour les éléments constitutifs du four, assembler ces éléments pour former le four.

Séchage : sécher l'ensemble dans un local à l'abri du vent et du soleil et à une température comprise entre 20 et 30 °C.

Scellage : Fixation du cylindre réfractaire sur une carcasse métallique en tôle plat entre lesquels se situe une couche de sable et d'argile kaolinique dite : « couche isolante thermique

► **Orientation pédagogique**

- ✓ A Madagascar, l'exploitation de la forêt pour la fabrication du charbon est la principale cause de la déforestation et la pollution de l'air. Cela peut être évoquée pour illustrer la leçon de la classe de **seconde, en écologie, dans le chapitre « quelques problèmes liés à l'environnement : déforestation »**.
- ✓ La méthode de **carbonisation améliorée** est un moyen d'augmenter le rendement de carbonisation donc de diminuer la déforestation.
- ✓ La carbonisation améliorée est rarement pratiquée. Mais, l'utilisation des briquettes ardentes, « fatana mitsitsy » permet d'économiser le charbon et/ou de l'utiliser de manière écologique et efficace. L'enseignement de ces techniques en classe de seconde sur la déforestation et pollution de l'air contribue à l'assainissement de l'écologie à Madagascar.
- ✓ L'enseignement du fatana mitsitsy peut s'effectuer à partir de sa fabrication à l'école, la visite de lieu de fabrication ou l'exposé. Pour la briquette ardente, la fabrication à l'école s'avère être la plus efficace.

Tableau XII : Orientation pédagogique du fatana mitsitsy

Méthodes	Pratiques	Ressources	Valeur
Visite de lieu où il y a une pratique de carbonisation améliorée	<p><i>Préparation d'une visite</i></p> <p><i>Attributions de l'enseignant</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Recherche du lieu de fabrication améliorée de charbon le plus proche - Demander aux charbonniers de l'expérimenter tout en leur expliquant les démarches et les avantages <p><i>Attributions des élèves</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Détermination du lieu et date de visite - Demande de l'autorisation de l'administration - Pré-visite 	<p><u>Humaine</u></p> <p>Personnel, administratif, Enseignant, Elèves</p> <p><u>Matériels</u></p> <p>Matériel de transport Frais de transport</p> <p><u>Temporel</u></p> <p>Organisation Pré-visite</p> <p><u>Financières</u></p> <p>Frais de déplacement :(3000 Ar par élève en moyenne)</p>	<p>*Autonomie *Organisation *Responsabilité</p>
	<p><i>Réalisation de la visite</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Déplacement - Petite réunion pour rappeler les objectifs de la visite et donner des instructions - Regarder et expliquer le fonctionnement des installations - Réunion pour faire un résumé de la visite 	<p><u>Humaine</u></p> <p>Formateur Enseignant Frais du formateur</p> <p><u>Matériels</u></p> <p>Moyen de transport Cahier et stylo pour prendre des notes</p> <p><u>Temporel</u></p> <p>Durée de la Visite (1 h 30)</p> <p><u>Financières</u></p> <p>Frais de déplacements (4000 Ar par élève en moyenne)</p>	<p>*Ecoute *Respect *Esprit critique *Partage</p>

Méthode	Pratiques	Ressources	Valeur
Visite de lieu où il y pratique de carbonisation amélioré	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation de rapport de visite - Repartir les élèves en groupes pour faire une rédaction de 5 pages. 	<p><u>Matériels</u></p> <p>Ordinateur et connexion internet</p> <p>Ordinateur</p> <p>Photocopieuse</p> <p><u>Temporel</u></p> <p>Temps de rédaction</p> <p><u>Financières</u></p> <p>500Ar par élèves en moyenne</p>	<p>*Collaboration</p> <p>*Partage</p> <p>*Sociabilité</p>

Source : Auteur, 2018

Biogaz

► Généralités

Le biogaz est le gaz produit par la fermentation des matières organiques animales ou végétales humides en absence d'oxygène (anaérobiose) sous une température de 37 °C. Il contient une forte proportion de méthane (60 %) et donc possède un fort potentiel calorifique et énergétique (Holiarinirina, 2014, p. 4).

► Mode de fabrication (Rasamimanana, 1989)

Le processus de méthanisation consiste à :

- Hydrolyser les molécules organiques (glucide, lipide, protide) en molécules simples (sucre, alcools, acides gras et acides aminés).
- Transformer les molécules simples en acide : acidogènes.
- Transformer l'acide obtenu en méthane et en gaz carbonique : méthanogène.

Ces réactions chimiques se déroulent dans les digesteurs pour avoir des biogaz. Il est donc nécessaire de bien préparé les digesteurs. Les étapes de réalisation d'un digesteur sont détaillées ci-dessous.

Préparation des digesteurs (Raharivola, 2018):

La taille d'un digesteur varie selon le besoin. Par exemple un bio-digesteur d'un volume de 4 m³ et pouvant contenir 20 à 40 kg de matière première peut produire 1,44 m³ de biogaz par jour. Ce volume de gaz peut assurer 3,5 à 4 heures de cuisson.

Les étapes nécessaires pour la réalisation d'un digesteur sont :

- Délimiter et aplatir la fondation d'installation (cercle de cm de diamètre) ;
- Réaliser la fondation en béton de 10 cm d'épaisseur
- Sur les deux côtés du mur, placer deux piquets de fer à 6 cote à cote
- Dresser le mur (paroi cylindrique en brique) : bio-digesteur
- Poser les deux tuyaux cylindriques de 15 cm de diamètre : le premier est nécessaire au chargement des matières premières ; le second assure la sortie des déchets. Quant à leur position, la sortie doit être placée plus bas que l'entrée pour éviter le colmatage.
- Couvrir la partie supérieure du digesteur par le béton. Laisser un trou pour introduire le tuyau de récupération de gaz.

Lorsque le bio-digesteur est installé, le chargement se déroule en introduisant par le tuyau d'entrée des déchets mélangés avec de l'eau. Le fumier doit être quotidiennement mélangé avec de l'eau à hauteur de 50 % pour alimenter le bio-digesteur. Le fonctionnement du digesteur est résumé par le schéma ci-dessous.

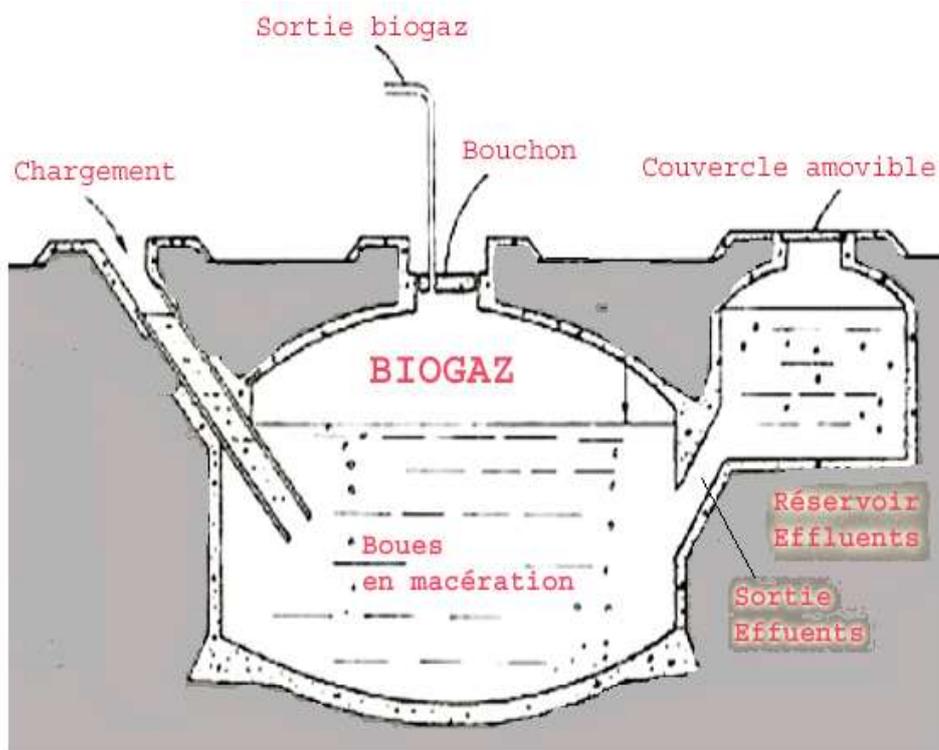


Figure 11 : Bio-digesteur

Source : <http://cafritech.vjulus.com>(20 juillet 2018)

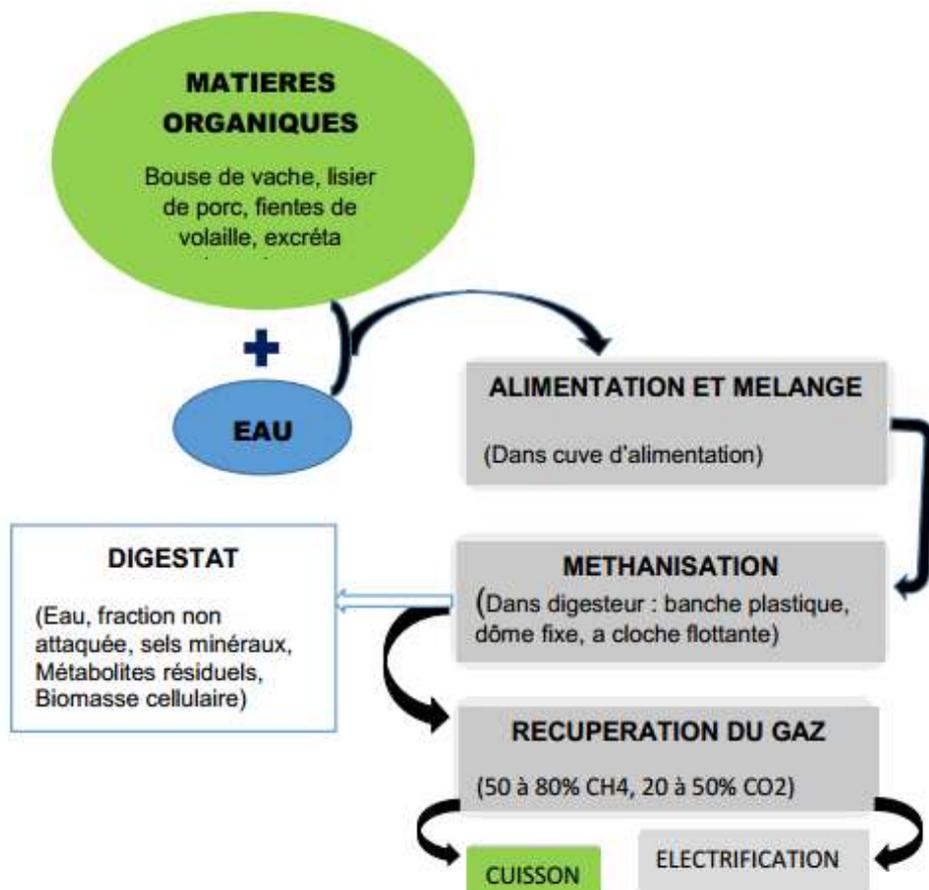


Figure 12 : Récapitulation de l'étape de fabrication du biogaz

Source : Auteur, 2018

► **Orientation pédagogique**

- ✓ L'utilisation du biogaz est un atout pour résoudre les problèmes énergétiques et certains problèmes environnementaux de Madagascar. Son explication aux élèves peut se faire lors de l'enseignement de la fermentation en classe de première.
- ✓ Vu l'abondance de matière première, le biogaz est un moyen efficace pour la satisfaction de notre besoin énergétique et l'assainissement de notre environnement. A part le cours en classe, l'élaboration d'un site de démonstration et la visite de lieu de fabrication sont les meilleures méthodes pour enseigner la fabrication de biogaz.

Tableau XIII : Orientation pédagogique de la fabrication du biogaz

Méthode	Activités	Ressources	Valeur
<i>Sous forme de cour en classe</i>	<p><u>Introduction</u> Demander la connaissance des élèves sur la fermentation : définition, types, rôles (Volontaire, tour de rôle ou designer)</p>	<p><u>Humaine</u> Enseignant Élèves <u>Temporel</u> 10mn</p>	
	<p><u>Explication</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Demander aux élèves les étapes de la fermentation lactique ou alcoolique - Expliquer au tableau la fermentation pour avoir du biogaz, en comparant avec les autres fermentations. - Montrer sur le kraft les étapes de production du biogaz (designer des élèves pour expliquer les étapes) - Faire une dictée, les élèves prennent note et font des dessins. 	<p><u>Humaine</u> Enseignant Élèves <u>Matériels</u> Tableau noir, craie, kraft <u>Temporel</u> 40mn <u>Financières</u> Prix Kraft et craie : 600 Ar</p>	<p><i>Ecoute Partage Observation Savoir exprimer correctement</i></p>
	<p><u>Évaluation</u> Donner des exercices concernant le biogaz Correction des exercices</p>	<p><u>Matériel et matériau</u> Tableau noir, craie, <u>Temporel</u> 10mn</p>	<p>Ponctualité Ecoute Partage</p>

Source : Auteur, 2018

ENERGIE ELECTRIQUE

Provenant de l'énergie solaire

► *Mode de production*

Panneaux solaires

Les panneaux solaires permettent la conversion du rayonnement solaire en électricité. Les panneaux solaires comprennent des cellules photovoltaïques (des cellules solaires composées essentiellement de silicium qui jouent un rôle de conducteur) (Randriamarofarany, 2010).

Une série de cellules montées en parallèle permet d'alimenter un équipement électrique : c'est le « module photovoltaïque ». Ce module est accompagné de châssis, de supports pour la fixation, des accessoires de câblage et un onduleur. Une batterie assure le stockage de l'énergie accumulée. Un régulateur de charge évite des charges excessives.

L'utilisation de cette méthode pour la cuisson nécessite des panneaux, des convertisseurs et une batterie à haut voltage.

L'installation coûte environ 2 millions d'Ariary (enquête auprès des vendeurs de matériels à Analakely, 2018)

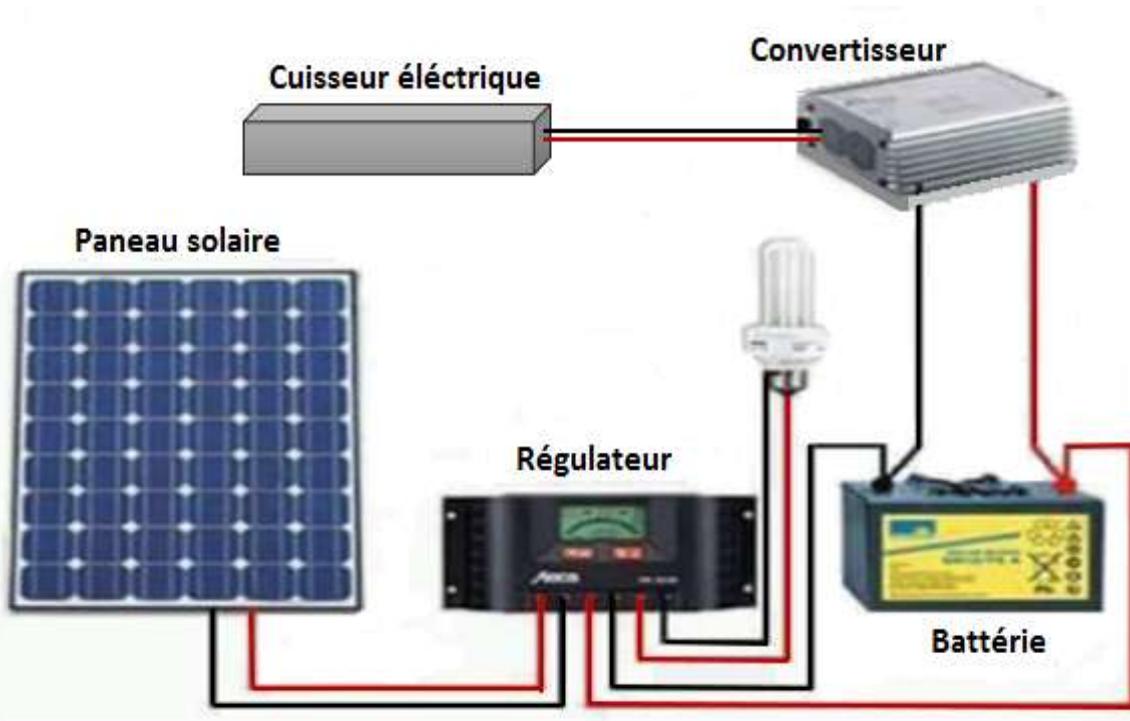


Figure 13: Schémas d'installation de panneau solaire

Source : <http://www.comptoireolien.fr> (18juillet 2018)

Provenant de l'énergie éolienne

► Généralités

C'est l'énergie obtenue par la transformation de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique (pompe), ou en énergie électrique (aérogénérateur) (MEH, 2018).

► Mode de fabrication (Mbe, 2010)

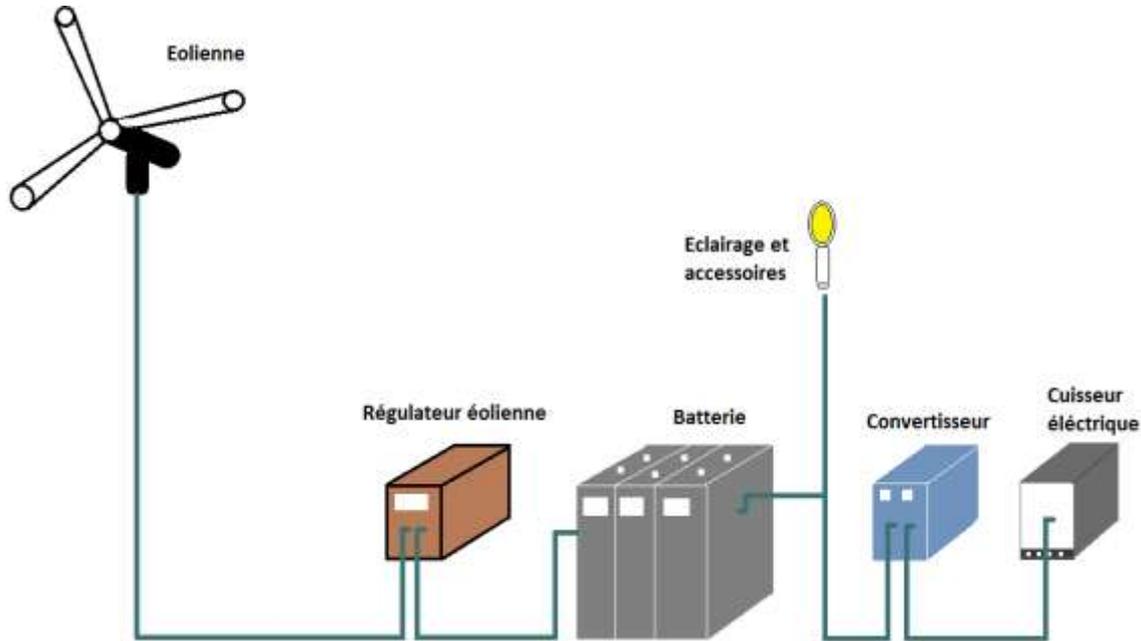


Figure 14 : Installation éolienne

Source : <http://ventdouestenergie.wordpress.com> (18juillet 2018)

Le vent fait tourner les pales de l'éolienne. La rotation des pales est transmise au générateur qui va convertir l'énergie mécanique du vent en énergie électrique de type éolien. L'électricité éolienne est dirigée vers le réseau électrique ou vers des batteries de stockage.

Le régulateur de charge ou contrôleur de charge évite la surcharge ou la décharge total des batteries. Pour pouvoir démarrer, une éolienne nécessite une vitesse minimale de vent d'environ 15K m/h.

Le tableau suivant présente les matériels nécessaires pour l'installation éolienne avec leurs puissances et rôles respectifs.

Tableau XIV : Présentation des matériels de l'installation de panneau solaire

MATERIELS	PUISSANCE	ROLES	SCHEMAS
Panneau solaire	Au moins 250 W	Capte le rayonnement solaire	
Eoliennes	Au moins 250 W	Transforme l'énergie mécanique du vent en énergie électrique.	
Régulateur		Protège les batteries de surcharge ou de décharge profond.	
Batterie	200 A minimum	Réservoir électrique : emmagasine sous forme chimique l'énergie reçue du générateur et la transforme en courant continu en fonction du besoin de l'équipement électrique.	
Convertisseur	12 V - 220 V	Transforme la tension d'une plaque solaire (courant continu de 12V à 48 V) en courant alternatif 220-230 V domestique utilisé par les appareils électriques standards.	
Four électrique	1000 W	Cuire les aliments.	

Source : Auteur, 2018

L'énergie hydraulique

► Généralités

C'est l'énergie obtenue par la conversion de l'énergie mécanique provenant de la force du courant d'eau en énergie électrique (MEH, 2018, p. 2).

► Mode de fabrication (Ramanamihaja, 2016)

Le central hydraulique produit de l'électricité grâce à une chute d'eau située entre deux niveaux de hauteurs différentes qui met en mouvement une turbine reliée à un alternateur.

Le central est constitué par quatre grandes parties :

- Rétenteur d'eau : un barrage qui retient l'eau
- Conduite forcée de l'eau : tuyaux métalliques conduisant l'eau vers le central hydraulique situé en bas.
- Production d'électricité : en sortant de la conduite, la force de l'eau fait tourner une turbine qui fait à son tour fonctionner un alternateur. L'alternateur produit un courant alternatif. La puissance du courant obtenu est fonction de la hauteur de la chute et du débit de l'eau.
- Transformateur : augmente la tension du courant électrique produit par l'alternateur.



*Figure 15 : Différents parties d'un barrage hydraulique
Source : Ministère de l'énergie et de l'hydrocarbure, 2018*

Selon sa taille, deux types de central hydraulique sont rencontrés à Madagascar : le grand central hydraulique exploité par la société JIRAMA et la petite centrale hydraulique est moins connue malgré sa potentialité.

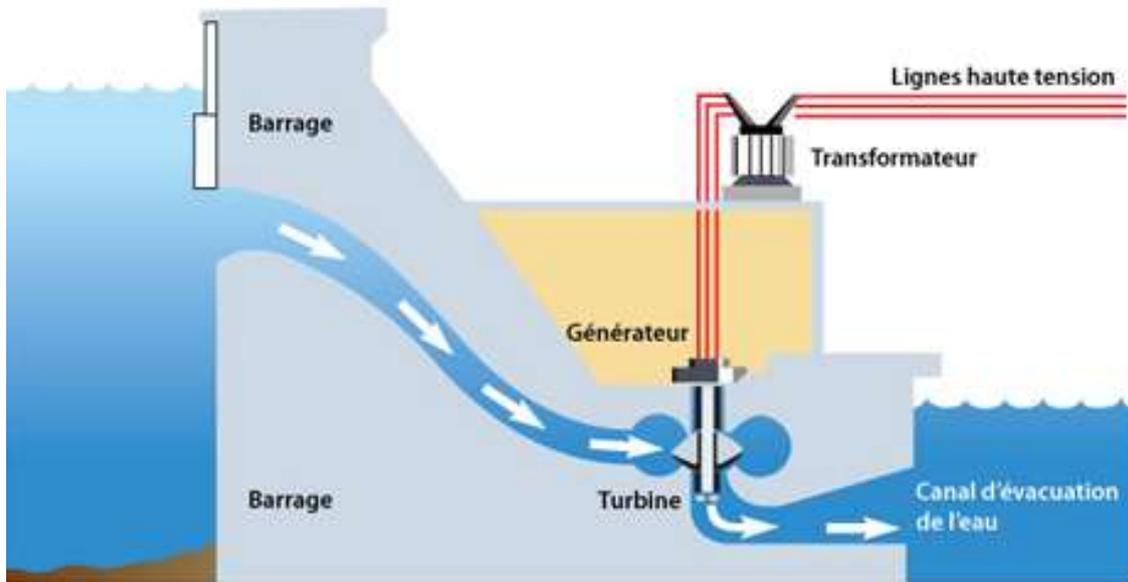


Figure 16 : Fonctionnement d'un barrage hydraulique

Source: <http://energies-hydrauliques.e-monsite.com> (18juillet 2018)

► **Orientation pédagogique**

- ✓ L'énergie renouvelable est encore sous-exploitée à Madagascar. Son enseignement aux élèves est un moyen efficace pour l'explorer. Se servir des énergies renouvelables nous aide à modérer la déforestation issue de la fabrication de charbon et de bois énergie. L'utilisation de l'énergie renouvelable permet d'illustrer la leçon en classe de seconde qui est la lutte contre la dégradation de l'environnement.
- ✓ L'installation d'un site de démonstration peut satisfaire les demandes en énergie d'un Etablissement. Mais le coût initial de cette installation est très cher. Il est

Tableau XV : Orientation pédagogique des énergies électriques

Méthodes	Activités	Ressources	Valeur
Elaboration d'un site de démonstration de panneaux solaires ou éoliens à l'école	<p><i>Préparation de l'activité</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Demande de l'autorisation de l'administration - Détermination de la date, du lieu - Recherche de techniciens 	<p><u>Humaine</u></p> <p>Administration Enseignant</p> <p><u>Temporel</u></p> <p>Durée de la préparation pour l'enseignant</p>	Autonome Responsabilité
	<ul style="list-style-type: none"> - Collecte des matériaux et matériels nécessaires 	<p><u>Temporel</u></p> <p>Durée de la réunion des élèves</p>	Sociabilité
	<p><i>Réalisation</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Expliquer l'objectif du jour et de l'installation aux élèves - Expliquer aux élèves le déroulement de l'installation et le rôle de chaque matériel - Laisser les élèves observer l'installation - Laisser les élèves travailler avec le technicien - Prendre des notes 	<p><u>Humaine</u></p> <p>Techniciens Enseignant</p> <p><u>Temporel</u></p> <p>Temps de réalisation</p> <p><u>Matériels et matériaux</u></p> <p>Autres que ceux énumérés dans les étapes de l'installation, tableau pour la formation</p> <p>Matériaux de construction</p> <p><u>Financières</u></p> <p>Prix des matériels et matériaux nécessaire (5.000.000 Ar)</p>	Sociabilité Partage Collaboration Respect du temps et subordination.

Méthodes	Activités	Ressources	Valeur
	<p style="text-align: center;"><i>Installation de l'énergie solaire et éolienne</i> http://www.ergiedouce.com. 20 juillet 2018</p>		
	<p><i>Evaluation</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluer le déroulement de l'activité avec les élèves - Dégager les avantages et les inconvénients de l'utilisation de ces types d'énergie renouvelable 	Cahier pour prendre note	Critique Ecoute
Exposé des élèves sur la production électrique à partir de l'énergie du vent, soleil, eau	<p><i>Préparation</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -Répartition des élèves en groupe -Donner les instructions et définir le temps de réalisation -Préparation de la présentation 	<p><i>Matériels</i></p> <p>Ordinateur, connexion internet, livres Temps de recherche</p>	Ecoute Subordination
	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation de l'exposé - Chaque élève du groupe va présenter successivement leur recherche ou designer un représentant 	<p><i>Matériels</i></p> <p>Ordinateur, projecteur Tableau et craies ou autres matériels nécessaires</p>	Savoir s'exprimer correctement Ecoute Partage Sociable Responsable
	Evaluation par l'enseignant	<i>Matériels</i>	Appréciez les actions des autres Ecoute

Source : Auteur, 2018

► **Utilisation :**

Brancher le cuiseur électrique à la source d'alimentation du courant.

Les cuiseurs à boîtes

► **Généralités**

Le cuiseur en boîte consiste en une enceinte fermée et isolée thermiquement équipée d'une fenêtre vitrée par laquelle la lumière du soleil pénètre, échauffant l'intérieur. Comme l'enceinte est isolée, la température s'élève jusqu'à permettre la cuisson des aliments qui sont déposés (Harmim, Boukan, & Amar, 2007).

► **Mode de fabrication**

Matériels : deux vitres de 50 cm², tôle métallique noire de 60 cm², peinture noire, plaques de bois en contreplaqué, miroirs plan, papier aluminium. Le tableau XVI présente les matériaux nécessaires, leur dimension, place et rôle respectifs.

Tableau XVI : Matériels pour la conception du cuiseur en boîte

Matériaux	Dimension	Place	Rôle
Boîte en bois en contreplaqué	1m ³		Support du foyer
Plaque métallique	60 cm ²	Fond de la boîte séparé du contreplaqué par des couches de liège	Réchauffe la marmite lors de la réception du rayonnement provenant des réflecteurs
4 miroirs réflecteurs	60 cm ² (2)	Sur les 4 faces internes inclinés de 60°	réfléchit la lumière à l'ouverture
Deux verres transparents	3 cm d'épaisseur 50 cm ² de surface	Placer les deux verres en superposition à l'ouverture séparée par des isolants de 4 mm d'épaisseur	Créer l'effet de serre et minimiser les pertes thermiques
3 réflecteurs fixés sur de contreplaqué	70 cm ²	Fixés sur le bord supérieur de la boîte par des charnières en aluminium qui permettent son orientation.	Augmenter le rayonnement solaire
Axe de rotation en acier	1 m	Support du cuiseur	Permet l'orientation du cuiseur de façon à ce que la lumière solaire soit perpendiculaire à l'ouverture de la boîte

Source : Harmim, Boukan, & Amar, 2007



Figure 17 : Coupe schématique d'un cuiseur en boîte

Source : <http://www.journaldufaso.com> (20 juillet 2018)

Cuiseurs paraboliques

Les pièces nécessaires sont : miroir conique en aluminium, poli résistant à la corrosion, support en acier galvanisé.



Figure 18 : Cuiseur parabolique

Source : auteur, 2018

► **Utilisation**

L'utilisation de 500 cuiseurs solaire permet d'économiser 5500 t/an de bois équivalant à 10000 ha de forêt / an.

► **Orientation pédagogique**

- ✓ L'utilisation du cuiseur solaire est encore peu connue à Madagascar. Mais, c'est un cuiseur présentant des avantages économiques et écologiques importants. L'enseignement du cuiseur en **classe de seconde** constitue un autre **moyen pour résoudre les problèmes environnementaux**.
- ✓ Les élèves peuvent essayer de fabriquer un cuiseur en recyclant des déchets pour les matériels (plaque métallique non utilisé, bout de contreplaqué, polystyrène...).

Chapitre 3. Résultats du feed-back au niveau lycée

3.1. Présentation des Lycées

Le dispositif a été expérimenté dans six (6) lycées différents constitués par trois lycées publics et trois lycées privés. Le tableau XVII et XVIII représentent les lycées publics et privés impliqués dans notre étude en indiquant leur localisation, et leur situation pédagogique respectives.

3.1.1. Lycées privé

Le tableau XVII présente les lycées privés cible pour la pratique du dispositif. Ils sont localisés à Antananarivo et Haute Matsiatra.

Tableau XVII : Présentation des lycées privés

Nom du Lycée	Localisation	Situation pédagogique
Lycée Saint Pierre Canisius	Ambohipo	DIDEC Antananarivo
Lycée privé Le Nouveau Flamboyant	Antsahamamy, Avaratr' Ankatso Antananarivo	DRELM Antananarivo
Lycée privé catholique Sacré Cœur	Ambohimahasoa ville	DIDEC Fianarantsoa

3.1.2. Lycées publics

Les lycées publics choisis sont dans le DREN Analamanga et Haute-Matsiatra comme le montre le tableau XVIII :

Tableau XVIII : Présentation des lycées publics

Nom du Lycée	Localisation	CISCO	DREN
Lycée Jean Joseph RABEARIVELO	Antananarivo au centre-ville Analakely	Tana Ville	Analamanga
Lycée Ankafina Tsarafidy	15 Km au Sud d'Ambohimahasoa, près de la Route Nationale n° 07	Ambohimahasoa	Haute-Matsiatra
Lycée RANDRIANASOLO Gervais Protais	Ambohimahasoa ville	Ambohimahasoa	Haute-Matsiatra

Le programme Eco-Ecole concerne tous les écoles de Madagascar d'où le choix aussi bien des écoles privées que des écoles publiques. A cet effet, la collaboration d'un enseignant représentatif de chacun de ces lycées est requise. Pour ce faire, une grille d'évaluation concernant le dispositif leur a été résumée.

3.2. Pratique du dispositif au niveau des lycées

La grille d'évaluation du dispositif se subdivise en trois parties qui concernent respectivement : la forme générale du dispositif, son contenu, et l'orientation pédagogique. Les réponses données par les enseignants sont résumées comme suit.

3.2.1. Forme générale du dispositif

3.2.1.1. Présentation du plan du dispositif

La figure 19, montre que 66,66% des enseignants ont trouvé que le plan général du dispositif est clair, 33,33% des enseignants ont remarqué que certaines parties du plan sont difficile à comprendre parce que les titres sont biens différenciées avec une suite logique. Les codes couleurs aident les enseignants à la lecture.

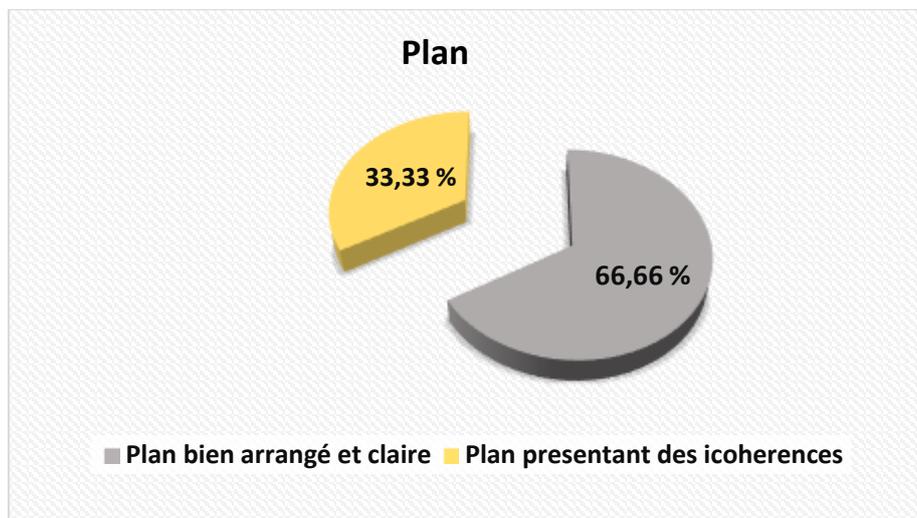


Figure 19 : Résultat de feed-back sur le plan du dispositif

Source : Auteur, 2018

Certains titres sont désordonnés et/ou incohérents, comme ceux qui sont dans l'énergie solaire : le titre cuiseur en boite et cuiseur parabolique ne sont pas des formes d'économie de l'énergie solaire, mais plutôt d'autres types d'exploitation de l'énergie solaire.

Les contenus des parties ne sont pas uniformes. Par exemple, lors de la présentation du foyer amélioré, utilisation des bois de chauffage et charbon de bois, et de l'énergie solaire, des

techniques d'économie des énergies ont été proposés. Dans le biogaz, énergie éolienne et hydraulique, cette partie est absente.

3.2.1.2. Format du texte et qualité des couleurs

Tous les enseignants ont affirmé que la police et les espacements des textes sont normaux ce qui concoure à sa lisibilité. Le 83,33% des enseignants ont affirmé que l'utilisation des couleurs est adéquate. Seulement 16,66 % ont constaté le contraire en disant que l'utilisation des couleurs est monotone.

La figure 20 montre le résultat obtenu sur l'ajustement de couleur générale du dispositif :

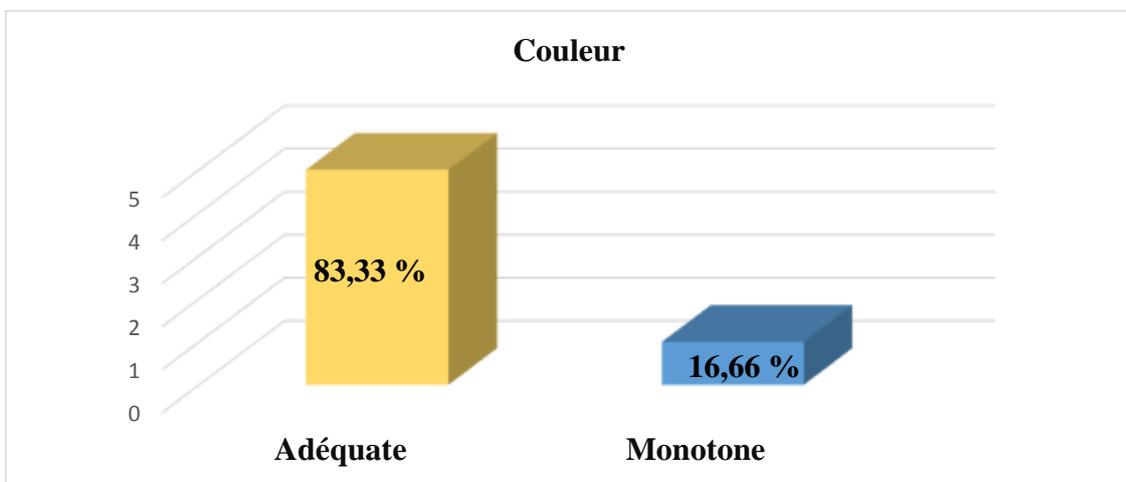


Figure 20 : Feed-back sur l'ajustement des couleurs

Source : Auteur, 2018

3.2.2. Contenu du dispositif

3.2.2.1. Analyse du fond du dispositif

Quatre soit 66,66% enseignants sur six ont affirmé que les techniques et les méthodes déployées dans le dispositif concourent à la facilitation et à l'amélioration de l'enseignement de l'énergie renouvelable au lycée.

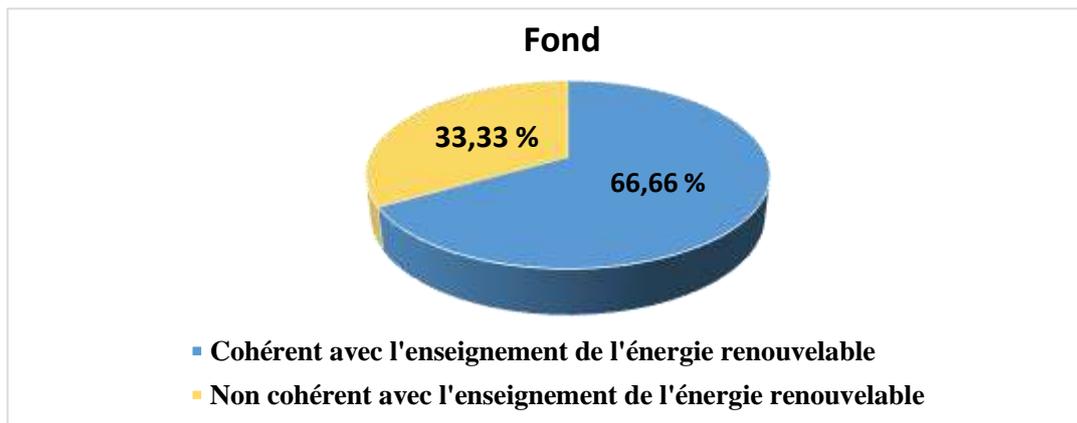


Figure 21 : Résultat du feed-back sur le fond

Source : Auteur, 2018

Les phrases et les vocabulaires employés sont simples. La présence du « glossaire » aide beaucoup à la compréhension du contenu. Tous les enseignants se sont mis d'accord sur le fait que, d'une part, les informations stipulées dans le dispositif sont convenables aux élèves du lycée, d'autre part, les explications sont claires et bien illustrées. Ces points confirment la cohérence du dispositif vis-à-vis de l'enseignement de l'énergie renouvelable au lycée.

3.2.2.2. Analyse des illustrations

La figure 22 représente le nombre des illustrations trouvées dans le dispositif. Le 83,33 % des enseignants ont affirmé que les figures sont bien claires et que chaque photo ou schéma utilisé correspond au thème en question. En ce qui concerne le nombre des illustrations, cinq (5) c'est-à-dire 83,33% des enseignants ont répondu qu'il est suffisant. 16,66% ont fait la remarque qu'il manque des illustrations.

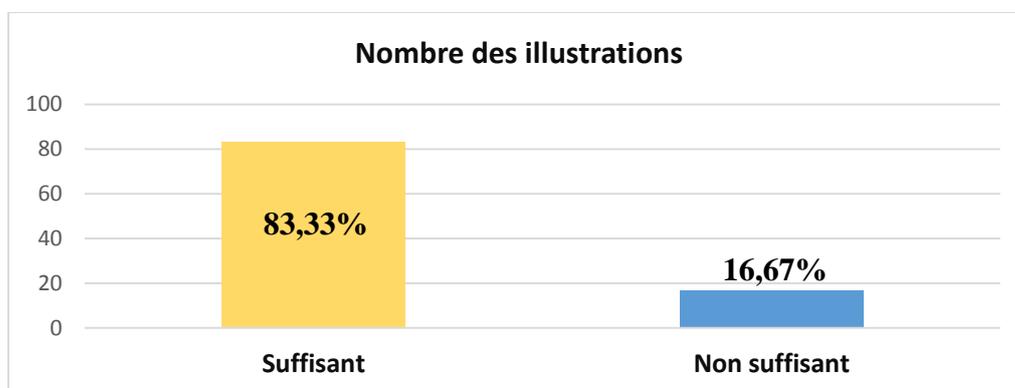


Figure 22 : Feed-back sur l'abondance des illustrations

Source : Auteur, 2018

3.2.2.3. Questionnaire à la fin de l'évaluation du dispositif

Les enseignants ont eu libre choix sur le type d'énergie renouvelable pour la cuisson qu'ils souhaitent enseigner selon le contexte local. Leurs réponses peuvent être regroupées en deux :

- D'un côté, les enseignants des lycées se trouvant dans la ville et ses environs ont choisi les éoliennes, les plaques solaires, le « fatana mitsitsy » et les briquettes ardentes. Leurs réponses ont été motivées par la disponibilité en termes de concrétisation et de possibilité de visite sur terrain.
- De l'autre côté, les enseignants aux alentours d'Ambohimahasoa préfèrent enseigner les énergies provenant de la biomasse comme la carbonisation améliorée, foyer amélioré, biogaz. Ils peuvent réaliser ces pratiques chez eux.

3.2.3. Intérêt pédagogique

Par les détails techniques et cognitifs, ces enseignants ont été convaincus que ce dispositif d'enseignement donne une orientation fiable pour l'enseignement de l'énergie renouvelable.

Vu la restriction au niveau du temps, les enseignants trouvent la pratique du dispositif à l'école assez difficile. Même s'il en dispose, la possibilité de la pratique est fonction de l'existence des ressources au niveau local. En plus, comme ce thème est à insérer dans les chapitres préexistants aux lycées, il exige un changement de certains contenus.

Chapitre 4. Discussion et recommandations

4.1. Discussion

4.1.1. Sur l'analyse du curriculum

Le curriculum analysé date de 1996, ce qui peut expliquer en partie l'absence du thème « énergie renouvelable » dans le programme scolaire Malagasy. Toutefois, l'introduction de l'énergie renouvelable aide à mieux expliquer certains thèmes préexistants dans le curriculum, par exemple la proposition des solutions sur les problèmes environnementaux enseignés en classe de seconde et la fermentation en classe de première. A cet effet, des petits changements peuvent être apportés tout en gardant l'objectif du chapitre.

En proposant les solutions relatives à l'énergie renouvelable, les enseignants peuvent s'inspirer du paysage pour expliquer le type d'énergie renouvelable qu'ils ont choisi. Selon leur disponibilité, ils peuvent faire des visites ou autres activités permettant de renforcer les explications de l'énergie renouvelable.

Actuellement, l'utilisation des énergies renouvelables est constatée comme une nécessité mondiale. Au lieu d'attendre un projet de réforme sur le curriculum actuellement utilisé, la mise en relation de ce thème dans les chapitres déjà présents permet d'agir d'une façon plus efficace et immédiate. Dans ce sens en tant que thème interdisciplinaire, les contraintes au niveau du temps peut constituer un obstacle dans la finition du programme, par rapport au volume horaire réparti pour chaque chapitre.

4.1.2. Sur la valorisation mémoire de CAPEN

4.1.2.1. Inventaire des livres de mémoires

Trois mots clés ont été utilisés successivement pour le triage des livres. L'utilisation du mot clé « énergie » est plus facile et plus rapide pour repérer les livres. Non seulement, ce thème est trop vaste, et touche différents domaines : biologie, géologie, électricité, physique etc. Mais aussi les documents issus de ce filtre sont très variables et ne répondent pas exactement au besoin. Il a fallu donc ajouter comme mot clé les types d'énergie renouvelable « la biomasse », « le biogaz » etc. Ce deuxième filtre permet de ne réunir que les documents concernant l'énergie renouvelable. Le mot-clé « type d'énergie renouvelable pour la cuisson », permet une orientation précise de l'objectif de ce présent mémoire et suffit pour la sélection des livres.

Il a été constaté que les mémoires de SVT concernant l'énergie renouvelable ne parlent que des énergies provenant de la biomasse tandis que les mémoires de PC s'attachent plutôt à la production de l'électricité par l'énergie solaire, hydraulique et éolienne. Ce fait s'explique par la spécialité disciplinaire dans chaque filière.

4.1.2.2. Analyse des mémoires

Les mémoires de CAPEN font partie des documents scientifiques. Les normes à suivre pour leur rédaction sont prédéterminées. Les résultats présentés dépendent de l'auteur seul. Malgré l'importance de l'opinion des enseignants et des élèves sur la forme générale, il était difficile de mettre ces mémoires à leur disposition. Premièrement, ces livres sont exclus de prêt, en plus, il est interdit de les photocopier. Deuxièmement, l'insuffisance de temps pour les enseignants des enseignants et des élèves influe considérablement.

La forme du document (nombre de page, aspect extérieur, nombre d'illustration) influe beaucoup sur la motivation du lecteur. Même si la forme et le contenu des mémoires de l'ENS sont attirants, ils ne sont pas accessibles à tous les enseignants et les élèves du lycée. C'est l'une des raisons qui nous ont poussés à élaborer un dispositif d'enseignement de l'énergie renouvelable.

Les mémoires de CAPEN renferment les connaissances nécessaires à l'élaboration du dispositif d'enseignement de l'énergie compte tenu du fait que tous les types d'énergie renouvelable y sont développés. Il y a déjà des orientations et des fiches de préparation correspondant pour l'enseignement de chaque thème. Pourtant, seuls les étudiants de l'université peuvent les consulter et en plus, la lecture doit se faire sur place.

4.1.3. Sur l'élaboration du dispositif

Ces constats nous laissent conclure que la forme générale du dispositif est attirante. Pourtant, certaines améliorations sont nécessaires en ce qui concerne le plan et les couleurs.

D'après ces résultats, 74,99 % des enseignants sont d'accord sur le fait que la forme générale du dispositif (plan, forme du texte, couleur utilisé) est bien adaptée à l'enseignement de l'énergie renouvelable au lycée.

Faire correspondre des données récoltées dans les travaux de recherche de diverses sources n'est pas une tâche facile. Les informations inscrites dans les contenus de ce dispositif ne sont pas absolues, il se peut qu'il manque des connaissances importantes ou qu'on y trouve des informations inutiles. En dépit de tous ces défauts, le dispositif constitue un document de base

pour initier et améliorer l'enseignement de l'énergie renouvelable et ainsi participer à la concrétisation des objectifs du développement durable dans la vie sociale à Madagascar.

Nous avons fait référence au programme de SVT au lycée pour introduire l'énergie renouvelable alors qu'il y a certains types d'énergie comme énergie éolienne, l'énergie solaire et l'énergie hydraulique qui seront mieux expliqués dans les chapitres enseignés en physique-chimie au lycée mais aussi au collège.

L'application des pratiques développées dans ce document est un atout pour les élèves mais aussi à la société. Par exemples les charbonniers améliorent d'une manière significative, leurs rendements de production parce que la carbonisation améliorée leur permettent de doubler leur production habituelle.

4.1.4. Sur la pratique du dispositif au lycée

La sincérité sur la réflexion et la lecture du dispositif par les enseignants en collaboration peuvent influencer les résultats obtenus lors de l'évaluation. Une mise en pratique du dispositif au niveau des lycées s'avère ainsi nécessaire pour vérifier sa fiabilité. Pourtant, la restriction des délais de réalisation du mémoire n'a pas permis de faire des pratiques avec les élèves.

4.1.5. Sur la méthodologie

L'analyse de livres de mémoires CAPEN et l'analyse du curriculum, liés à l'élaboration d'un dispositif d'enseignement sont des nouvelles idées soulevées pendant la résolution des problèmes de mise en œuvre de l'Eco-Ecole à Madagascar. Ainsi, nous n'avons pas pu trouver des méthodologies de référence conventionnelle relative à ce sujet.

4.2. Recommandations

4.2.1. Sur l'analyse du curriculum

Il est nécessaire de mettre à jour le programme scolaire pour que les élèves puissent bénéficier des savoirs, savoir-faire, et savoir être adaptés aux situations de nos jours. Comme le renouvellement du programme est en cours à Madagascar, il faudrait alors en profiter pour introduire l'Education au Développement Durable (EDD) et les dix thèmes de l'Eco-Ecole comme étant des chapitres ou titres indépendants. Ainsi, le chapitre ou sous chapitre « énergies renouvelables » aura besoin de ses propres objectifs, ses méthodologies relatives à son enseignement-apprentissage, ses matériels et activités correspondant à chaque exemple.

De ce fait, le temps sera suffisant pour l'explication des techniques de fabrications et d'utilisation de chaque type d'énergie, afin d'assurer l'acquisition des connaissances.

4.2.2. Sur la valorisation des mémoires de CAPEN

Lors du triage des mémoires, au lieu d'utiliser des mots clés, la consultation du sommaire permet aussi de voir globalement le contenu par rapport au thème recherché. La forme générale du livre de mémoire influence la motivation des lecteurs. Cela requiert alors des écritures, des couleurs et illustrations adéquates pour attirer les cibles (enseignants, élèves).

Pour que des résultats de recherche dans les mémoires de CAPEN soient profitables au domaine de l'enseignement, une collaboration avec le MEN, les chefs d'établissements et avec le Directeur de l'ENS doit être établie pour faciliter leur accès surtout pour les enseignants et élèves.

4.2.3. Sur l'élaboration du dispositif

L'enseignement de l'énergie renouvelable ne se limite pas seulement à l'enseignement de SVT au lycée. Il est préférable de le commencer depuis le primaire et dans tous les modules susceptibles à son intégration étant donné que les élèves des classes primaires sont plus faciles à sensibiliser. Ce travail n'est qu'un commencement mais l'élaboration des dispositifs d'enseignement de l'énergie renouvelable dans les classes primaires, collège et dans d'autres disciplines restent à faire.

L'inconvénient de l'utilisation de toutes les technologies de production d'énergie renouvelable réside sur le coût très élevé de l'investissement initial impliquant un temps d'amortissement très long. De ce fait, les gens préfèrent utiliser d'autres sources d'énergie abordable. Il est ainsi indispensable de les inciter de les encourager à utiliser l'énergie renouvelable en facilitant leur accès à ses utilisations et en leur informant des avantages ou bénéfices de ces technologies.

4.2.4. Sur la pratique du dispositif au Lycée

La mise en pratique du dispositif dans les différents lycées est une meilleure technique pour enseigner l'énergie renouvelable et son utilisation. Cela constitue un moyen d'atténuer la déforestation à Madagascar.

CONCLUSION

Dans le cadre de la mise en œuvre de l'EDD à Madagascar, l'Eco-Ecole est une approche pour son introduction dans le milieu scolaire (Shane, 2011). Trois ans après le test au sein des écoles pilotes, le programme Eco-Ecole a connu des succès avec des résultats tangibles, d'où son déploiement dans les écoles primaires et secondaires de Madagascar. Cependant, certains contenus de ce programme sont obsolètes voire incompatibles avec les circonstances locales de Madagascar. De ce fait, un dispositif a été conçu pour y remédier.

Ce dispositif contient des informations et des techniques détaillées, consolidées à partir d'une analyse critique des mémoires de CAPEN et d'autres sources de documentation qui portent particulièrement sur l'énergie renouvelable pour la cuisson. Manifestement, certains types d'énergies renouvelables proviennent des ressources naturelles inépuisables comme l'énergie solaire, éolienne et hydraulique toutefois leurs utilisations restent encore inexploitées. En outre, actuellement les déchets organiques comme les matières fécales sont recyclables dans le but d'obtenir du biogaz alors que d'autres comme l'énergie de bois se basent sur des ressources limitées. Par conséquent, l'exploitation des autres types d'énergies renouvelables nécessite des modérations considérables et des comportements responsables.

L'hypothèse « complémentarément avec le curriculum de Sciences de la Vie et de la Terre (SVT), la capitalisation des résultats de recherche sur l'énergie renouvelable permet d'élaborer un dispositif d'enseignement de l'énergie renouvelable pour la cuisson au lycée » est vérifiée après les études pratiques aux lycées. Cette perspective améliore la situation dans la mise en œuvre de l'Eco-Ecole. Corréler avec les chapitres préexistants en SVT classe de secondes, premières et terminales, un autre problème d'organisation persiste, le manque de temps pour certains enseignants en ce qui concerne sa réalisation. La promotion de l'Eco-Ecole est nécessaire et intéressant mais il faut du temps pour s'habituer aux petits changements qu'elle impose. Si on veut parler d'un changement durable, la considération de « l'énergie renouvelable » comme étant un chapitre indépendant est envisageable parce qu'il touche directement les problèmes sociaux fondamentaux à Madagascar.

BIBLIOGRAPHIE

- Batoto, F. M. (2015). Conception et réalisation d'un foyer domestique alimenté par des biomasses. 142.
- CARAMCODEC. (2006). Bonne pratique de la carbonisatio à Madagascar. 32.
- Clément, P. (2010). le modele KVP.
- David, M., & Al. (2003). Etude sur la consommantion et la production des produits forestiers ligneux. 02-05.
- Eugène, D. (2018). Charbon de bois. Récupéré sur Wikipedia: [https://fr.m.wikipedia.org/wiki/charbon de bois](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/charbon_de_bois)
- GIEC. (2015). Rapport de synthèse sur les Changements Climatiques 2014.
- Harmim, A., Boukan, M., & Amar, R. (2007). Etude experimentale d'un cuisseur solaire de type boite à trois reflecteurs plans et un surface d'ouverture inclinée. Revue des énergies renouvelable, 47.
- Holiarinirina, D. M. (2014). Biomasse et sa biogazeification et principale conversion énergétique, CAPEN, ENS, Université d'Antananarivo. 100.
- INSA, L. (2014). Energie pour un développement durable.
- JIRAMA. (2016, Novembre). Approvisionnement en électricité à Madagascar . (E. L. ENS, Intervieweur)
- Mbe, M. R. (2010). Transformation de lénergie mécanique en énergie électrique : cas d'une éolienne, CAPEN, ENS, Université d'Antananarivo. 70.
- MEH. (2015). Assistance pour le développement d'une Nouvelle Politique de l' énergie et d'une strategie pour la Republique de Madagascar. 13.
- MEH. (2015). Etude de la politique et stratégie de l'énergie. 32.
- MEH. (2015, Juillet 13). Le biogaz : de l'énergie durable et peu couteuse pour Madagascar. Récupéré sur <http://www.energi.e.govmg.com>
- MEH. (2018). Les énergies renouvelables à Madagascar. 36.

- MEH, & WWF. (2012). Diagnostique du secteur énergie. 141.
- MEH, Fondation Energie pour le Monde. (2016). De l'électricité verte pour un million de ruraux à Madagascar. 46.
- MESUPRES,MEH. (2015). Plan directeur de la recherche sur les énergies renouvelables. 66.
- MNP. (2017). Programme Eco-Ecole. Consulté le 2018, sur <http://www.parcsmadagascar.com>
- Rafamantanantsoa, T. F. (2017). Madagascar face aux énergies renouvelables.M2 DEGS. Université d'Antananarivo. 69.
- Raharivola, N. (2018). Suivie et évaluation d'un système de production de biogaz à partir de déchet menagers à Andranonahoatra et installation d'un biodigesteur à Mahalo Bevalala, Licence d'Engenieur en Energies renouvelables, UESSI, Univesité d'Antananarivo. 43.
- Ramanamihaja, A. (2016). Transforemation de l'énergie mécanique en énergie électrique cas de barrage hydro-électrique, CAPEN, ENS, Université d'Antananarivo. 72.
- Randriamarofarany, R. L. (2010). Transformation de l'énergie de rayonnement solaire en énergie électrique: cas d'une plaque solaire photovoltaïque, CAPEN, ENS, Université d'Antananarivo. 80.
- Randrianarisoa, A. (2013). Energie durable pour tous les ménages,les collectivités et les entreprise. 59.
- Rasamimanana, S. A. (1989). Assainissement de l'environnement et production de l'énergie : utilisation des ordures ménagers de la ville comme matière première méthagène, CAPEN,ENS, Université d'Antananarivo. 77.
- Raveloarison, J. V. (2010). Place des énergies renouvelables dans l'économie, MASTER, DEGS Université d'Antananarivo. 54.
- Razafindramanana, N. (2007). Le "Fatana Mitsitsy "et ses impacts socio-économiques et environnementaux. 62.
- Razaoharimiasa , N. T. (2013). Etude de l'exploitation de charbon de bois dans la commune rurale Nandihizana. 74.

ROMANDE ENERGIE. (2017). Plate bande communication . Récupéré sur Explorateursde l'énergie: <http://www.explorateurs-energie.com>

Shane, E. (2011). Manuel éco-école. 145.

UNFCC. (2005). Biomasse renouvelable. 56.

Vololoniaina , O. F. (2018). Avantage et inconvénient des sources d'énergies utilisés par les habitants de Behinty sur le plan socio-économique, CAPEN, ENS, Université d'Antananarivo. 60.

Webographie

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Biogaz> consulté le [30 Juillet 2018]

www.ader.mg consulté le [20 Juillet 2018]

www.energie.gov.mg consulté le [20 Juillet 2018]

www.energie.renouvelable.org consulté le [20 Juillet 2018]

www.mef.gov.mg consulté le [18 Août 2018]

www.ore.mg consulté le [20 Juillet 2018]

www.planetscope.org consulté le [18 Juillet 2018]

www.wwf.mg consulté le [18 Août 2018]

<http://www.journaldufaso.com> consulté le [20 Juillet 2018]

ANNEXES

Annexe I : LES DIX THEMES DE L'ECO-ECOLE

Energie : Actuellement, dans la plupart des pays de l'Océan Indien, l'énergie provient de sources non renouvelables

Eau : Beaucoup de pays de l'océan indien sont exposés à des pénuries d'eaux qui sont dues aux services d'approvisionnement inefficaces ou au changement climatique

Déchets : Des milliers de tonnes de déchets sont produits chaque année par les pays de l'Océan indien.

Santé : Certaines populations de l'océan Indien vivent dans des régions pauvres ou isolées, loin des services de la santé, sans accès à de l'eau traitée, avec de mauvaises installations sanitaires et des revenus mensuels faibles. La plupart de ces gens dépendent de l'environnement pour leur subsistance et pour nourrir leurs familles.

Biodiversité : Plusieurs pays de l'océan Indien s'efforcent de protéger leurs écosystèmes, qui se trouvent sur la terre (les forêts, les déserts et les prairies), dans l'eau douce (les rivières et les marais), dans les zones côtières (les mangroves et les côtes rocailleuses) ou dans l'océan (les récifs coralliens et la haute mer), afin de préserver leur patrimoine naturel et de permettre un partenariat durable entre les êtres humains et les écosystèmes eux-mêmes.

Changement climatique : Réchauffement de l'atmosphère et des océans. Augmentation du niveau de la mer. Dérèglement du système météorologique.

Sol et Air : Beaucoup de communautés de la région de l'océan Indien sont touchées par des problèmes environnementaux tels que l'érosion du sol, la dégradation des terres et la pollution atmosphérique.

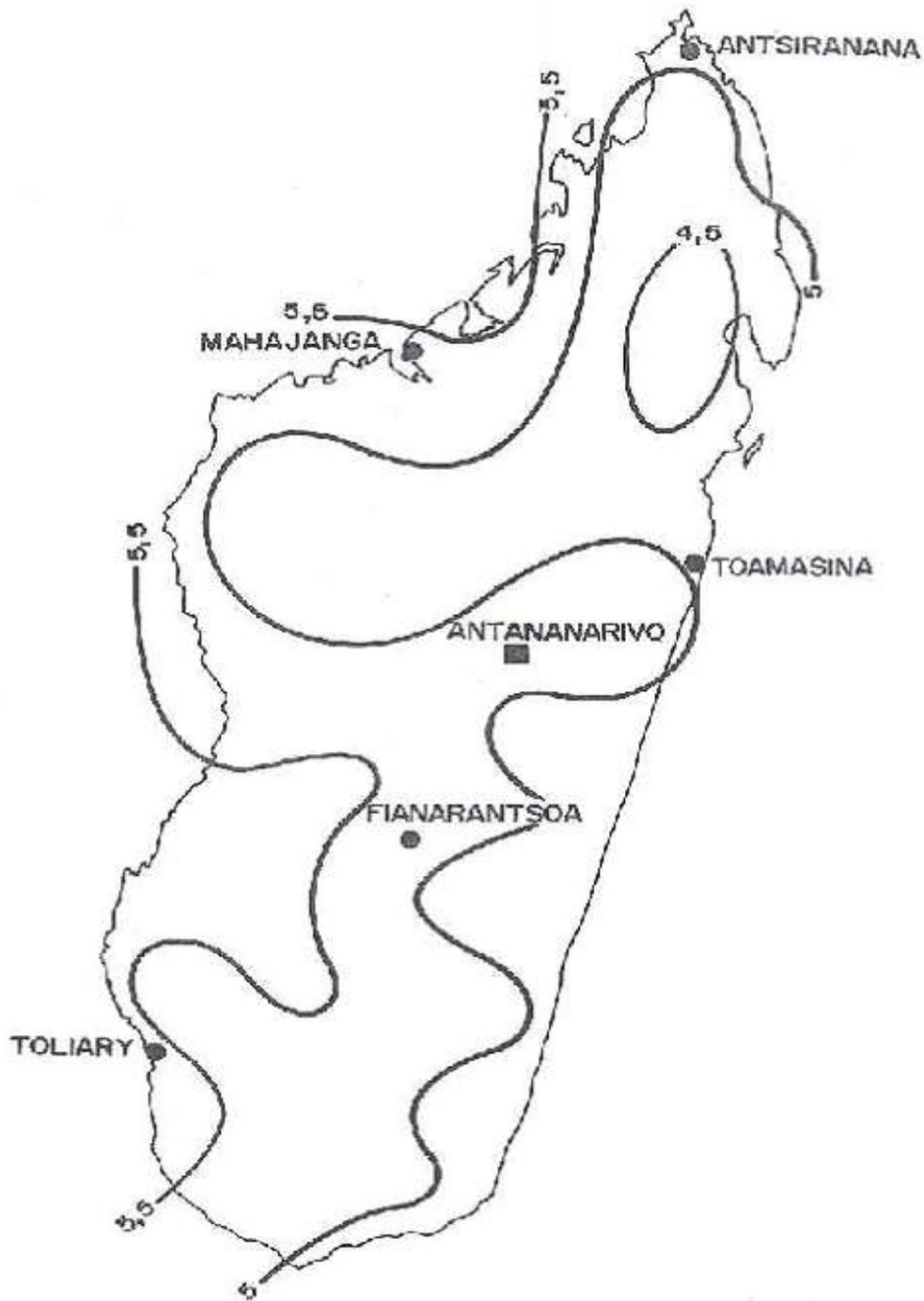
Moyen de subsistance : Les moyens de subsistance durables impliquent que les gens soient conscients de l'environnement qui les entoure. Une gestion durable de l'environnement veille à ce que les générations futures puissent elles aussi avoir les mêmes chances de jouir des fruits de la Terre.

Culture : Les pays de la région de l'océan Indien ont hérité d'une variété de savoirs culturels, de croyances, de traditions, de religions et de valeurs qui coexistent dans le même environnement. Le patrimoine culturel qui a été transmis de génération en génération crée les liens entre les gens et définit les choix de mode de vie quotidiens et la relation avec la nature.

Océan et zone côtière : dans les pays insulaires de l'océan Indien un grand nombre de personnes et d'infrastructures se trouvent sur la côte et les populations sont dépendantes des écosystèmes côtiers et marins. L'océan relie les pays de la région et d'autres régions du monde au commerce et au tourisme.

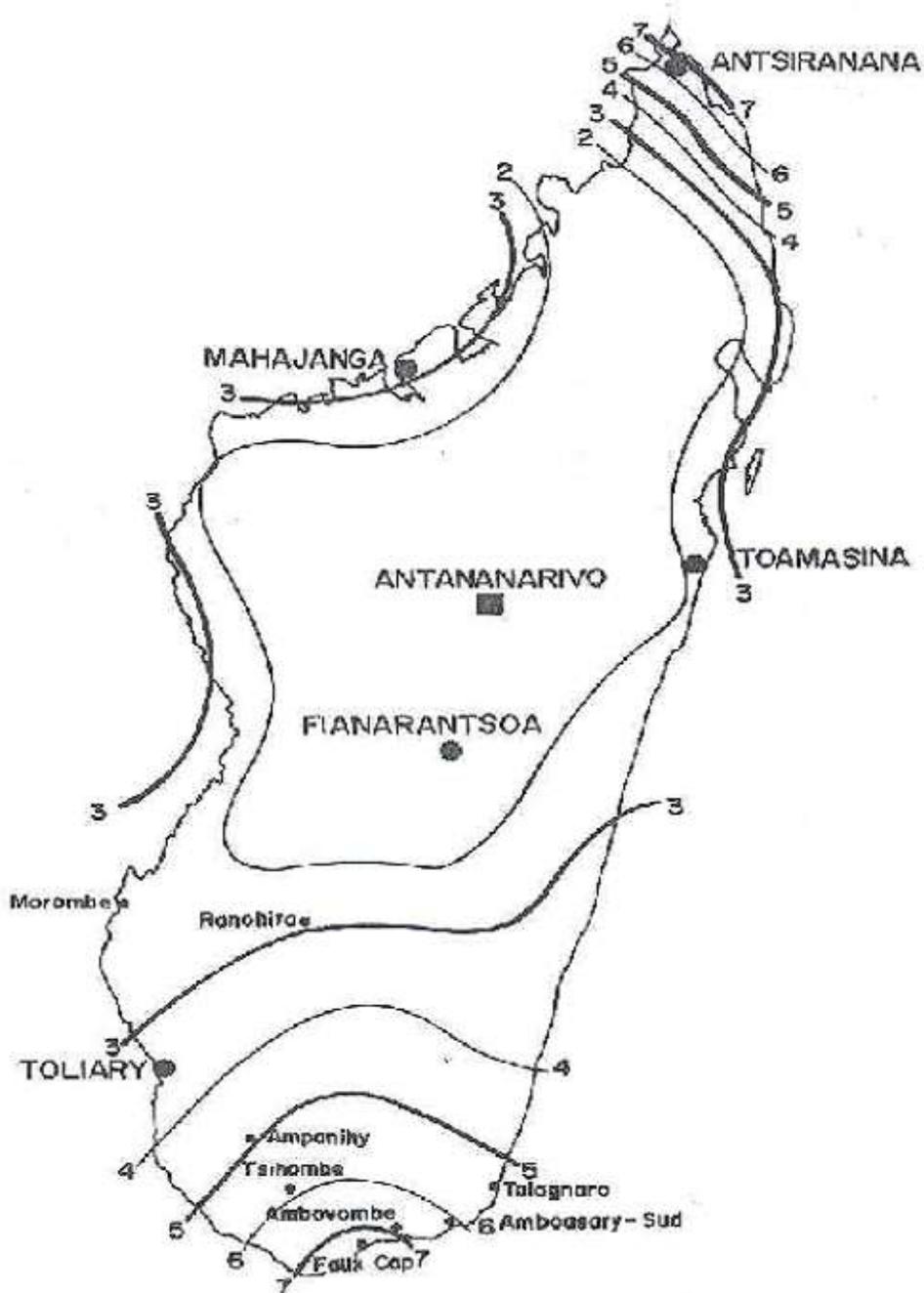
Source : (Shane, 2011)

**Annexe II : CARTES MONTRANTS LES MOYENNES ANNUELLES DE
L'IRRADIATION SOLAIRE GLOBALE**



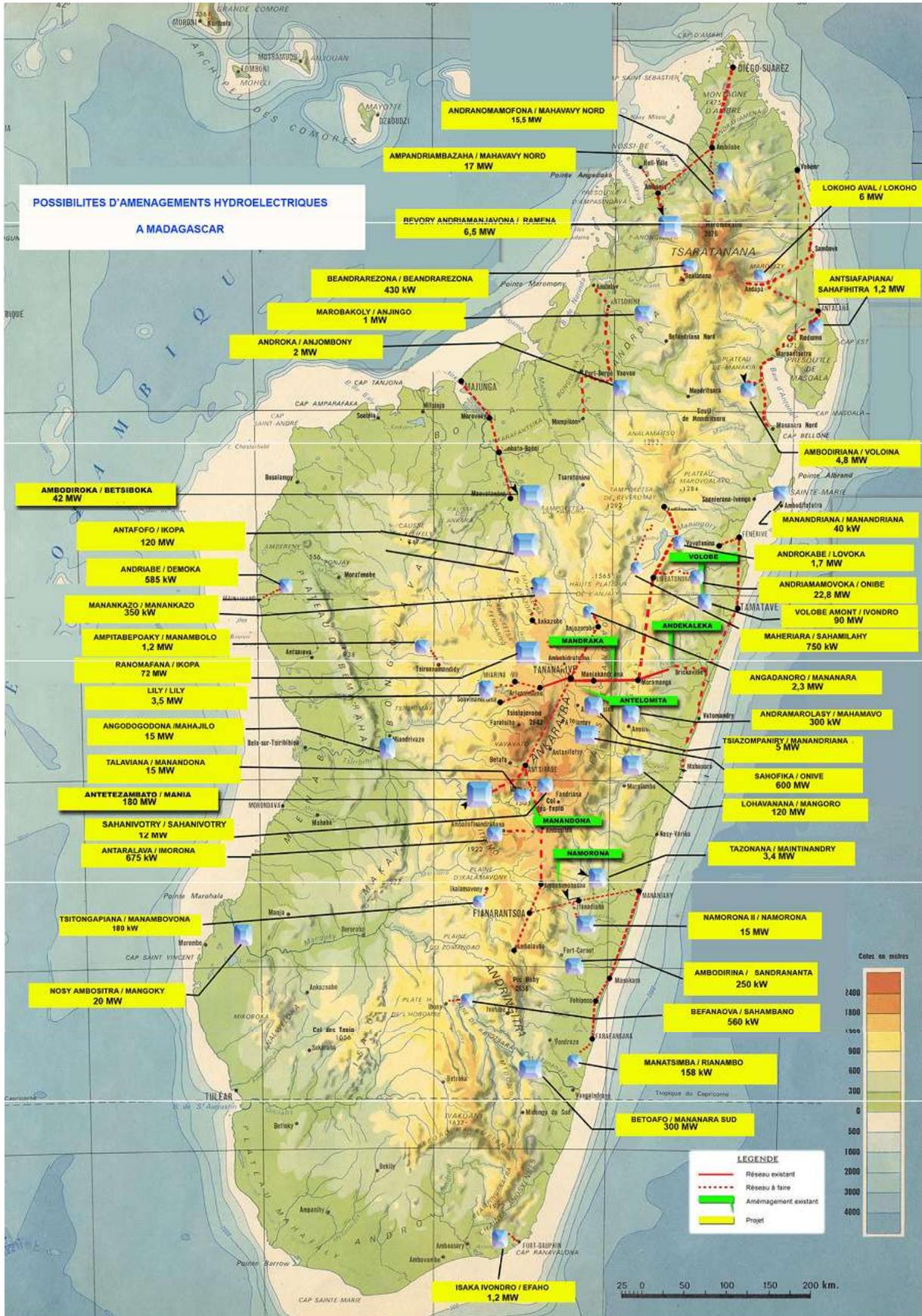
Moyenne annuelle de l'irradiation solaire globale en kWh/m²/jour
Source : Service de la météorologie nationale 2016

**ANNEXE III : CARTE MONTRANT LES VITESSES ANNUELLES MOYENNES
DE VENT**



Vitesses annuelles moyennes du vent en m/s.
Source : Service de la météorologie nationale 2016

Annexe IV : CARTE MONTRANT LES AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES (Source : JIRAMA, 2017)



Annexe V : LISTE DES LIVRES DE MEMOIRE DE CAPEN ANALYSES

Code des livres	Titres	Auteur et date	Filière de l'auteur Et cote du livre
Livre 01	Assainissement de l'environnement et production de l'énergie. Utilisation des ordures et des déchets ménages de la ville comme matière premier méthagènes	RASAMIMANANA Solompiakarana Adeline en 1989	SVT 58
Livre 02	Problème de déforestation et demande urbaine en énergie domestiques, des méthodes d'utilisation rationnelle du bois comme combustible.	RABODOHARINORO Nirina Elisoa 2016	SVT 107
Livre 03	Avantage et inconvénients des sources d'énergies utilisées par les habitants de Behitsy sur le plan économique et environnemental.	VOLOLONIAINA Ony Felana 2016	SVT 434
Livre 04	Fatana mitsitsy et ces impacts socio-économiques et environnementaux.	RAZAFINDRAMANA NA Norbert 2007	SVT 278
Livre 05	Etude de l'exploitation de charbon de bois dans la commune rural Nandihizana	RAZAOHARIMIASA Niry Tahiana 2013	SVT 343
Livre 06	Etude des diverses sources d'énergies pour la cuisson de repas dans quelques quartiers d'Antananarivo en vue de la conversion de notre patrimoine forestières.	RAMAROMIARINTS OA Solange (2015)	SVT 241
Livre 07	Biomasse et sa bio-gazéification et principale conversion énergétique.	HOLIARINIRINA Dina Miora Ratsimandresy(2014)	PC 343

Code des livres	Titres	Auteur et date	Filière de l'auteur Et cote du livre
Livre 08	Transformation de l'énergie de rayonnement solaire en énergie électrique : cas d'une plaque solaire photovoltaïque.	RANDRIAMAROFAR ANY Rova Lalalaina 2010	PC 315
Livre 09	Transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique cas de barrage hydro- électrique.	RAMANAMIHAJA Andrianiana(2016)	PC 381
Livre 10	Transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique : cas d'une éolienne.	MBE Marcellin Richard 2010	PC 282
Livre 11	Conception et élaboration d'un didacticiel sur le processus de conversion thermique de l'énergie solaire.	NALIARISOA Rovaniaina 2013	PC 324
Livre 12	Ressource numérique pour l'apprentissage de la notion d'énergie renouvelable en classe de second	RANDRIANARISOA Rado Nicol (2016)	PC 395
Livre 13	Energie solaire conversion thermique et photovoltaïque.	RASOLOMANANA Hery Andriaaina(1996)	PC 158
Livre 14	Transformation de l'énergie thermique en énergie électrique cas de la géothermie	FAISSOIL Ali (2014)	PC 326

Source : auteur 2018

Annexe VI : GRILLE D'ÉVALUATION DU DISPOSITIF

Forme générale du dispositif

1. Comment trouvez-vous la forme générale du dispositif ?

Attirante :

Moyennement attirante :

Non attirante

Justifiez votre réponse :

.....
.....

Le plan du dispositif est-il facile à comprendre ?

Cohérence verticale ou suite logique :

Désordonné :

2. Lisibilité des écritures

Lisible :

Flou :

3. Espacement

Trop espacé :

Normal :

Trop serré :

4. Couleur

Trop de couleur :

Normale :

Monotone :

Contenus :

❖ **Fonds**

5. Comment trouvez-vous les textes dans le dispositif ?

Clares :

Moyennement claires :

Complexes :

6. Le dispositif renferme-t-il des informations/connaissances intéressantes ?

Oui :

Non :

Lesquelles ?

.....
.....

Le dispositif renferme-t-il des informations inutiles ?

Beaucoup :

Moyenne :

Peu :

Lesquelles ?

.....
.....

Source : auteur 2018

Annexe VI : QUESTIONNAIRES ADRESSES AUX VENDEURS, AUX TECHNICIENS ET AUX ENSEIGNANTS

Questionnaires adressés aux vendeurs :

1° Inona avy no zavatra amidinareo mahakasika ny « angovo azo avaozina » ? Hoatrinona avy ny vidiny ? Ahoana no fampiasana azy ?

2° Mazoto mividy ireo fitaovana ireo ve ny olona raha ny fahitanao azy ? Raha eny na tsia inona no mety ho antony raha ny hevitrao?

3° Iona avy ireo tombotsoa sy ny lesoka azo avy amin'ny fampiasana ny angovo azo avaozina raha ny hevitrao?

Questionnaires adressé aux techniciens :

1° Ahoana ny fanaovana « fatanamitsistsy » / « briquettes ardentes » / « carbonisation améliorée » ?

2° Inona avy ireo tombotsoa azo avy amin'izy ireo? Inona avy koa ireo mety ho lesoka?

Questionnaires adressé aux enseignants :

1° Ahoana no fahitaonao amin'ny ankapobeany ilay « dispositif » ?

2° Inona amin'ireo « themes » ao ireo no eritreretinao ho ampianarina any ampianarana? Azavao ny anton'ny safidinao.

Source : auteur 2018