

## **SOMMAIRE**

<b>Liste des figures.....</b>	<b>3</b>
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>3</b>
<b>Glossaire.....</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>5</b>
<b>CHAPITREI:.....</b>	<b>6</b>
<b>I-1°) Introduction .....</b>	<b>7</b>
<b>I-2°) Le département de Kébémer, localisation et limites géographiques : .....</b>	<b>7</b>
<b>I-3°) Conclusion.....</b>	<b>7</b>
<b>CHAPITREII: .....</b>	<b>10</b>
<b>I) Introduction.....</b>	<b>11</b>
<b>II-1.1) Les combustibles solides : La biomasse .....</b>	<b>11</b>
<b>II-1.1.1) Le bois et le charbon de bois.....</b>	<b>11</b>
<b>II-1.1.1.1) Source .....</b>	<b>11</b>
<b>II-1.1.1.2) Utilisation .....</b>	<b>11</b>
<b>II-1.1.2) Déchets agricoles .....</b>	<b>11</b>
<b>II-1.1.2.1) Source .....</b>	<b>11</b>
<b>II-1.1.2.2) Utilisation .....</b>	<b>11</b>
<b>II-1.1.3) Fumier.....</b>	<b>12</b>
<b>II-1.1.3.1) Source : .....</b>	<b>12</b>
<b>II-1.1.3.2) Utilisation : .....</b>	<b>12</b>
<b>II-1.2) Les combustibles liquides et gazeux .....</b>	<b>12</b>
<b>II-1.2.1) Sources : .....</b>	<b>12</b>
<b>II-1.2.2) Utilisation : .....</b>	<b>12</b>
<b>II-1.3) Avantages et inconvénients des combustibles.....</b>	<b>13</b>
<b>II-2) Energie électrique du réseau.....</b>	<b>13</b>
<b>II-2.1) Source .....</b>	<b>13</b>
<b>II-2.2) Utilisation de l'énergie électrique: .....</b>	<b>14</b>
<b>II-2.3) Avantages et inconvénients .....</b>	<b>16</b>
<b>II-3) Energie éolienne .....</b>	<b>17</b>
<b>II-3.1) Source : .....</b>	<b>17</b>
<b>II-3.2) Utilisation .....</b>	<b>18</b>
<b>II-3.3) Puissance d'une éolienne .....</b>	<b>18</b>
<b>II-3.4) Avantages et inconvénients de l'énergie éolienne.....</b>	<b>19</b>
<b>II-3.5) Etude de l'éolienne du village de NDIEYE : .....</b>	<b>20</b>
<b>II-4) Energie solaire .....</b>	<b>20</b>
<b>II-4.1) Le système photovoltaïque .....</b>	<b>21</b>
<b>II-4.1.1) Les modules : .....</b>	<b>22</b>
<b>II-4.1.2) Les accumulateurs.....</b>	<b>24</b>
<b>II-4.1.3) Régulateur de charge .....</b>	<b>27</b>
<b>II-4.1.4) Onduleur .....</b>	<b>28</b>
<b>II-4.2) Utilisation de l'énergie solaire .....</b>	<b>28</b>

<b>II-4.3) Avantages et inconvénients .....</b>	<b>30</b>
<b>III) Place de l'énergie solaire par rapport aux autres types d'énergies utilisées dans le département de Kébémer .....</b>	<b>31</b>
<b>IV) Conclusion : .....</b>	<b>31</b>
<b>CHAPITRE III : .....</b>	<b>32</b>
<b>I) Introduction:.....</b>	<b>33</b>
<b>II) Les différents kits .....</b>	<b>33</b>
<b>II-1) Les kits PR .....</b>	<b>33</b>
<b>II-1.1) Petits modèles .....</b>	<b>34</b>
<b>II-1.2) Grands modèles.....</b>	<b>34</b>
<b>II-2) Les kits PRF.....</b>	<b>35</b>
<b>II-3) Les kits PRP .....</b>	<b>36</b>
<b>II-4) Avantages .....</b>	<b>37</b>
<b>II-5) Conclusion : .....</b>	<b>37</b>
<b>Conclusion Générale et perspectives.....</b>	<b>38</b>

## **Liste des figures**

<b>Figure 1 : Carte du département de Kébémer -----</b>	<b>9</b>
<b>Figure 2: Positionnement dé Kébémer dans l'espace Sénégalais -----</b>	<b>10</b>
<b>Figure 3 : L'éolienne de NDIEYE -----</b>	<b>17</b>
<b>Figure 4 : Principe d'une installation autonome:-----</b>	<b>21</b>
<b>Figure 5 : Module monocristallin -----</b>	<b>22</b>
<b>Figure 6 : Module polycristallin-----</b>	<b>22</b>
<b>Figure 7 : Module amorphe -----</b>	<b>22</b>
<b>Figure 8 : Association de cellules en série -----</b>	<b>23</b>
<b>Figure 9 : Un accumulateur au plomb -----</b>	<b>24</b>
<b>Figure 10 : Caractéristique courant-tension de la batterie -----</b>	<b>27</b>
<b>Figure 11 : Un régulateur de charge:-----</b>	<b>27</b>
<b>Figure 12 : Un onduleur -----</b>	<b>28</b>
<b>Figure 13 : Différentes installations des kits PR -----</b>	<b>32</b>
<b>Figure 14 : Différentes installation des kits PRF-----</b>	<b>34</b>
<b>Figure 15 : Installation d'un kit PRP -----</b>	<b>35</b>

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau1 : Dépenses moyennes mensuelles dans les ménages non électrifiés en éclairage et chauffage</b>	
<b>Tableau 2 : Définition d'un niveau de services et la répartition des ménages dans chaque niveau -----</b>	<b>15</b>
<b>Tableau 3 : Dépenses moyennes mensuelles effectuées pour chaque niveau -----</b>	<b>15</b>
<b>Tableau 4 : Estimation de la consommation énergétique pour chaque niveau -----</b>	<b>16</b>
<b>Tableau 5 : Dépenses moyennes bimestrielles pour chaque niveau de services dans les zones non électrifiées</b>	
<b>Tableau 6 : Nombre de ménages concernés pour chaque niveau de service -----</b>	<b>29</b>
<b>Tableau 7 : Consommation énergétique pour chaque niveau de service-----</b>	<b>29</b>
<b>Tableau 8 : Dépenses moyennes bimestrielles pour chaque niveau de services dans les ménages utilisant les panneaux solaires selon le tarif de la SENELEC</b>	
<b>Tableau 9 : Quelques kits PR avec les éléments qu'ils peuvent alimenter et leurs durées de fonctionnement -----</b>	<b>33</b>
<b>Tableau 10 : Les modèles de réfrigérateurs a vec ses d ifférentes caractéristiques de fonctionnement et les kits conseillés -----</b>	<b>35</b>
<b>Tableau 11 : Modèle d'une pompe avec ses caractéristiques et le kit conseillé -----</b>	<b>36</b>

## Glossaire

Symboles ou mots	Signification ou désignation	Unités
Louga, Dakar,Thies,DioubelFatick	Noms de régions du Sénégal	
Kébemer, Louga, Linguère	Départements de la région de Louga	
Tivaoune	Département de la région Thiès	
Mbacké,Touba	Départements de Diourbel	
Darou Mousty, Fass boye, Lompoul, ,Ndande,DarouMarnane,Ndoyenne,Thiep pe, Diokoul,Ndiwrigne,Thiolom fall,Gad kébé, Thieneba cayor, Khelli thioub, Kandalla, Wadane sougou, Toby diop,Ndieye, Ndiguel fall	Villages du département de Kébemer	
Foundiougne	Département de Fatick	
SENELEC	Société National d'électricité	
P	Puissance	watt
$\rho$	Masse volumique de l'air	Kg/m <sup>3</sup>
S	Section balayée par les pales	m <sup>2</sup>
V	La vitesse	m/s
PR, PRP et PRF	Marque des kits solaires	
PV	Photovoltaïque	
W <sub>c</sub>	Puissance crête	watt
I <sub>cc</sub>	Courant de court-circuit	A
V <sub>co</sub>	Tension à vide	Volt
P <sub>max</sub>	Point de puissance maximum	watt
CdS	Sulfure de cadmium	
CdTe	Tellure de cadmium	
U	La tension	Volt (V)
E	Force électromotrice	Volt (V)
C	La capacité	Ah
$\tau$	Taux d'auto-décharge	%
Q <sub>as</sub>	Capacité avant stockage	Ah
Q <sub>ps</sub>	Capacité après stockage	Ah

## INTRODUCTION GENERALE

Les besoins énergétiques dans le monde ne cessent d'augmenter. Entre 1950 et 1990 la production de la consommation mondiale d'électricité est passée de 1 milliard de KWh à 11,5 milliards de KWh [1]. Les deux tiers de ces sources d'énergies sont des énergies fossiles (c'est-à-dire énergie non renouvelable). Les risques réelles d'épuisement de ces énergies non renouvelables (charbon, pétrole et gaz naturel) à terme nous font considérer de plus en plus les sources d'énergies renouvelables (la biomasse, l'énergie hydraulique, l'énergie éolienne et l'énergie solaire)

Au Sénégal, la société nationale d'électricité (SENELEC) est chargée de la distribution et la commercialisation d'électricité. Elle possède une puissance de 295,6MW et produit environ 1000GWh par an pour une consommation de 300.000T de produits pétroliers .Malgré ces efforts, 25% seulement de la demande nationale est satisfaite. [2]

Le déficit énergétique de 60MW accompagne le déséquilibre dans l'accès à l'électricité entre la zone urbaine (50%) et le milieu rural (5%) [2]

Dans le département de Kébémer la mise en place de stratégies efficaces pour la promotion du développement énergétique est quasi absente des initiatives des collectivités locales, sous prétexte que ce domaine est une compétence laissée à l'initiative de l'état central.

Ainsi pour pallier l'insuffisance d'informations appropriées sur les différents types d'énergies utilisées dans le département de Kébémer, préalable indispensable à une bonne politique énergétique, nous avons choisi le thème: « **Utilisation de l'énergie dans le département de Kébémer (SENEGAL)-Place de l'énergie solaire** »

Dans cette étude nous allons:

- Donner la situation géographique de Kébémer dans le premier chapitre
- Etudier les différents types d'énergies utilisées dans le chapitre II
- Dans le chapitre III, présenter les différents kits solaires utilisés dans le département de Kébémer
- Enfin dégager la conclusion et proposer des perspectives d'étude de ce travail.

**CHAPITRE I:**  
**SITUATION GEOGRAPHIQUE**

### **I-1°) Introduction**

La zone d'étude s'identifie au département de Kébémer. Il est l'un des trois départements de la région de Louga. Cette dernière se trouve dans la région naturelle du bassin arachidier.

### **I-2°) Le département de Kébémer, localisation et limites géographiques :**

Situé à environ 165km de Dakar, le département de Kébémer a une superficie de 3823km<sup>2</sup> et abrite une population de 201000 hbts en 2001 soit une densité de 53hbts au km<sup>2</sup>. Il est administrativement constitué de la commune de Kébémer avec 14000 hbts (7 % du département) et de trois arrondissements abritant 16 communautés rurales peuplées de 187000 hbts (93 % de la population totale du département) [3].

Kébémer constitue avec Linguère et Louga, les départements de la région administrative de Louga. Cette dernière abrite une population qui est environ 729606 habitants en 2005 et couvre une superficie 24847km<sup>2</sup>, soit 12,60 % de la population nationale [3].

La figure1 montre que le département de Kébémer est limité à l'est et au nord respectivement par les départements de Linguère et de Louga. L'Océan Atlantique à l'ouest, le département de Mbacké et celui de Diourbel au sud-est et le département de Tivaouane au sud-ouest constituent les autres limites de cette localité. Kébémer, chef lieu du département est la seule ville officielle mais, Darou Mousty, qui reste encore un village sur la demande du marabout est plus important que Kébémer au plan démographique, en équipements et du dynamisme économique

### **I-3°) Conclusion**

La figure 2 montre que le département de Kébémer a une position très avantageuse. Il est entre Dakar -Saint Louis et se situe à l'intersection de la voie qui mène à Touba (en passe de devenir la deuxième ville du pays avec près de 600.000hbts). De même Kébémer s'ouvre sur l'océan atlantique le comme montre la figure 1.

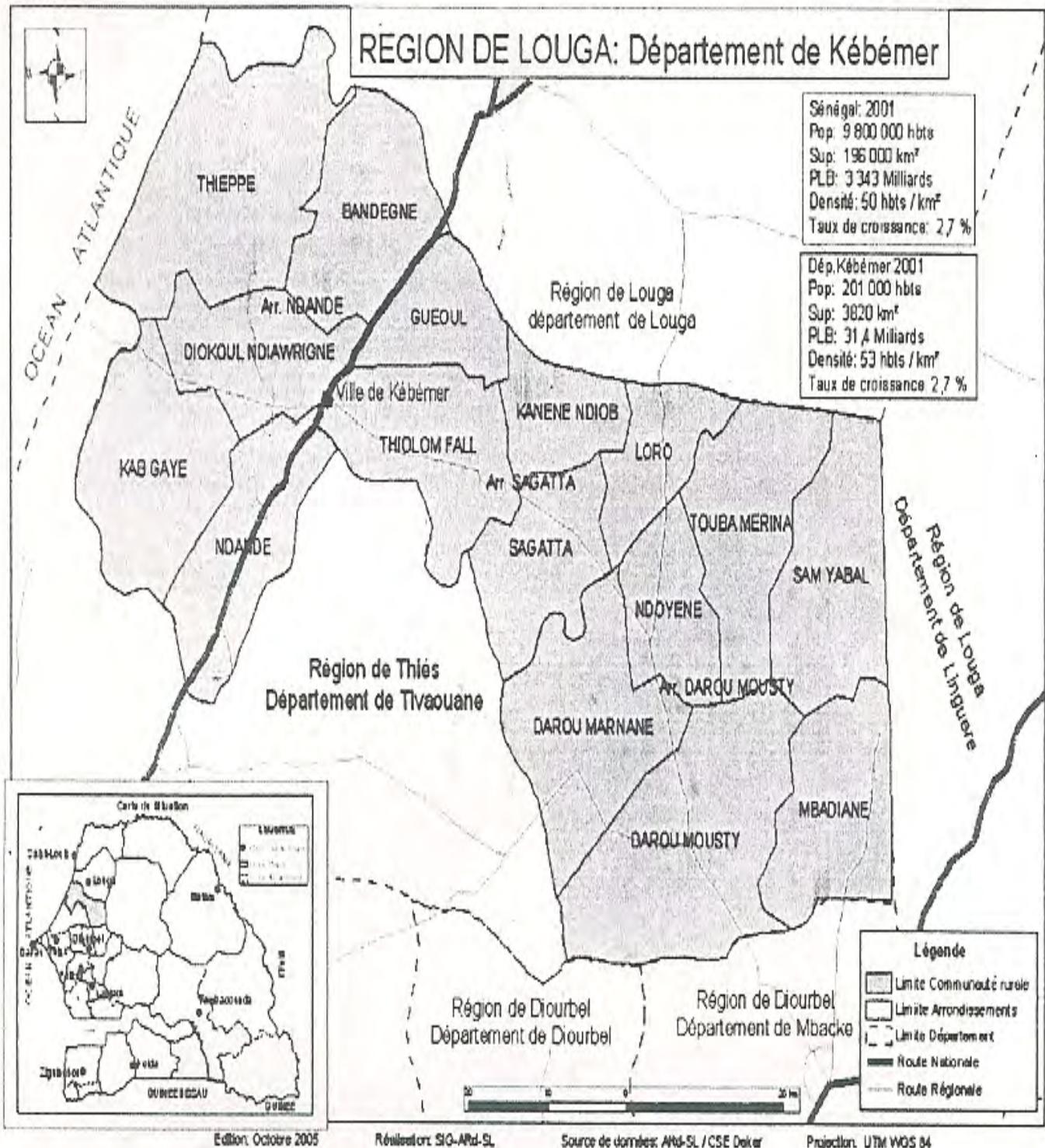
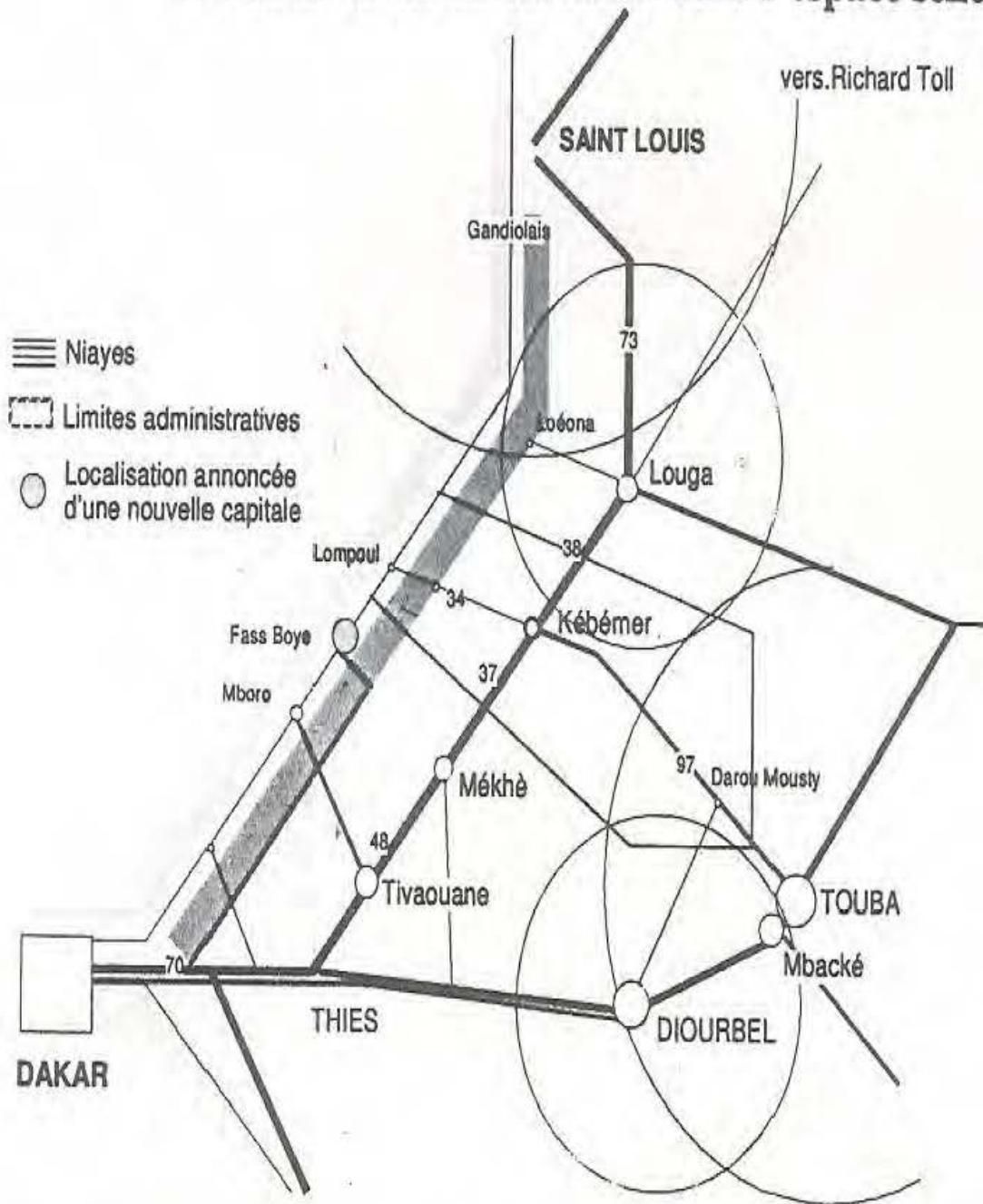


Figure 1 : Carte du département de Kébémer

## Positionnement de Kébemer dans l'espace sénégalais



N.B. Les cercles représentent les aires d'influence potentielle des centres urbains secondaires par rapport à Kébemer. Le reste est sous l'influence directe de Dakar (sauf la périphérie immédiate de Thiès Tivaouane).

Figure 2 : Positionnement de Kébemer dans l'espace Sénégalais

## **CHAPITREII:**

**Présentation des différents types d'énergies utilisées dans le département de  
KEBEMER**

## **I) Introduction**

Les énergies utilisées dans le département de Kébémer sont diverses et très variées. Ainsi dans ce chapitre nous allons étudier les différents types d'énergies utilisées dans ce département. Pour chaque type d'énergie, nous donnerons sa source, ses utilisations et dégager leurs avantages et inconvénients.

## **II) Les différents types d'énergies utilisées dans le département de Kébémer**

### **II-1) Les combustibles**

#### **II-1.1) Les combustibles solides : La biomasse**

La biomasse est la masse totale des organismes vivants présents sur une surface déterminée ou des organismes appartenant à un ensemble d'espèces.

L'«énergie de la biomasse» désigne l'énergie pouvant être extraite directement ou indirectement de matériaux biologiques. Le bois, les déchets agricoles et le fumier restent les principaux sources d'énergie dans beaucoup de pays comme le Sénégal et en particulier dans le département de Kébémer.

##### **II-1.1.1) Le bois et le charbon de bois**

###### **II-1.1.1.1) Source**

-Le bois provient presque de tous les arbres existants dans le département. Puisque Kébémer appartient à une zone steppique (semi-aride), les bois les plus utilisés sont ceux provenant des arbres épineux comme le Kad (*Acacia albida*), le sing (*Acacia nilotica*) et le Soumpe (*Balanites aegyptiaca*) car constituant l'essentiel de la végétation de Kébémer.

-Le charbon de bois (bois incomplètement calciné) utilisé dans le département est importé à partir d'autres régions du Sénégal.

###### **II-1.1.1.2) Utilisation**

La combustion du bois ou du charbon de bois dans le dioxygène de l'air produit de l'énergie sous forme de chaleur. L'énergie dégagée est utilisée pour faire la cuisine, le chauffage domestique, l'éclairage etc.

##### **II-1.1.2) Déchets agricoles**

###### **II-1.1.2.1) Source**

Ils sont essentiellement constitués de la paille de diverses céréales cultivées et des herbes.

###### **II-1.1.2.2) Utilisation**

La paille représente un combustible aussi intéressant que le charbon de bois ou le bois. Mais chaque année la majeure partie est inutilisée ou brûlée dans les champs. A cela s'ajoute la désertification qui est favorisée par de nombreuses pratiques humaines parmi les

quelles le surpâturage, une surexploitation des terres, une utilisation excessive du bois de chauffage etc.

Au-delà de son utilisation comme combustible, les déchets agricoles sont utilisés comme fertilisant des sols.

#### **II-1.1.3) Fumier**

##### **II-1.1.3.1) Source :**

Ce sont les excréments des bêtes comme les bœufs, les chevaux etc. Kébémer, proche de la zone sylvo-pastorale, son nombre de cheptels assez important produit beaucoup de bouses.

##### **II-1.1.3.2) Utilisation :**

Les bouses de vache sont utilisées pour le chauffage dans certains ménages car elles sont de très bons combustibles (dégagent beaucoup de chaleur). Mais seulement l'odeur dégagée freine leur utilisation. En général, le fumier est utilisé essentiellement comme fertilisant des sols.

### **II-1.2) Les combustibles liquides et gazeux**

##### **II-1.2.1) Sources :**

Ces combustibles proviennent essentiellement du pétrole et des gaz naturels. Ces produits subissent des opérations de raffinages très poussées pour obtenir ces types de combustibles.

##### **II-1.2.2) Utilisation :**

Les combustibles liquides sont essentiellement le diesel, l'essence, le gazole, et le pétrole. L'essence, le gazole, le diesel sont stockés dans les stations existantes dans le département, destinés à alimenter les véhicules et certaines unités de productions (exemple : boulangerie, les groupes électrogènes, etc.). Le pétrole est utilisé pour l'éclairage.

Pour ce qui est des combustibles gazeux (butane, le propane etc.), ils sont mis dans des bonbonnes destinées à l'éclairage et au chauffage domestique.

L'éclairage et le chauffage constituent le principal souci des populations rurales. Ils nécessitent une certaine dépense.

#### **➤ Dépenses moyennes pour le chauffage et l'éclairage dans les ménages**

Les dépenses moyennes mensuelles des différents types de combustibles utilisés pour l'éclairage et le chauffage dans les ménages du département de Kébémer sont regroupées dans le tableau 1 ci-dessous :

	Piles torche	pétrole	Bougie	Bonbonne de gaz	bois	Bouses de vache
Nombre de ménages concernés	30	30	30	30	30	30
Dépenses moyennes Mensuelle (Fcfa)	2085	740	415	7875	0	0

**Tableau1 : Dépenses moyennes mensuelles dans les ménages non électrifiés en éclairage et chauffage**

Les dépenses en piles de torche sont plus importantes que celles de la bougie et du pétrole. Depuis l'avènement des lampes torche chinois, les populations n'utilisent que ces dernières car elles sont plus économiques et plus sécurisantes. Par contre les dépenses en bois et en bouses de vache sont nulles. Les bonbonnes de gaz commencent à prendre place petit à petit dans les ménages (en zone rurale) parce que le bois devient de plus en plus rare.

### **II-1.3) Avantages et inconvénients des combustibles**

La biomasse : elle reste le combustible le plus utilisé dans les zones rurales comme le département de Kébémer. Elle est disponible, accessible aux populations et produit une quantité faible de CO<sub>2</sub>. Son coût est aussi très faible. Mais son utilisation présente quelques inconvénients. Elle est la cause de plusieurs feux de brousse et menace considérablement les forêts si l'utilisation n'est pas contrôlée. Il y'a aussi la désertification qui transforme la région semi-aride ou subhumide en une région aride et désertique.

Pour les combustibles liquides et gazeux : ils restent très adaptés aux transports, à la cuisine, par leurs qualités et aussi leurs coûts.

Cependant on note quelques inconvénients :

- ils polluent l'atmosphère
- ils dégagent une quantité de CO<sub>2</sub> importante
- sa répartition est inégale
- son utilisation est sources d'accidents comme les incendies

## **II-2) Energie électrique du réseau**

### **II-2.1) Source**

Au Sénégal la société nationale d'électricité (SENELEC) produit l'électricité à partir de deux sources : la source thermique et la source hydraulique.

Une fois que l'énergie est produite dans les centrales (thermiques ou hydrauliques), le transport du courant vers les foyers de consommation se fait au moyen de lignes électriques à haute tension.

La centrale électrique du cap des biches (source thermique) et le barrage de Manantali (source hydraulique) alimentent le département de Kébémer en énergie électrique à partir du réseau de la SENELEC.

On utilise aussi dans le département des groupes électrogènes dans les localités non électrifiées.

Ils sont aussi utilisés lors des coupures intempestives d'électricité dans les zones électrifiées.

Un groupe électrogène est un dispositif autonome capable de produire de l'électricité, ils fonctionnent à base de carburants. Les plus fréquents sont l'essence, le gazole, le gaz naturel, les biocarburants et pour les plus puissants le fioul lourd. Ses inconvénients sont :

- coût est élevé (principal handicap)
- pollution de l'atmosphère
- dégagement de CO<sub>2</sub>
- production d'un bruit parfois fort qui dérange l'entourage

## **II-2.2) Utilisation de l'énergie électrique:**

L'électricité est utilisée dans le département à diverses fins. Elle permet l'éclairage public et domestique. Elle alimente les appareils électroménagers : radios, radios K7, TV (N&B), TV couleur, réfrigérateurs, congélateurs, ventilateurs, climatiseurs, vidéos, antennes paraboliques, téléphones, etc. Elle assure le fonctionnement des appareils ou engins à usage communautaire comme les forages, les moulins à mil, boulangeries. Elle alimente aussi des unités de transformation ou de production comme le quai de pêche de Lompoul.

Les premières localités électrifiées dans le département de Kébémer sont : la commune de Kébémer, les chefs lieux d'arrondissement (Ndande, Darou Mousty et Sagatta) et certains chefs lieux de communautés rurales (Darou Marnane, Ndoyène, Thieppé, Diokoul-Ndiawrigne, Thiolom Fall, etc.). Par la suite d'autres villages se sont électrifiés : Gad Kébé, Thienaba cayor, Khelli Thioub, Kandalla, etc.

Dans sa politique d'électrification rurale, le gouvernement a pu électrifié d'autres villages via le projet L'ASER : Lompoul sur mer, Lompoul-village, Wadane Sougou, Toby Diop, etc.

Mais le taux d'électrification est toujours faible.

Cependant la consommation mensuelle en énergie de chaque ménage et les dépenses correspondantes sont notifiées par la facture que la SENELEC envoie chaque bimestre dans les maisons.

Dans les zones non électrifiées, on retrouve certains de ces appareils cités au début du paragraphe. Ils sont alimentés souvent par des batteries ou des piles dans ces localités.

L'énergie consommée et les dépenses correspondantes pour le fonctionnement de ces appareils ont été évaluées dans le département à l'aide des enquêtes effectuées dans le département.

Ces enquêtes ont été réalisées sur 10 villages et dans 30 ménages du département de Kébémer.

❖ **Dépenses moyennes mensuelles et consommation énergétique**

➤ **Dépenses moyennes mensuelles**

Selon la grandeur des ménages on définit certains niveaux de services et la répartition des ménages dans chaque niveau.

Le tableau ci-dessous indique les niveaux de services en fonction des appareils utilisés

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
2-3 lampes torches	3-5 lampes torches	Plus de 5 Lampes torches
Radio	Radio	Radio
	TV (N&B) ou RK7	TV couleur

**Tableau 2 : Définition d'un niveau de services et la répartition des ménages dans chaque niveau**

Ainsi les dépenses mensuelles effectuées pour chaque niveau sont données par le tableau ci-dessous

	NS1	NS2	NS3
Nombre de ménages concernés	4	6	9
Dépenses moyennes mensuelles (Fcfa)	2900	4435	7700
Dépenses moyennes bimestrielles (Fcfa)	5800	8870	15400

**Tableau 3 : Dépenses moyennes mensuelles effectuées pour chaque niveau**

La dépense mensuelle augmente en fonction des niveaux parce que le nombre d'appareils utilisés est plus important en passant d'un niveau supérieur.

➤ **Estimation de la consommation énergétique**

Selon les appareils utilisés pour chaque niveau, on regroupe dans le tableau ci-dessous les consommations journalières et mensuelles des ménages concernés

	Nombre	Puissance unitaire (Watt)	Durée moyenne de fonctionnement(h /j)	Consommation journalière(Wh/j)	Consommation mensuelle (kWh/mois)	
Lampes torches	3	0,2	3	1,8	0,054	NS1
Radio	1	150	5	750	22,5	
<b>Total</b>		<b>150,2</b>		<b>751,8</b>	<b>22,554</b>	
Lampes torches	5	0,2	3	3	0,09	NS2
Radio	1	150	5	750	22,5	
TV (N&B)	1	15	3	45	1,35	
<b>Total</b>		<b>165,2</b>		<b>798</b>	<b>22,94</b>	
Lampes torches	7	0,2	3	4,2	0,126	NS3
Radio	1	150	5	750	22,4	
TV couleur	1	48	3	144	4,32	
<b>Total</b>		<b>198,2</b>		<b>898,2</b>	<b>26,846</b>	

**Tableau 4 : Estimation de la consommation énergétique pour chaque niveau**

L'énergie consommée mensuellement augmente d'un niveau à un niveau supérieur. Cependant elle reste faible.

Calculons les dépenses moyennes bimestrielles correspondantes à la consommation énergétique pour chaque niveau de services.

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 5

	NS1	NS2	NS3
Consommation mensuelle (kWh)	22,554	22,94	26,846
Consommation bimestrielle (kWh)	45,108	45,88	53,692
Dépenses moyennes bimestrielles selon les tarifs de la SENELEC (Fcfa)	5534	5614	6421

**Tableau 5 : Dépenses moyennes bimestrielles pour chaque niveau de services dans les zones non électrifiées selon le tarif de la SENELEC**

Pour NS1 les dépenses bimestrielles sont presque égales dans les tableaux 3 et 5. Mais à partir du premier niveau les dépenses bimestrielles obtenues dans le tableau 3 sont plus faibles. On remarque même pour NS3 que la dépense bimestrielle dans le tableau 3 est plus le double de celle obtenue dans le tableau 5. Donc les populations gagneraient plus si elles bénéficiaient de

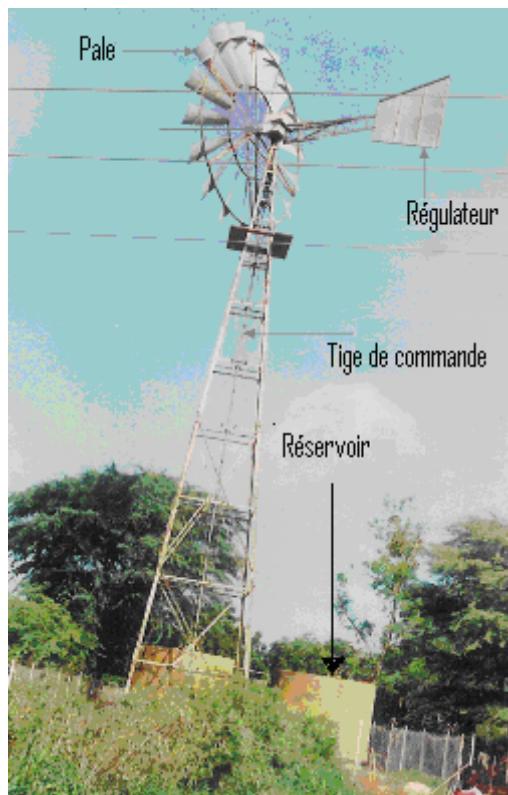
l'électricité. On peut donc dire que l'électrification rurale est une matière de lutter contre la pauvreté.

### **II-2.3) Avantages et inconvénients**

L'énergie électrique a engendré beaucoup d'avantages. Elle a amélioré considérablement le cadre de vie de l'homme dans beaucoup de domaines.

Cependant l'énergie électrique a quelques inconvénients. Elle occasionne des accidents qui aboutissent à des pertes de vie comme les incendies, les électrocutions etc. Elle nécessite des moyens financiers du fait qu'elle ne cesse d'augmenter. Sa production dégage des gaz à effet de serre et beaucoup de CO<sub>2</sub>

### **II-3) Energie éolienne**



**Figure 3 : L'éolienne de NDIEYE**

#### **II-3.1) Source :**

L'énergie éolienne est l'énergie cinétique du vent utilisée après conversion en énergie électrique ou mécanique. Cette énergie résulte de la force exercée par le vent sur les pales d'une hélice montée sur un arbre rotatif, lui-même reliée soit à des systèmes mécaniques

qui s'ervent à moudre des grains ou pour l'eau, soit à un aérogénérateur qui transforme l'énergie en énergie électrique.

### **II-3.2) Utilisation**

Dans le département de Kébémer, l'énergie éolienne est utilisée pour le pompage de l'eau, connue sous le nom de forage. Sous l'effet du vent, même faible, les nombreuses pales tournent (mouvement rotatif) et par l'intermédiaire de la tige de commande, entraînent un piston (mouvement de va et vient) qui aspire l'eau du puits. Cette eau est déversée dans des réservoirs et qui à leur tour sont raccordés à un ou plusieurs robinet(s).

Normalement les éoliennes sont conçues pour démarrer à des vitesses de vent de 3 à 5 m/s. On appelle cette vitesse la vitesse de démarrage. L'éolienne est normalement programmée pour s'arrêter automatiquement lorsque le vent souffle à plus de 25km/h. Cette vitesse est appelée vitesse de coupure.

Le régulateur est un dispositif de régulation et de freinage par basculement de l'éolienne. Il modifie les efforts de l'air sur les pales. Il agit de façon à sortir le rotor (ou arbre rotatif composé de 18 pales et du nez de l'éolienne) du lit du vent pour diminuer ses efforts sur les pales. La force du vent comprime un ressort qui maintient, en temps normal la tête de l'éolienne verticale.

On trouve les éoliennes dans certains villages du département comme par exemple à NDIEYE, NDIGUEL FALL etc.

Dans le département de Kébémer les éoliennes sont en voie de disparition car elles ne sont pas entretenues. En lieu et place, on a des forages qui fonctionnent avec de l'électricité ou du carburant. Ces dernières coûtent plus chères à la population, mais malheureusement les elles préfèrent plus.

### **II-3.3) Puissance d'une éolienne**

Quelque soit le type d'éolienne, la puissance produite augmente de façon spectaculaire au fur et à mesure que s'accroît la vitesse du vent.

La puissance du vent contenue dans un cylindre de section  $S$  est :

$$P_{cinétique} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^3 \quad (1)$$

**Erreur ! Signet non défini.Erreur ! Signet non défini.** $\rho$ : masse volumique de l'air (air atmosphérique sec, environ : 1,23 kg/m<sup>3</sup> à 15 °C et à pression atmosphérique 1,0132 bar)

$V$  : vitesse du vent en m/s

La puissance récupérable est inférieure, puisque l'air doit conserver une énergie cinétique résiduelle pour qu'il subsiste un écoulement. Albert Betz a démontré que l'énergie récupérable était maximale lorsque :

$$V_{sortie} = \frac{1}{3} V_{incidente} \quad (2)$$

Ainsi la puissance maximale (P en kW) fournie par une éolienne interceptant une section ( $m^2$ ) d'un vent soufflant à une vitesse V(en m/s) est donnée par la formule :

$$P_{max} = \frac{16}{27} \cdot P_{cinétique} = \frac{8}{27} \rho \cdot S \cdot V^3 \quad (3)$$

S : est la section balayée par les pales du rotor

La direction du vent est toujours perpendiculaire à la surface balayée par les pales.

Le rendement maximal théorique d'une éolienne est ainsi fixé à,  $\frac{16}{27}$  soit environ 59,3 %. Ce

chiffre ne prend pas en compte les pertes d'énergie occasionnées lors de la conversion de l'énergie mécanique du vent en énergie électrique.

Par conséquent, les éoliennes situées dans les endroits les plus exposés aux vents sont les plus rentables. La vitesse dépend en plus du relief, du lieu et augmente avec la hauteur au dessus du niveau du sol.

#### II-3.4 Avantages et inconvénients de l'énergie éolienne

##### ❖ Avantages.

L'énergie éolienne est une énergie renouvelable qui présente beaucoup d'avantages :

- C'est une forme d'énergie durable et propre.
- Elle ne nécessite aucun carburant, pas de dégagement de CO<sub>2</sub>.
- Elle ne crée pas de gaz à effet de serre (sauf si l'on considère que ce type d'énergie est intermittent et nécessite l'utilisation de centrales thermiques constamment au ralenti afin de réguler les variations imprévisibles de la production éolienne).
- Elle n'occupe pas un espace important.
- Elle ne produit pas de déchets toxiques ou radioactifs car une éolienne est constituée principalement de métal et de matière plastique.
- Une éolienne est en grande partie recyclable car construite en acier. Après son temps de fonctionnement (environ 20 ans), elle est entièrement démontable. On peut même si besoin retirer la fondation en béton. Elle n'aura laissé aucun produit contaminant autour d'elle et pourra être facilement remplacée.

❖ **Inconvénients**

Cependant, il faut noter quelques inconvénients :

- Les éoliennes émettent des bruits audibles
- Les éoliennes peuvent constituer pour la migration des oiseaux un obstacle mortel. En effet, les pales en rotation sont difficilement visibles par mauvais temps ou la nuit. Les oiseaux peuvent alors entrer en collision avec celles-ci.

**II-3.5) Etude de l'éolienne du village de NDIEYE :**

**- Situation géographique de NDIEYE :**

Le village de NDIEYE se trouve à 8km de la ville de kébémer sur l'axe Kébemer-Louga (sur la nationale II). Il est peuplé en majorité de wolof.

Les habitants de NDIEYE sont les principaux bénéficiaires du forage. Mais les villages comme Peikh, Gad brama y viennent parfois chercher de l'eau en cas de panne de leurs forages.

**-Les problèmes rencontrés par les populations :**

- panne fréquente du forage
- manque d'eau très souvent surtout pendant la saison des pluies
- les réservoirs sont petits pour stocker une quantité importante pendant les jours de disfonctionnement
- le forage dispose d'un seul robinet qui est très insuffisant aux yeux des populations.

**-Impact du forage sur la population**

L'éolienne de NDIEYE a un impact positif sur la population:

- accessibilité et disponibilité de l'eau
- coût de l'eau très bas (1000fcfa pour chaque maman), ce qui augmente le coût d'achat des populations
- une bonne qualité de l'eau

**II-4) Energie solaire**

L'énergie solaire est l'énergie que dispense le soleil par son rayonnement. Les techniques pour capter directement une partie de cette énergie sont nombreuses. On distingue :

- **Le solaire passif** : C'est la plus ancienne utilisation de l'énergie solaire, elle consiste à bénéficier de l'apport direct du rayonnement solaire
- **Le solaire thermique** : C'est la transformation du rayonnement solaire en énergie thermique. Les applications sont diverses : les centrales solaires, chauffe-eau solaire, cuisinières solaires, sécheurs solaires etc.

### ➤ Le solaire photovoltaïque.

A part le solaire passif que l'on utilise quotidiennement partout, le solaire photovoltaïque est présent dans le département de Kébemer.

#### II-4.1) Le système photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque (ou photopile) transforme l'énergie lumineuse (l'énergie solaire) en énergie électrique.

Il y'a différentes types d'installations :

-Installations autonomes comme dans les maisons en sites isolés, elles nécessitent le plus souvent un stockage de l'électricité à l'aide d'accumulateurs et d'un onduleur

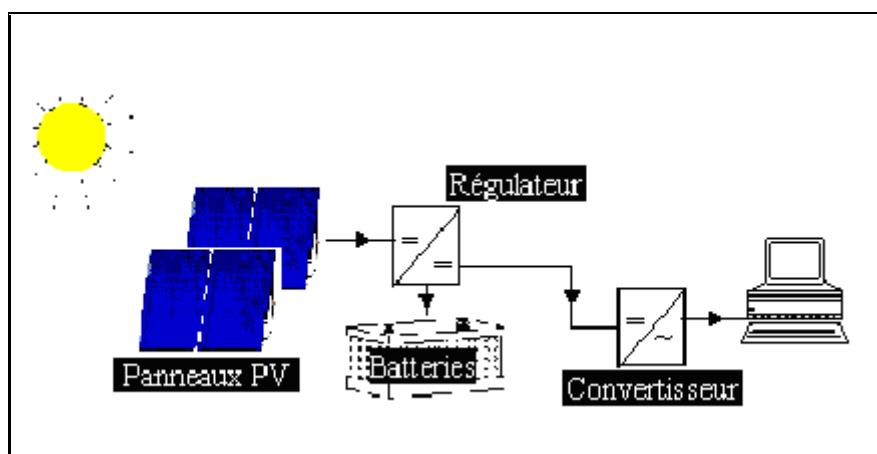


Figure 4 : Principe d'une installation autonome

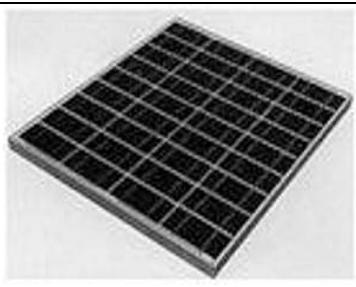
-Installations ou centrales photovoltaïques connectées à un réseau électrique  
Un générateur photovoltaïque connecté au réseau électrique n'a pas besoin de stockage d'énergie et élimine donc le maillon le plus problématique (et le plus cher) d'une installation autonome.  
C'est en fait le réseau électrique dans son ensemble qui sert de réservoir d'énergie.

On trouve uniquement l'installation autonome dans le département de Kébemer. Les systèmes photovoltaïques particulièrement autonome, sont composés de : les modules, le régulateur de charge, les batteries d'accumulateurs et l'onduleur. Ainsi étudions les différents éléments qu'on trouve dans de tels systèmes.

II-4.1.1) Les modules :



**Figure 5 : module monocristallin**



**Figure 6 : module polycristallin**



**Figure 7 : module amorphe**

Les cellules photovoltaïques sont constituées à base de silicium (Si), de sulfure de cadmium (CdS) ou de tellurure de cadmium (CdTe) etc. Le silicium est actuellement le matériau le plus utilisé pour fabriquer les cellules photovoltaïques disponibles à un niveau industriel. On distingue: les cellules monocristallines, polycristallines et les modules PV amorphes.

-Les cellules monocristallines sont les photopiles de la première génération, elles sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en un seul cristal. Les cellules sont rondes ou presque carrées et, vues de près, elles ont une couleur uniforme.

-Les cellules polycristallines sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en forme de cristaux multiples. Vues de près, on peut voir les orientations différentes des cristaux (tonalités différentes).

-Les cellules photovoltaïques amorphes : Une des techniques permet d'utiliser des couches très minces de silicium qui sont appliquées sur du verre, du plastique souple ou du métal, par un procédé de vaporisation sous vide.

Elles sont toutes utilisées dans le département de Kébémer. Les cellules mono et poly cristallines sont utilisées dans toutes les applications de l'énergie solaire photovoltaïque (éclairage, fonctionnement des appareils électroménagers, pompage de l'eau etc.) dans le département de Kébémer par contre les cellules amorphes sont utilisées uniquement pour le pompage de l'eau (pas de système de stockage d'énergie). Dans la pratique les cellules monocristallines sont plus adaptées dans le département de Kébémer. Elles fonctionnent dès les premières lueurs du soleil jusqu'au coucher par contre les cellules poly cristallines et amorphes ne fonctionnent presque pas pendant ces périodes extrêmes de la journée.

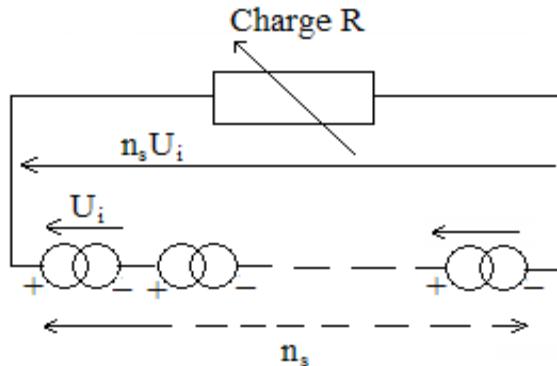
Les rendements des modules photovoltaïques disponibles commercialement sont au maximum à 16,5%, mais la valeur théorique annoncée est de l'ordre de 28% [4].

La cellule est l'élément de base dans la conversion photovoltaïque. Le module est l'association de cellules constituant ainsi la petite surface de captation transportable, montable et démontable. Le panneau est un ensemble de modules regroupés sur un même support. Parfois un module est désigné de manière ambiguë sous le terme de panneau solaire. Le champ de module est un ensemble de panneaux.

Pour une cellule le courant est continu et la tension de l'ordre de 0,55V [2]. On associe couramment les modules PV en série pour obtenir des tensions multiples de 12V (24V, 48V...). Un panneau de tension nominale de 12V est généralement composé de 22 cellules mono ou poly cristallines montées en série [2]. On peut aussi les installer en parallèles pour obtenir une intensité plus élevée.

Les modules ont des puissances qui vont de moins de 2Wc à des capacités unitaires de 150Wc voire 300Wc.

Un module PV est un générateur de courant dont la caractéristique est variable en fonction de l'éclairement reçu.



**Figure 8 : Association de cellules en série,  $U_i = 0,55V$ ,  $n_s = 22$  pour un module de 12V**

La figure 8. est constituée de  $n_s$  cellules photovoltaïques en série, constituant un module, alimentant une charge d'environ 12V [2].

Un module PV dispose de 3 caractéristiques de fonctionnement:

- $I_{cc}$ : courant de court circuit

- $V_{co}$ : tension à vide

- $P_{max}$ : point de puissance maximum

La tension à circuit ouvert est relativement constante quelque soit le niveau d'éclairement (environ 20V pour un module de 12V).

Les modules, leur haute densité de puissance et leur faible poids les rendent adaptés pour toutes les utilisations, de petites et grandes dimensions. Leur technologie d'avant-garde garantit leur fiabilité, leur longue durée de vie (supérieur à 20 ans) et leur haute résistance aux facteurs atmosphériques.

### **II-4.1.2) Les accumulateurs**

Un accumulateur électrique ou accumulateur électrochimique ou simplement un accumulateur, est un dispositif destiné à stocker l'énergie solaire, sous forme électrique (condensateur). Parfois on l'appelle à tort pile rechargeable

Lorsque l'on parle d'éléments rechargeables on utilise le terme d'accumulateur. On les distingue des piles électriques qui ne sont, par définition, pas rechargeables

On distingue plusieurs types d'accumulateurs : la batterie au plomb, l'accumulateur cadmium-nikel, nikel-métal hydrure, nikel-zinc, lithium, brome etc

Les accumulateurs indiqués dans les installations solaires sont les batteries au plomb de modèles : bat ZS 2volt, bat VS 2volt. Ces accumulateurs au plomb utilisent de l'eau distillée à la place de l'acide comme électrolyte. Elles ont une durée de vie de 10 à 15 ans. Leurs prix unitaires sont de l'ordre de 102.000Fcfa. Faute de moyens d'avoir ces batteries, on utilise surtout dans le département de Kébémer la batterie au plomb acide dans les installations photovoltaïques

#### **➤ Batterie au plomb acide**



**Figure 9 : un accumulateur au plomb**

Une batterie au plomb est un ensemble d'éléments (ou cellules) au plomb acide disposés en série et réunis dans un boîtier .

L'accumulateur au Plomb est constitué par les éléments suivants : une électrode positive, une électrode négative, un électrolyte et un séparateur.

#### **➤ Caractéristiques techniques :**

Une batterie au plomb se caractérise essentiellement par :

- **La force électromotrice E**

C'est la différence de potentiel aux bornes de l'accumulateur lorsque le circuit est ouvert. Sa valeur est environ 2V, mais expérimentalement elle varie de 1,9V à 2,2V. Elle dépend de la concentration des électrolytes en contact avec les électrodes et la température.

- **La capacité C**

On appelle capacité d'un accumulateur la quantité d'électricité que celui-ci restitue au cours d'une décharge complète précédée d'une charge complète. La capacité restituée est fonction du régime de charge et de la température. Pour un accumulateur au plomb, la capacité nominale est de 4,5Ah [5].

- **Résistance interne**

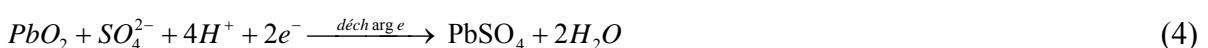
La résistance interne correspond à la somme de la résistance électrique des matières solides et de la résistance de l'électrolyte. La valeur de la résistance interne d'un accumulateur en bon état est relativement faible (quelques miliohms)

- **Principe de fonctionnement d'un accumulateur**

- **Décharge**

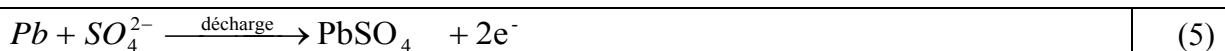
Les réactions électrochimiques qui se déroulent dans la batterie lors de la décharge sont. [5]

-à l'électrode positive :



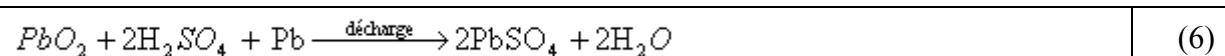
L'acide H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se décompose avec l'oxyde de plomb PbO<sub>2</sub>. Il en résulte la formation d'eau H<sub>2</sub>O et du sulfate de plomb PbSO<sub>4</sub>. La tension générée par cette réaction est environ 1,685V [6]. Pendant cette transformation, la concentration de l'électrolyte diminue.

-à l'électrode négative (cathode) :



Le plomb Pb se combine avec le sulfate SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> et se transforme en PbSO<sub>4</sub>. Pendant cette transformation, la concentration de l'électrolyte diminue. La tension générée par cette réaction est d'environ 0,35V (faible) [6].

La réaction globale s'écrit :



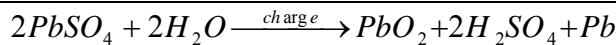
Le dioxyde de plomb PbO<sub>2</sub> des plaques positives et le plomb spongieux Pb des plaques négatives réagissent avec l'acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de l'électrolyte et se transforme peu à peu en sulfate de plomb PbSO<sub>4</sub> et de l'eau H<sub>2</sub>O. Il y'a production d'électrons à la plaque négative et absorption d'électrons à la plaque positive. Le transfert des électrons d'une plaque à l'autre s'effectue par le

circuit extérieur. Par contre dans le circuit intérieur l'ion Pb<sup>2+</sup> relâché par l'électrode négative migre vers l'électrode positive. Ce déplacement des porteurs de charges génère le courant électrique.

- **La charge**

Au cours de la charge, les réactions électrochimiques qui se déroulent dans la batterie (à l'électrode positive et négative) sont les inverses de celles obtenues lors de décharge

Ainsi l'équation globale de la charge est de :



(7)

A l'inverse de la décharge, les matières actives positives et négatives, qui ont été transformées en sulfate de plomb, se transforment peu à peu, respectivement en dioxyde de plomb PbO<sub>2</sub> et de plomb. La concentration de l'électrolyte augmente progressivement durant la charge. Le sens de déplacement des électrons est ici fixé par le chargeur de batterie.

- **Autodécharge**

Quand une batterie est stockée pour une période de temps important, sa capacité emmagasinée décroît graduellement. La batterie consomme l'énergie sans la décharger dans un circuit extérieur. Ce phénomène s'appelle l'autodécharge. Il est inévitable et se produit même si la batterie est neuve. Il est possible de fortement limiter le phénomène d'autodécharge en appliquant une tension légèrement supérieure à la tension de la batterie ce qui a pour effet de polariser les électrodes et d'effectuer une électrolyse « d'entretien »

Le taux d'autodécharge d'un accumulateur représente la perte moyenne relative de capacité par mois et pour une température donnée :

$$\tau = (Q_{as} - Q_{ps}) \text{ avec} \quad (8)$$

Avec    Q<sub>as</sub> : la capacité avant stockage

    Q<sub>ps</sub> : la capacité après stockage

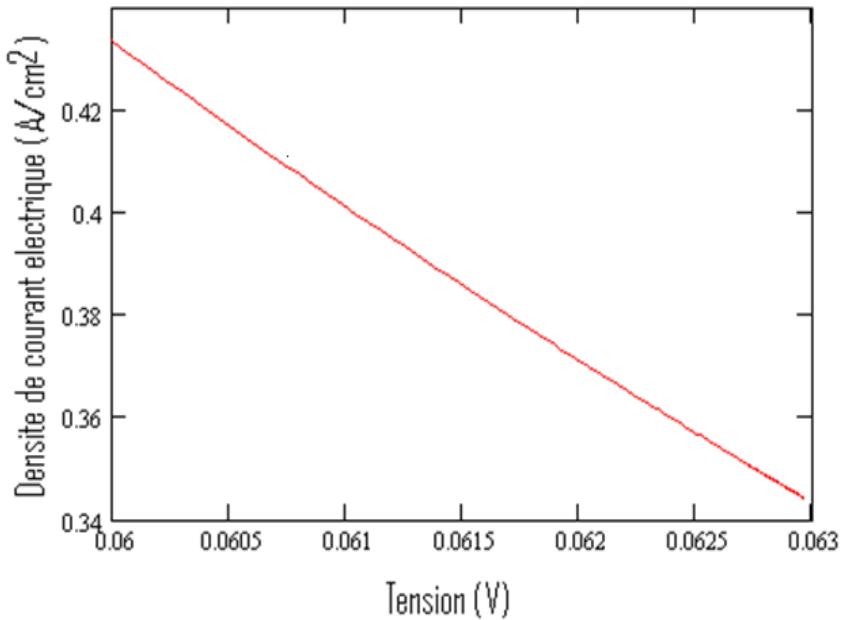
Il est de 1 à 5% par mois pour une température de 20°C et double de valeur pour toute élévation de température de 10°C [2]

- **Rendement :**

Le rendement énergétique de la batterie est le rapport entre l'énergie fournie à la décharge et celle absorbée à la charge, il est de l'ordre de 70% à 84% [2]

- **Caractéristique I-V d'un accumulateur**

La courbe ci-dessous donne l'allure de la densité de courant électrique en fonction de la tension. La caractéristique ainsi obtenue est une droite de pente négative.



**Figure 10 : Caractéristique courant-tension de la batterie [5]**

La courbe de la densité de courant électrique en fonction de la tension est une droite de pente négative.

La caractéristique ainsi illustrée est conforme à celle correspondant à la littérature pour une batterie idéale.

#### II-4.1.3) Régulateur de charge



**Figure11: Un régulateur de charge**

Les régulateurs de charges permettent de mieux utiliser les modules PV et de protéger plus soigneusement encore les batteries. On a des régulateurs à tension nominale de 12V ou 24V. Tous les régulateurs contrôlent aussi bien la charge minimale que la charge maximale de la batterie. De cette façon, la consommation de l'électrolyte est réduite et la durée de vie de la batterie est prolongée. L'intervention de protection de la charge maximale de la batterie évite la surcharge tandis que l'intervention de la charge minimale interrompt la consommation de charge si la batterie venait à atteindre le niveau de décharge maximum autorisée.

#### II-4.1.4) Onduleur



**Figure 12 : Un onduleur**

Un onduleur est un dispositif d'électronique de puissance permettant de délivrer des tensions et des courants alternatifs à partir du champ de modules ou des accumulateurs dans les cellules photovoltaïques. Par un jeu de commutations commandées de manière appropriée (généralement une modulation de largeur d'impulsion), on module la source afin d'obtenir un signal alternatif de fréquence désirée. Par abus de langage, on appelle souvent « onduleur » une alimentation sans interruption (ASI)

Il permet aussi de protéger les appareils des variations et interruption de tension.

Cependant on distingue différents types de technologies : Technologies "Off-line", "Line-interactive" et "On-line"

#### II-4.2) Utilisation de l'énergie solaire

L'énergie solaire peut servir beaucoup de choses: l'éclairage (zone isolée, autoroute, arrêts autobus), les communications (station de relais de téléphone, borne d'appel d'urgence sur autoroute, téléphone mobiles), Capteurs isolés (infos météorologique, trafic routier, enregistrement sismique), pour de petites stations de pompage ou irrigation, chargement de batteries de voiture etc.

Mais dans le département de Kébemer, l'utilisation se réduit essentiellement à l'éclairage et le fonctionnement des appareils électroménagers tels que : radio, radio K7, TV (N&B), TV couleur, réfrigérateur, ventilateur, vidéo. On l'utilise aussi pour le chargement des batteries de voiture, et le pompage de l'eau.

Les panneaux solaires nécessitent un entretien régulier, environ les nettoyés chaque dix jours pour éviter l'accumulation de poussières sur leurs surfaces car ce phénomène peut diminuer leurs rendements.

Cependant leur consommation en énergie dépend des niveaux de services c'est-à-dire du nombre d'appareils utilisés.

➤ **Estimation de la consommation énergétique**

Le tableau ci-dessous donne le nombre de ménages concernés pour chaque niveau de services défini dans le paragraphe **II-2) Utilisation de l'énergie électrique du réseau**

	NS1	NS2	NS3
Nombre de ménages concernés	2	2	7

**Tableau 6 : Nombre de ménages concernés pour chaque niveau de service**

A la place des lampes torches on a des lampes fluorescentes économiques

Le tableau ci-dessous donne la consommation journalière et mensuelle pour chaque niveau

	Nombre	Puissance unitaire (Watt)	Durée moyenne de fonctionnement (h /j)	Consommation journalière (Wh/j)	Consommation mensuelle (kWh/mois)	
Lampes économiques	3	10	3	90	2,7	NS1
Radio	1	150	5	2250	67,5	
Total		160		2340	70,5	
Lampes économiques	5	10	3	90	2,7	NS2
Radio	1	150	5	2250	67,5	
TV (N&B)	1	15	3	45	1,35	
Total		175		2385	71,55	
Lampes économiques	11	10	3	90	2,7	NS3
Radio	1	150	5	2250	67,5	
TV couleur	1	48	3	144	5,58	
Réfrigérateur	1	100	19	1900	54	
Total		308		4384	132,78	

**Tableau 7 : Estimation de consommation énergétique pour chaque niveau de services**

La consommation d'énergie augmente en fonction des niveaux parce que le nombre d'appareils utilisés est plus important en passant d'un niveau à un autre.

Calculons les dépenses moyennes bimestrielles correspondantes à la consommation énergétique pour chaque niveau de services.

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 5.

	NS1	NS2	NS3
Consommations énergétiques mensuelles (kWh)	70,5	71,55	132,78
Consommations énergétiques bimestrielles (kWh)	141	143,10	265,56
Dépenses moyennes bimestrielles selon le tarif de la SENELEC (Fcfa)	14.502	14.676	24.795

**Tableau 8 : Dépenses moyennes bimestrielles pour chaque niveau de services dans les ménages utilisant les panneaux solaires**

Les dépenses moyennes bimestrielles augmentent du niveau 1 à un niveau supérieur. Cependant si on calcule ces dépenses dans trois ans, rien que pour le niveau 1(niveau ou les dépenses sont plus faibles) on dépenserait une somme équivalente à l'achat d'un panneau solaire (environ 400.000 Fcfa installation y compris) de puissance 50W. Prenons deux ménages du niveau de services 1 : le ménage 1 électrifié et le ménage 2 utilisant un panneau solaire de puissance 50W. Sachant que la durée de vie des panneaux étant de 20 ans, le ménage 1 dépensera très largement plus que le prix du panneau solaire et les frais d'entretiens durant toute la période. Etant donné que les populations rurales sont démunies, les systèmes photovoltaïques constituent la meilleure solution pour satisfaire le besoin énergétique des populations. Donc l'état en accompagnant les populations à l'acquisition de panneaux solaires participe à la lutte contre la pauvreté. Mais aucune politique dans ce sens n'est effectuée dans le département de Kébémer.

### **II-4.3) Avantages et inconvénients**

➤ **Avantages**

La PV c'est la manière la plus élégante de produire de l'électricité. Elle se produit sans bruit, sans parties mécanique et sans que des produits toxiques soient libérés. Selon les spécialistes, une cellule solaire rembourse en 4 à 5 ans l'énergie qui a été nécessaire à sa fabrication, cadre, câbles et support compris.

En phase d'utilisation les modules ne génèrent aucun impact négatif sur l'environnement et enfin de vie, la plupart des composants (verre, aluminium, métal) peuvent être recyclés.

➤ **Inconvénients**

- La fabrication du module photovoltaïque relève de la haute technologie et requiert des investissements d'un coût élevé.
- Le rendement réel de conversion d'un module est faible, de l'ordre de 16,5 %. Les générateurs photovoltaïques ne sont compétitifs par rapport aux générateurs diesel que pour de faibles demandes d'énergie en régions isolées.

- Lorsque le stockage de l'énergie électrique sous forme chimique (batterie) est nécessaire, le coût du générateur est accru.
- Le stockage de l'énergie électrique pose encore de nombreux problèmes.

### **III) Place de l'énergie solaire par rapport aux autres types d'énergies utilisées dans le département de Kébémer**

L'énergie électrique et l'énergie solaire sont toutes utilisées dans le même domaine à savoir l'éclairage, le fonctionnement des appareils et des forages. Comparée à l'énergie électrique du point de vue de l'utilisation, l'énergie solaire vient en dernière lieu. Cependant l'énergie solaire est très prometteuse à l'avenir dans le département de Kébémer parce qu'elle est la seule alternative pour les zones non électrifiées.

### **IV) Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons vu que les énergies utilisées dans le département de Kébémer sont : les combustibles, l'énergie électrique du réseau, l'énergie éolienne et l'énergie solaire. L'énergie électrique du réseau, les combustibles (liquide et gazeux) dégagent des quantités importantes de CO<sub>2</sub> et participent à la pollution de l'atmosphère. Par contre la biomasse, l'énergie éolienne, l'énergie solaire, non polluantes et inépuisables présentent l'énorme avantage d'offrir une énergie produite et utilisable localement.

**CHAPITRE III :**  
**Les kits solaires utilisés dans le département**  
**de Kébémer**

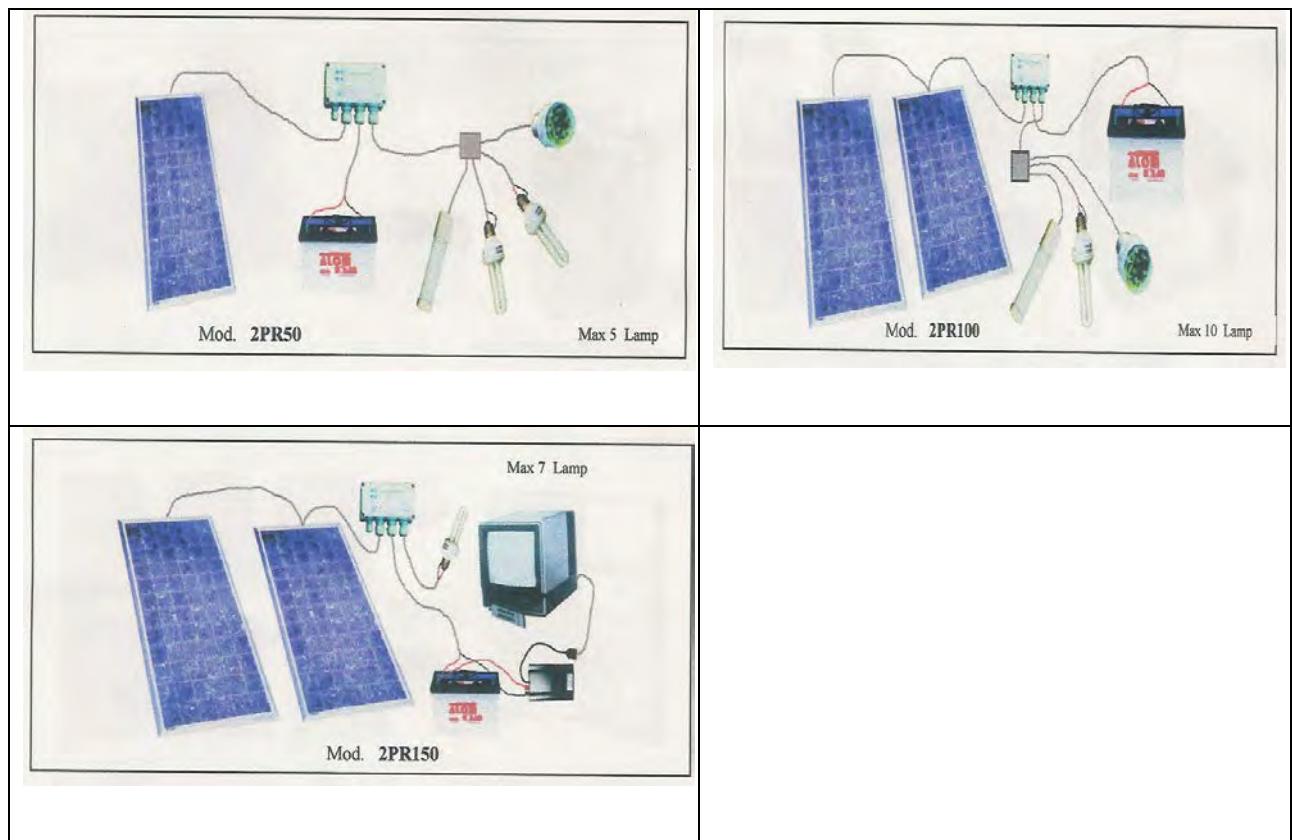
## I) Introduction:

Dans ce chapitre nous allons parler des différents kits utilisés dans le département de Kébémer.

## II) Les différents kits

On trouve dans le département de Kébémer les kits suivants : les kits PR, les kits PU, et les kits HT. Mais les kits PR sont les plus utilisés parce que la société Fasolart reçoit de son principal fournisseur (totate énergiie, siège colobane) en majorité ces kits. La présence de ces autres kits s'explique par le fait que certains utilisateurs achètent eux même leurs propres kits.

### II-1) Les kits PR



**Figure 13 : Différentes installations des kits PR**

Les kits de la série PR sont des systèmes solaires photovoltaïques pour alimenter des lampes fluorescentes

adaptées pour l'éclairage. Durant le jour le module solaire recharge sa batterie qui rend son énergie disponible de nuit comme de jour pendant les périodes prolongées de mauvais temps. Les kits permettent aussi d'alimenter d'autres appareils, tels que les téléviseurs, les radios etc.

On distingue les kits PR50, 2PR100, 2PR150 etc. Les valeurs 50, 100, 150 désignent (50Wc, 100Wc, 150Wc) les puissances respectives des kits PR50, 2PR100, 2PR150.

Le tableau ci-dessous donne pour les différents kits PR le nombre de lampes, de téléviseur qu'ils peuvent alimenter avec la durée de fonctionnement. Il donne aussi pour chaque modèle le type de batterie à utiliser

Modèle	PR50	2PR100	4PR200
Lampes	2x8W	2x8W	4x8W
Lampes	3x20W	3x20W	6x20W
Durée éclairage	5h	6h	6h
Téléviseur	no	70W	70W
Durée téléviseur	no	4h	6h
Batteries	1.100Amp/h 12Volts	1.100Amp/h 12Volts	2.100Amp/h 12Volts

**Tableau 8 : Quelques kits PR avec les éléments qu'ils peuvent alimenter et leurs durées de fonctionnement**

Les performances se réfèrent à une isolation de 6kW/m<sup>2</sup>/jour, typique de pays tropicaux

## II-1.1) Petits modèles

Ce sont essentiellement les kits PR50.

Un kit PR50 est composé de :

- 01panneau solaire PV de puissance P=50W
- 01batterie solaire 12V/50Ah
- 01régulateur de charge
- 04lampe 12V/10W
- 01prise de courant pour radio/TV (6/9/12V)
- 01structure-support métallique-Cables-interrupteurs-boites de dérivation

Ce modèle est installé dans plusieurs villages du département de Kébémer pour l'éclairage des foyers.

## II-1.2) Grands modèles

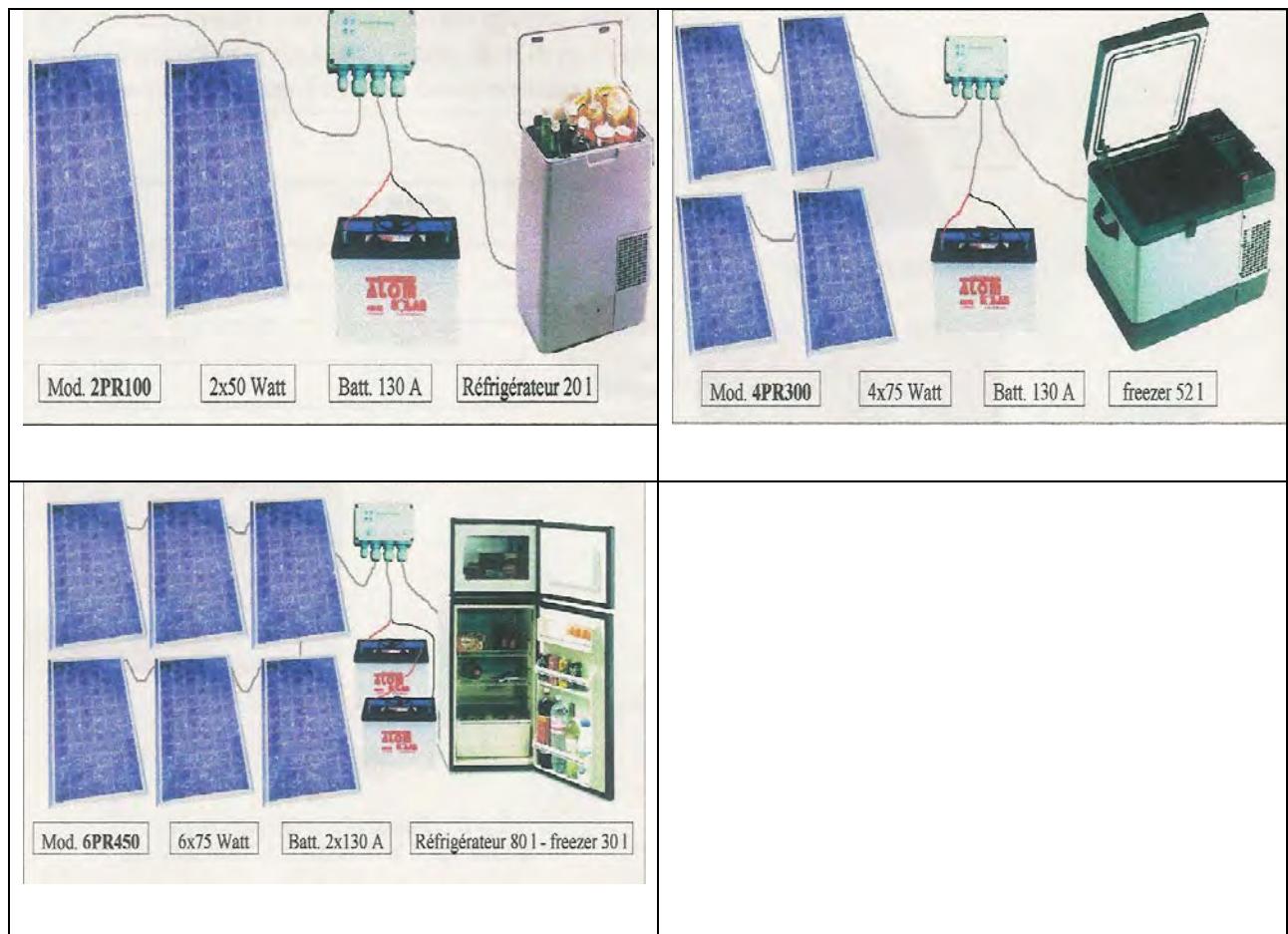
Ils sont obtenus en associant en série plusieurs kits PR50. La puissance souhaitée, détermine le nombre de kits à placer en série. Par exemple pour alimenter les locaux de l' « espace jeune » de Kébémer on a :

- 28 panneaux solaires photovoltaïques de puissance P=50W
- 24 batteries modèle : bat ZS 2volt et bat VS 2volt
- 01régulateur de charge

-64 lampes et 01nonduleur

Ces kits sont installés dans le département de Kébémer par une société privée dénommée Fasolart (nom provisoire) dirigée par Mr Amadou Dieng

## II-2) Les kits PRF



**Figure 14 : Différentes installation des kits PRF**

Etudiés pour un usage domestique, les kits PRF sont en mesure de résoudre les problèmes de réfrigérateurs dans les zones rurales dont les conditions environnementales sont extrêmes, l'humidité jusqu'à 100% et la température supérieure à 40°C. Très efficaces munis d'un réfrigérateur spécial, les kits PRF garantissent 24 heures sur 24 une parfaite conservation des aliments, même dans une période prolongée de mauvais temps. Et grâce à une accumulation de l'énergie dans la batterie et à une faible consommation des appareils.

Les réfrigérateurs et les congélateurs ont été étudiés pour fonctionner dans des zones rurales aux conditions climatiques extrêmes. Ils consomment très peu d'énergie et sont alimentés en courant continu à 12/24Volts. Durables, les réfrigérateurs et les congélateurs ont une température moyenne intérieure de +4°C et -12°C. Ils n'ont besoin d'aucune maintenance.

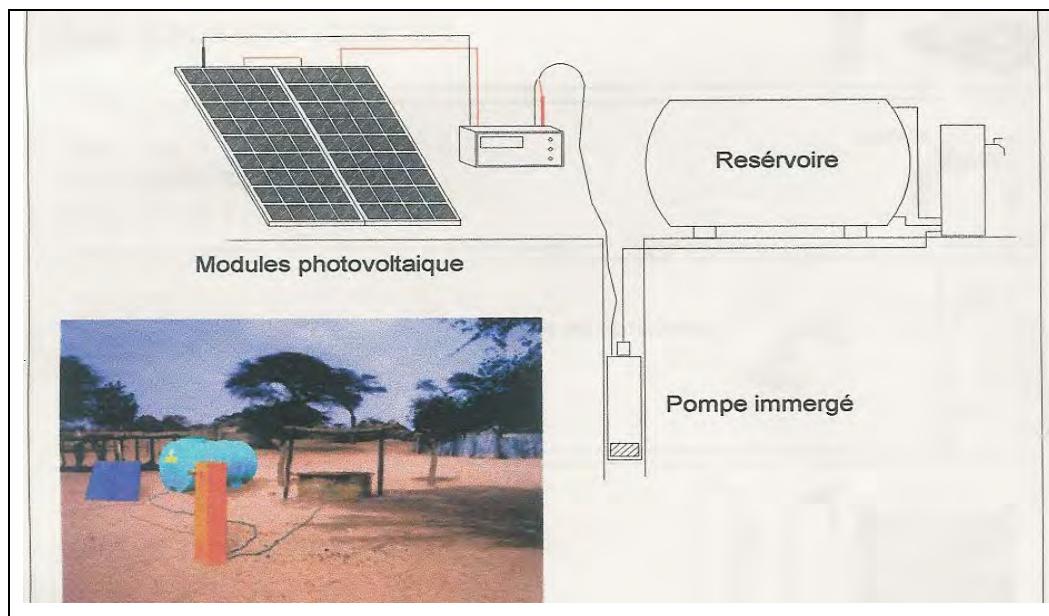
Le tableau ci-dessous nous donne pour chaque modèle sa capacité, sa consommation moyenne, son absorption nominale et le kit conseillé

Modèle	Petit	Moyenne	Grand
Capacité	38lt	60lt	118lt
Consommation Moyenne	13,5W/h	15W/h	21W/h
Absorption Nominale	52W	52W	52W
Kit conseillé	2PR100	2PR100	4PR200

**Tableau 10 : Les modèles de réfrigérateurs avec ses différentes caractéristiques de fonctionnement et les kits conseillés**

Les performances se réfèrent à une isolation de 6kW/m<sup>2</sup>/jour, typique de pays tropicaux

### II-3) Les kits PRP



**Figure 15 : Installation d'un kit PRP**

Les kits PRP sont des installations solaires pour le pompage d'eau dans les zones rurales. Ce sont des systèmes où les modules PV sont directement reliés à une pompe immergée ne nécessitant pas de batteries, ce qui les rend très efficaces et sans besoin de maintenance. Adaptés pour le pompage de l'eau de puits dont la profondeur peut aller jusqu'à 100m, ils ont été étudiés pour fonctionner dans de conditions climatiques extrêmes

Le tableau ci-dessous donne pour la pompe immergée sa tension nominale, sa hauteur d'élévation max, son absorption maximum et le kit conseillé

Modèle	Pompe immergée
Tension nominale	24Volts
Hauteur d'élévation max	70m
Absorption maximum	4.1Amp
Kit conseillé	4PR100

**Tableau 11 : Modèle d'une pompe avec ses caractéristiques et le kit conseillé**

## II-4) Avantages

Ces kits solaires sont avantageux :

- Ils sont légers, faciles à porter et à installer
- Coût réduit de l'utilisation : les panneaux photovoltaïques n'ont aucune partie en mouvement, donc ils ne nécessitent pas d'entretien
- Absence de pollution : ils n'utilisent pas de combustibles, l'installation est propre et absolument silencieuse.
- Modularité, intégrabilité et fiabilité : selon les besoins une installation peut être développé en ajoutant successivement d'autres modules qui grâce à leur structure, peuvent être insérés sur n'importe quel élément architectural.
- Epargne : les installations solaires permettent d'épargner l'énergie traditionnelle (butane, gasoil, bois, et énergie électrique) en réduisant le coût des factures et les interventions pour la sauvegarde de l'environnement.

## II-5) Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons vu que les kits utilisés dans le département de Kébémer sont essentiellement : PR, PRP et PRF. Les kits PR sont utilisés pour l'éclairage, les kits PRP pour le pompage et le Kits PRF. Nous avons aussi dégagé leurs avantages.

## **Conclusion Générale et perspectives**

Dans cette étude, nous avons présenté les différents types d'énergies existantes dans le département de Kébemer à savoir : les énergies non renouvelables (les combustibles liquides, solides et l'énergie électrique du réseau) et les énergies renouvelables (la biomasse, l'énergie éolienne et l'énergie solaire). Nous avons en même temps dégagé leurs utilisations, leurs avantages et leurs inconvénients. Nous avons aussi présenté les différents kits existant dans le département de Kébemer ainsi que leurs utilisations.

Mais les énergies renouvelables sont très mal exploitées :

- Pour la biomasse :

-Les diverses céréales produisent près de 1700 millions de tonnes de pailles dont la majeure partie qui est inutilisée ou brûlée pourrait être récupérée et utilisé. [1]

-Le fumier pourrait être fermenté pour produire du biogaz comme ça se fait dans certaines parties du Sénégal (par exemple à Foudiougne) [2].

- Pour l'énergie éolienne, sa transformation en énergie électrique n'est pas encore effectuée au Sénégal.
- Pour l'énergie solaire, son utilisation dans le département est faible. De même au niveau mondial elle est loin d'atteindre ses limites parce que 5% de la surface des déserts permettrait de produire toute l'électricité de la planète affirme Patrick Jourde et Jean Claude Muller, chercheurs au commissariat de l'énergie atomique (CEA) et au (CNRS).

On peut donc dire que les énergies renouvelables plus particulièrement l'énergie solaire représente la solution idéale pour satisfaire les besoins en électricité surtout dans les zones rurales ainsi que dans tout site isolé. Mais aussi pour produire un courant électrique sans pollution.

Ainsi nous envisageons en perspective une étude approfondie sur chaque type d'énergie développée c'est-à-dire :

- les combustibles
- l'énergie électrique du réseau
- l'énergie éolienne
- l'énergie solaire

Mais aussi d'envisager pour un village donné, de faire l'estimation de la consommation de l'énergie nécessaire par ménage et d'en déduire l'énergie totale pour le village. Ensuite de comparer cette valeur à celle de l'énergie consommée pour en déduire le déficit énergétique à combler.

## **REFERENCES**

- [1] Encarta 2007 « Source de l'énergie électrique : électricité, production et distribution »
- [2] « Utilisation de l'énergie dans le département de Foundiougne- Place de l'énergie solaire » Mémoire D.E.A de Issa DIAGNE, soutenu le 25 /11/2006
- [3] Bouna WARR et Jocelyne VEYRET Etude ECOLOC (économie locale) du département de Kébémer-Résumé étude- Novembre 2005-
- [4] « Calcul du coefficient d'absorption du sulfure de cadmium (CdS) et du tellure de cadmium (CdTe) par la méthode de fonction diélectrique. Application du calcul du rendement quantique de cellule solaire CdS/CdTe » Thèse de 3e cycle de Oumar Absatou Niasse, soutenu le 4/11/200
- [5] « Etude en simulation de la décharge électrique d'un accumulateur en plomb : influence des vitesses de recombinaison » Mémoire D.E.A Moustapha Déme, soutenu le 19 /11/2005
- [6] « conversion physico-chimique des lignosulfates-amélioration de leurs performances en tant I, qu'expandeurs des plaques négatives des accumulateurs au plomb » Thèse de docteur Ingénieur, Nancy Plankeele.J.M, 1985
- [7] Arthur Riedacker Article «Au mépris de l'environnement et des pays pauvres, la politique énergétique dans l'impasse » septembre 1989. Monde diplomatique de 1978 à 2004