



Intégration des énergies renouvelables sur la Route des Tamarins

Présentation du sujet

La construction de la Route des Tamarins, considérée comme le chantier du siècle, va débuter en 2004. D'une longueur de 34 Km avec de nombreux ouvrages d'art (ponts, viaduc, tunnels...), elle apparaît comme un véritable défi technique mais aussi environnemental et énergétique..

Son but est double:

- ✓ Desservir les Hauts (40% de la population de l'Ouest) afin de développer les échanges (tourisme, économie...)
- ✓ Permettre une meilleure circulation dans les Bas (RN1, littoral)

Le but de cette étude est de mesurer le potentiel d'intégration des Energies Renouvelables le long de la Route, en profitant des ressources locales, afin de produire l'énergie nécessaire à son fonctionnement et à son exploitation. A terme, on espère atteindre « l'autonomie énergétique », à l'image du défi lancé par la Région pour l'ensemble de l'île d'ici 2025.



Besoins énergétiques

➤ Carburant:

- ✓ Phase chantier: 50 millions de litres
- ✓ Consommation liée au trafic: 117 millions de litres par an

➤ Electricité:

- ✓ Plus de 3 000 MWh/an: Eclairage dans les tunnels, systèmes de sécurité, panneaux lumineux ou à message variable, vidéo surveillance, centres techniques et d'exploitation...



Energie renouvelable et maîtrise de l'énergie

Maîtrise de l'énergie

- ☞ Mise en place d'un réseau de transport en commun
- ☞ Utilisation de lampe LED au lieu de systèmes classiques pour l'éclairage des tunnels
- ☞ Economies de près de 60% de la consommation électrique

Technologies matures applicables

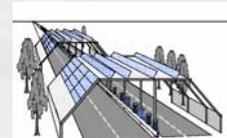
- ☞ Photovoltaïque sur les écrans de protection acoustique
- ☞ Micro hydraulique sur réseau d'adduction d'eau potable et sur réseau d'irrigation
- ☞ Environ 20% des besoins électriques



Route des Tamarins
Branches principales du réseau d'irrigation

Concepts technologiques applicables

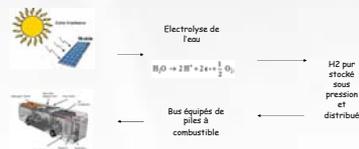
- ☞ Echangeurs thermiques sur la chaussée
- ☞ Calopile
- ☞ Éolienne à turbine (Catavent)
- ☞ Couverture de sections de route



Filière hydrogène

L'hydrogène apparaît comme la seule alternative possible au pétrole dans le secteur du transport. Le principe est de produire de l'hydrogène à partir de l'électrolyse de l'eau: disponibilité d'une grande quantité d'eau dû au grand nombre d'interférence entre la Route et divers réseaux d'eau (AEP, irrigation) et à l'existence de bassin capteurs d'eau de pluie. L'électricité, nécessaire à cette opération, est fournie par les installations ENR.

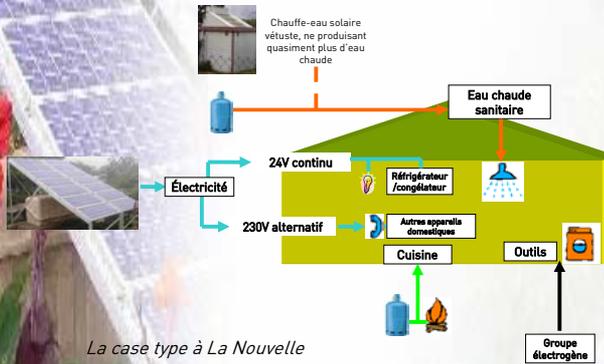
- Plus d'1 million de litres de carburant économisés par an et 3 300 tonnes de CO2 évitées en équipant les bus reliant ST Denis à St Pierre
- Coût difficile à estimer dû à l'évolution constante du coût de production d'électricité d'origine renouvelable et de l'absence d'un développement à grande échelle et d'une commercialisation de tels systèmes



QUEL AVENIR ENERGETQUE POUR L'ÎLET DE LA NOUVELLE

Etude de mise en place d'un service public d'électricité

Energies renouvelables et réseau local pour les villages isolés des hauts de l'île



La case type à La Nouvelle

SOLUTION PROPOSEE

Mise en place d'un mini-réseau enterré d'électricité alimenté par un système hybride. 275MWh/an seront ainsi produits localement par les énergies renouvelables.

- 134MWh/an proviendront du turbinage en micro-centrale hydroélectrique (MCH) de l'eau destinée à l'irrigation et la consommation des habitants. Cette eau est captée dans la ravine Cimendal et l'on profitera d'installer notre MCH lors des travaux sur le réseau AEP.
- 59MWh/an seront générés par les systèmes photovoltaïques (PV) individuels. Une moitié sera réinjectée au réseau, tandis que l'autre continuera à alimenter l'éclairage et les appareils de froid de manière individuelle.
- 82MWh/an seront produits par un champ photovoltaïque situé à proximité de La Nouvelle. La surface occupée par ce champ sera d'environ 2000m².
- Le stockage d'électricité sera assuré par une MCH à réserve pompée : celle-ci pompera l'eau d'un bassin tampon durant les heures de faible consommation et fonctionnera en turbine quand la demande dépassera la production, générant le courant complémentaire.
- Un appoint pourra être réalisé en cas de panne ou d'appels à des puissances trop fortes à partir d'un groupe électrogène puissant et performant au niveau environnemental et financier.

Substitution du gaz dans la production de chaleur

- Opération d'équipement des cases en « fourneaux portois », permettant de chauffer les aliments et produire l'ECS.
- ou remplacement des chauffe-eau solaires vétustes par de nouveaux exemplaires plus performants.

Intégration de la solution à l'îlet de La Nouvelle

- Cette solution va permettre de limiter la pollution atmosphérique due aux carburants fossiles (gaz, essence et diesel) ainsi que les nuisances créées par les groupes électrogènes.
- On pourra également essayer de réintégrer architecturalement les modules photovoltaïques individuels. On veillera également à enterrer le réseau, à insonoriser les MCH Cimendal et de stockage. Quant au champ solaire, il sera localisé à un endroit peu visible de l'îlet.

CONTEXTE

- La Nouvelle est le plus grand des îlets du Cirque de Mafate. Environ 140 habitants y vivent en permanence, 240 touristes peuvent être accueillis.

L'électricité

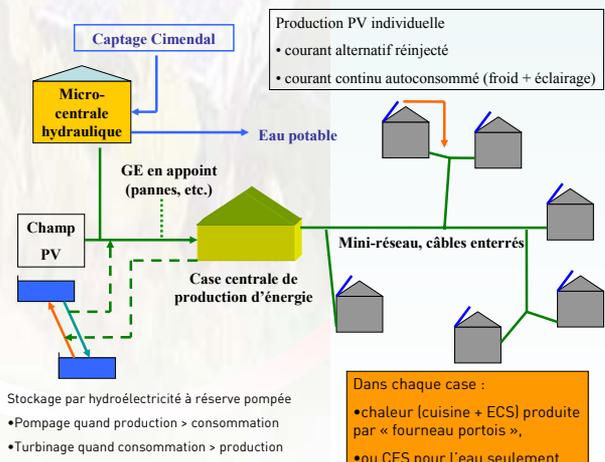
- L'électricité est produite par des systèmes photovoltaïques individuels gérés pas une entreprise privée. L'équipement minimum des cases assure l'éclairage et la production de froid (réfrigérateur et/ou congélateur) mais la plupart possède une TV et une radio.
- Les besoins en électricité des habitants sont toutefois largement insatisfaits et la nature aléatoire de la production d'électricité solaire nuit considérablement à leur confort énergétique.
- C'est ainsi que certains s'équipent de groupes électrogènes. Ceux-ci posent des problèmes évidents de pollution, bruit, odeurs, coût des carburants.
- Les professionnels ont également tous recours aux groupes électrogènes.

La chaleur

- Les habitants se chauffent au bois et cuisinent au gaz et au bois. L'eau chaude sanitaire (ECS) est produite principalement au gaz; quelques gîteurs possèdent des chauffe-eau solaires
- De vieux chauffe-eau solaires avaient pourtant été installés à la fin des années 1980, mais ils ne fonctionnent pratiquement plus.

DEMARCHE SUIVIE

- Étude des systèmes existants d'électrification en sites isolés.
- Réalisation d'un audit énergétique auprès de la population de La Nouvelle. Estimation de la consommation future de l'îlet (310MWh/an) et de la part réservée aux professionnels (83%). Modélisation de la future courbe de charge.
- Étude des ressources locales d'énergie et élaboration d'une proposition de solution.



- Stockage par hydroélectricité à réserve pompée
- Pompage quand production > consommation
- Turbinage quand consommation > production

- Dans chaque case :
- chaleur (cuisine + ECS) produite par « fourneau portois »,
 - ou CES pour l'eau seulement

Biogaz de fermes d'élevage et de bâtiments d'exploitation

Problématique:

Etudier la possibilité d'intégrer la méthanisation, afin de produire de l'énergie, dans le processus de traitement des effluents d'élevage du village de Grand-Ilet, commune de Salazie

Contexte:

Energétique:

- > Grand-Ilet, village isolé du cirque de Salazie
- > Village situé en bout de ligne d'alimentation électrique, d'où de nombreuses gênes pour les abonnés (baisses de tension, coupures de courant) allant jusqu'à la casse d'installations électriques (système de ventilation dans les bâtiments d'élevage)
- > Dans le contexte actuel, impossibilité d'installer de gros postes consommateurs d'énergie à Grand-Ilet (comme une station de traitement par exemple)
- > **Nécessité de décentraliser la production électrique afin de renforcer le réseau actuel**

Agricole:

- > 20 000 tonnes de lisier par an, 1700 tonnes de litière de volaille ainsi que 900 tonnes de déchets d'abattoir potentiellement méthanisables
- > Grosse concentration d'élevage: -60 exploitations pour 1600 habitants
- > Relief très accidenté (pentes supérieures à 7%) d'où très peu de surface d'épandage
- > Non respect des normes
- > **Nécessité de trouver une solution de traitement des effluents d'élevage avant fin 2004**

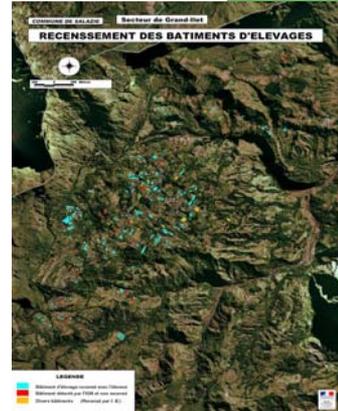


Photo aérienne de la zone de Grand-Ilet. En bleu figurent les bâtiments d'élevage

Présentation de la méthanisation:

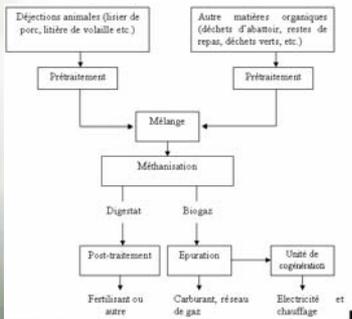
La méthanisation est un processus naturel de fermentation anaérobie

Les produits méthanisables peuvent être:

- Des déjections animales (lisier de porc, litière de volaille etc.)
- Des déchets de l'industrie agro-alimentaire (déchets d'abattoir, restes de repas etc.)
- Des déchets organiques (déchets verts non ligneux)
- Des boues de stations d'épuration

- Le digestat obtenu est inodore et stable
- La DC O (Demande Chimique en Oxygène) est abaissée
- Les litières de volailles sont hygiénisées

Principe général de la méthanisation:



Hypothèses prises pour les calculs:

Mode de fonctionnement de la station: Condition mésophile (entre 20 et 45°C), infiniment mélangé

Production de biogaz: Calculs basés sur la DCO entrante (DCO du lisier entrant, soit 2731 kg/jour).

Avec une productivité journalière de 0.35 Nm³ (Nm³ = 1 m³ à pression atmosphérique) de CH₄ par kg de DCO et avec un rendement de transformation de 60%, on obtient un **production de biogaz de 573 Nm³/jour**

Valorisation du biogaz: Le mode de valorisation retenu est la cogénération par turbines à gaz (frais de fonctionnement environ 7 fois inférieur à ceux d'un moteur à combustion interne et meilleur bilan environnemental).

Production envisagée de la station:

En installant 3 turbines à gaz de 30 KW (90 KW):

la production énergétique de la station pourrait être de 200 MWh électrique et 617 MWh thermique

La production électrique de la station représente environ 10% de la consommation électrique de Grand-Ilet

Bilan environnemental:

La station de méthanisation éviterait le rejet de 327 700 kg de CO₂ / an dans l'atmosphère

Poursuite de l'étude:

- Mise en place du comité de pilotage pour le traitement des effluents d'élevage
- Etudier les interactions entre la méthanisation et le procédé de traitement choisit par les éleveurs
- Trouver un porteur de projet (éventuellement mairie de Salazie + SIDELEC)
- Lancer l'étude de faisabilité



PARTENAIRES PLATE-FORME RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT

Lycée professionnel Roches Maigres, Sidélec, Délégation Régionale de la Recherche et de la Technologie, Groupe APAVOU, SEM Musée, Mairie de Salazie.



Benoit SYLVESTRE
Etudiant en Environmental Technology & Management
Hogeschool Brabant, Breda
Pays-Bas



ENERGIE RENOUVELABLES ET RESEAU LOCAL POUR LES HAUTS DE L'ÎLE DE LA REUNION

Cette étude a été réalisée pour la mise en place du service public de l'électricité dans le Cirque de Mafate. L'objectif est d'utiliser les ressources locales en énergie et les énergies renouvelables.

Technologies pour l'électrification par mini réseau des sites isolés

Centrale photovoltaïque



Un champ de modules photovoltaïques produit du courant électrique continu qui est ensuite stocké en batteries.

L'éolienne



Bois énergie



Cogénération à partir d'une chaudière haut rendement (40% pour le réseau de chaleur et 30% pour la production d'électricité).

Micro hydraulique

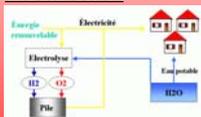


C'est l'utilisation de la pression acquise par une eau qui chute. Cette force hydraulique vient mettre en rotation une turbine couplée à une génératrice de courant.

Système hybride

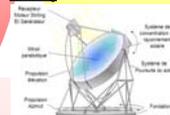
Système constitué de deux ou plusieurs sources d'énergies. Il utilise soit des énergies renouvelables seules, soit associées à un groupe électrogène.

Pile à combustible



L'hydrogène peut être produit par électrolyse. Le courant nécessaire est fourni par les énergies renouvelables.
 Piles de types : MCFC ou SOFC

Concentrateur solaire + moteur Stirling



Un concentrateur récupère et concentre le rayonnement solaire et les renvoie vers un récepteur qui est le point chaud d'un moteur Stirling.

Îlet de la Nouvelle

Un audit énergétique a été réalisé au cœur même de l'Îlet de La Nouvelle (auprès de 36 mafatais), un bilan énergétique et un relevé des installations électriques actuelles en sont ressortis.

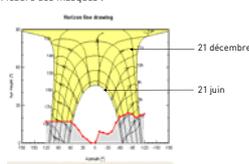
Soleil

Site proposé :



Vue aérienne de La Nouvelle

Mesure des masques :



Masques retranscrits par le logiciel PV Syst

Dimensionnement de la centrale photovoltaïque :

$$S = 2000 \text{ m}^2 \Rightarrow E = 216 \text{ MWh/an}$$

$$Pc = 240 \text{ kWc}$$

Le site proposé peut accueillir soit une centrale photovoltaïque, soit un concentrateur solaire avec un moteur Stirling.

Eau

En augmentant le débit de captage d'eau potable et d'irrigation (Ravine Cimendal).

Puissance récupérable à partir de ce captage : 15 à 20 kW. Une étude a été réalisée en 1986 (commanditée par le Comité Régional de Maîtrise de l'Énergie).

L'énergie produite serait d'environ 140 MWh/an.

Un complément de puissance amené par les ravines Vallon et Pêche?



L'ONF a récemment planté de jeunes arbres sur le site de La Plaine aux Sables. Ceci afin d'assurer l'approvisionnement en bois pour les habitants du Cirque de Mafate. Il n'est pas exclu de consacrer une partie de ce bois pour alimenter une chaudière haut rendement qui fonctionnerait en cogénération.

Installations photovoltaïques :

Puissance totale de panneaux photovoltaïques installée : 72 kWc (40 % pour les professionnels et 60 % pour les particuliers)
 Puissance moyenne installée par famille : 980 Wc
 Énergie produite par les panneaux solaires : 65 MWh/an

Groupes électrogènes :

47,2 % des habitants possèdent un groupe électrogène. Au total : 19 stations diesel pour une puissance de 220,8 kW.
 Énergie produite par les groupes électrogènes : 70 MWh/an

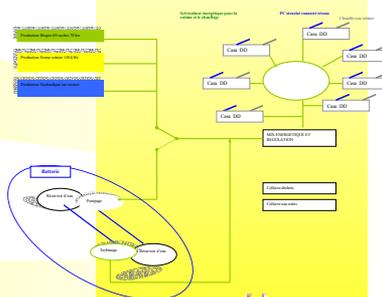
Consommation totale actuelle : 135 MWh

Besoins énergétiques totaux : 310 MWh/an

Énergie à produire par les énergies renouvelables : 245 MWh/an

Les solutions envisageables à la nouvelle

Systèmes hybrides

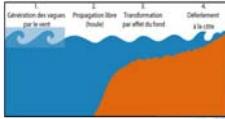




ENERGIE DES VAGUES

Île de la Réunion

La physique des vagues



L'énergie des vagues est une forme d'énergie éolienne donc solaire qui est concentrée à la surface des océans. Le vent génère, par frottement entre l'air et l'eau (tension superficielle), des ondes de surfaces : les vagues

La transformation des vagues par le fond met en jeu plusieurs phénomènes:

- La réfraction (déviations des rayons de houles)
- La diffraction
- Le « shoaling » ou gonflement des vagues bien connu des surfeurs
- La friction avec le fond (phénomène dissipatif)
- Le déferlement (phénomène fortement dissipatif)

Une vague se caractérise par sa hauteur, sa période et sa direction

Atlas de la ressource: méthodologie



Quelques usines houlomotrices!

La colonne d'eau oscillante

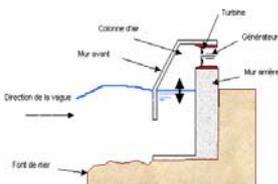
C'est la technologie la plus développée dans le monde.

Elle peut être appliquée sur la côte ou en pleine mer.

Quelques développeurs actuels:

- Wavegen (RU)
- Energetech (Australie)
- Orecon (RU)

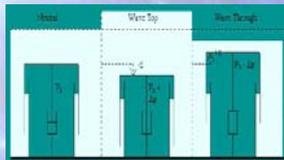
... pour des puissances allant de 50 kW à 2 Mw en pleine mer.



Utiliser la force d'Archimède!

Les variations du niveau de la mer au passage d'une vague fait varier le volume du ballon immergé, créant une oscillation verticale du ballon (principe d'Archimède).

Un prototype de 2MW, l'Arcimède Wave Swing est testé au Portugal



L'arcimède Wave Swing apponté



Le WaveDragon: prototype de 20kW

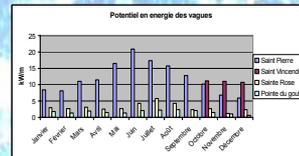
Le potentiel mondial



Le potentiel en énergie des vagues s'exprime en kW/m

Le potentiel mondial estimé s'élève à 2TW
 La puissance associée serait de 2000TWh/an

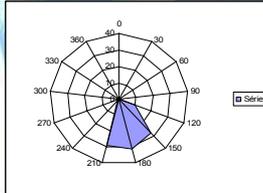
Le potentiel Réunionnais



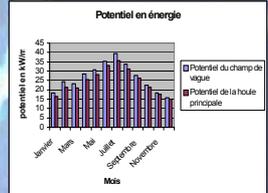
Le potentiel moyen onshore à Saint Pierre est 12kW/m

Mesures réalisées par les houlographes posés par la DDE

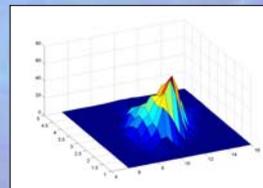
Le potentiel offshore au sud de La Réunion (55.5°E; 22.5°S):



Rose des vagues: la direction la plus fréquente est 180° c'est-à-dire les vagues qui viennent du sud.

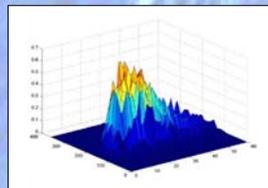


Le potentiel offshore est de 25kW/m



Fréquence d'occurrence énergétique du couple (Hauteur, Période)

Le couple le plus énergétique est (2;10.5)



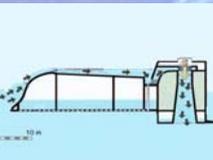
Fréquence d'occurrence énergétique du couple (Hauteur, Période)

Le secteur le plus énergétique est le secteur 180°-195°

Transformer le déferlement des vagues

Les vagues incidentes sont concentrées par deux bras fixes de forme parabolique et guidées vers le bassin surélevé de l'usine. L'eau s'y accumule avant de s'écouler par des turbines pour retrouver le niveau moyen de la mer

Quelques développeurs : WaveDragon, Waveplane





Gestion énergétique

dans les patrimoines bâtis

L'exploitation d'un patrimoine représente plus de 72% de son cycle de vie, alors à l'aide d'une bonne méthode et d'une bonne équipe une baisse de ces coûts d'exploitations peuvent être réalisées.

La gestion patrimoniale

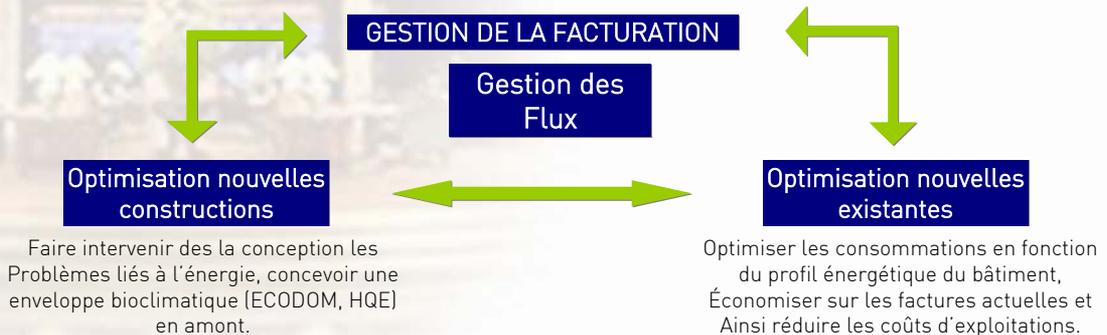
Principes de gestion :

- Bonne connaissance du Patrimoine (inventaire, Recensement....)
- Plan de gestion patrimoniale adapté
- Mise en place de moyens logistiques adéquat (logiciel de gestion, ou de régulation)
- Mise en place de moyens Humains (gestionnaire de flux)



La gestion énergétique

Permet de suivre l'évolution des consommations, Réaliser de la prévision énergétique et analyser Si les contrats concessionnaires sont adaptés.



Logiciels de gestion

Déclic : logiciels gratuits destinés aux collectivités et développé par l'ADEME

Hélios : logiciel de gestion et de simulations énergétique développer au canada par l'entreprise ENERKO, son coût est de 8000 €uros.



PARTENAIRES PLATE-FORME RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT

Lycée professionnel Roches Maigres, Sidélec, Délégation Régionale de la Recherche et de la Technologie, Groupe APAVOU, SEM Muséo, Mairie de Salazie, Météo France.

James EXPEDIT

Licence professionnelle Gestion et conduite de projet
Option Habitat Energie et Environnement

Méthanisation des boues de station d'épuration

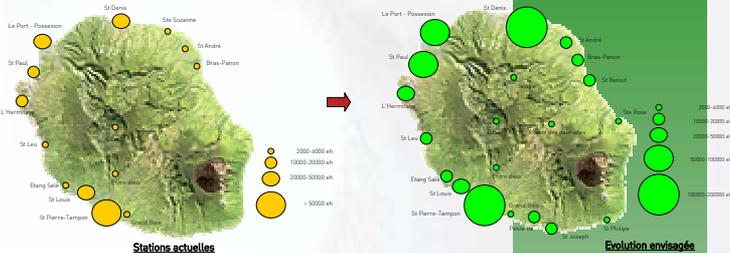
Boues de Station d'Épuration – Problématique Réunionnaise

Situation actuelle

- ✓ 14 stations d'épuration - 275 000 équivalent-habitants.
- ✓ 4000 tonnes de Matières Sèches produites annuellement.
- ✓ **Gestion Problématique** : mise en décharge, épandage non autorisé, rejet en mer.

Situation future (2010 - 2015)

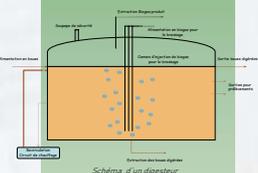
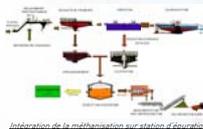
- ✓ 20 stations d'épuration - 725 000 équivalent-habitants.
- ✓ 12 000 tonnes de Matières Sèches produites annuellement.
- ✓ Modes d'éliminations autorisés : **Incinération** et **Valorisation Agronomique**.



Méthanisation des boues, une réponse à cette problématique

Caractéristiques de la méthanisation des boues

- ✓ Méthanisation des boues = étape de traitement biologique des boues sur la station.
- ✓ La méthanisation se déroule dans une enceinte fermée, privée d'oxygène, appelée digesteur.
- ✓ Les boues séjournent 3 à 4 semaines dans le digesteur.
- ✓ Le digesteur est chauffé (37 °C ou 55°C), et brassé.
- ✓ La méthanisation est réalisée par différentes populations bactériennes qui digèrent la matière organique des boues et la transforment en Biogaz.



Intérêts de la méthanisation

Intérêts environnementaux :

- ✓ la méthanisation élimine « naturellement » jusqu'à 40% de la matière sèche.
- ✓ la méthanisation stabilise les boues (élimination des odeurs, hygiénisation).

Intérêt énergétique :

- ✓ La méthanisation produit en grande quantité une énergie valorisable : le biogaz.
- ✓ Biogaz = gaz composé principalement de méthane (65%) et de CO₂ (30%).

En comparaison à une situation de traitement sans méthanisation :

Moins de boues à traiter et éliminer

Moins d'émissions polluantes sur l'ensemble de la filière

Moins de consommation énergétique pour traitement et élimination

Production d'énergie

Bilan environnemental meilleur avec une étape de méthanisation

Bilan énergétique meilleur avec une étape de méthanisation

Efficacité de la Méthanisation

Suivant le type de boue* produit par la station :

- ✓ Taux d'abattement sur la matière sèche : 20 à 40 %**.
- ✓ Productivité en méthane : 110 à 220 m³ de CH₄ / tonne de matière sèche**.
- ✓ Energie produite : 1100 à 2200 kWh / tonne de matière sèche.
- ✓ Energie **valorisable** : **1040 à 2090 kWh** / tonne de matière sèche.

Valorisation énergétique

- ✓ Chauffage du digesteur : 15 à 30 % de l'énergie valorisable (fonction du type de boue).

Pour les 70 à 85 % non utilisés, différentes possibilités de valorisation :

- ✓ Traitement des boues : éventuels besoins thermiques (séchage, incinération sur site).
- ✓ Valorisation « annexe » : électricité, chaleur, cogénération, trigénération (froid), combustible.

*Type de boue suivant les traitements de l'eau utilisés, les boues auront des aptitudes différentes à la méthanisation.
 ** Pour un brassage/mélange « idéal » à 37 °C.

Un potentiel Réunionnais avéré

8 projets de stations présentent un potentiel intéressant pour la méthanisation

Etudes pour des conditions optimales de fonctionnement de la méthanisation

Pour un projet (100 000 EH*)

- ✓ Production de boue avant méthanisation : 1 800 tonnes de matière sèche / an.
- ✓ Production après méthanisation : 1 080 tonnes de matière sèche / an (720 tonnes éliminées).
- ✓ Energie valorisable (après chauffage du digesteur à 37°C) : 3,2 GWh / an.
- ✓ Productible électrique : 1,1 GWh / an (30 % de la consommation électrique de la station).

Pour l'ensemble des projets (635 000 EH)

- ✓ Production de boue avant méthanisation : 11 400 tonnes de matière sèche / an
- ✓ Production après méthanisation : 6 850 tonnes de matière sèche / an (4550 tonnes éliminées)
- ✓ Energie valorisable (après chauffage du digesteur à 37°C) : 19,5 GWh / an, soit 1670 TEP**
- ✓ Productible électrique : 6 GWh / an.

↳ Représente la consommation annuelle de 1700 foyers (3500 kWh / foyer.an)

* EH : équivalent habitant.
 ** TEP : tonne équivalent pétrole.



Gestion énergétique dans les patrimoines bâtis

L'exploitation d'un patrimoine représente plus de 72% de son cycle de vie, alors à l'aide d'une bonne méthode et d'une bonne équipe une baisse de ces coûts d'exploitations peuvent être réalisées.

La gestion patrimoniale

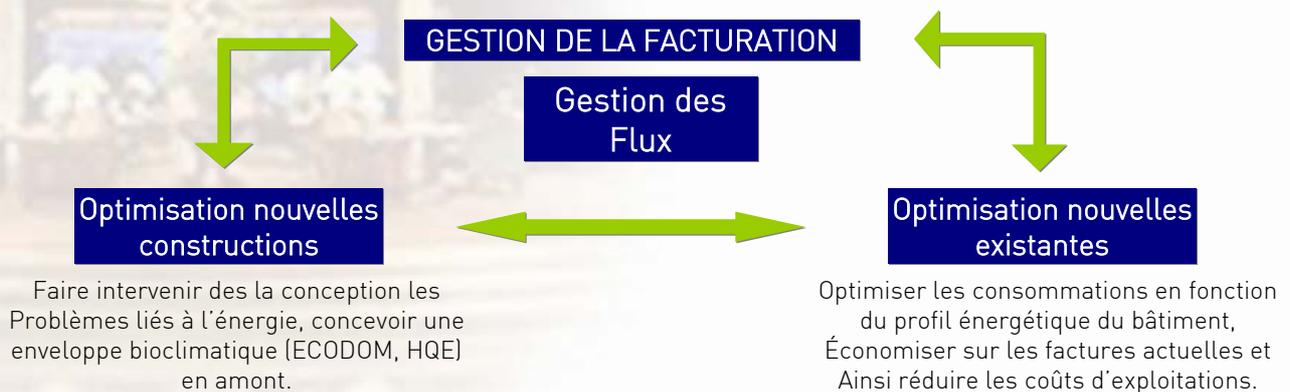
Principes de gestion :

- Bonne connaissance du Patrimoine (inventaire, Recensement....)
- Plan de gestion patrimoniale adapté
- Mise en place de moyens logistiques adéquat (logiciel de gestion, ou de régulation)
- Mise en place de moyens Humains (gestionnaire de flux)



La gestion énergétique

Permet de suivre l'évolution des consommations, Réaliser de la prévision énergétique et analyser Si les contrats concessionnaires sont adaptés.



Logiciels de gestion

Déclic : logiciels gratuits destinés aux collectivités et développé par l'ADEME

Hélios : logiciel de gestion et de simulations énergétique développer au Canada par l'entreprise ENERKO, son coût est de 8000 €uros.



EOLIEN DE PROXIMITE

Applications potentielles pour la Réunion

Présentation du sujet

Aux côtés des grandes centrales éoliennes terrestres et des parcs éoliens offshore, les fermes éoliennes de proximité, de faible puissance, constituent la troisième voie de développement de l'énergie éolienne. Les fermes éoliennes de proximité, procédant d'initiatives rurales, sont à l'origine de l'essor et du succès de l'éolien en Europe du Nord. Une ferme éolienne est constituée de un ou deux aérogénérateurs de puissance moyenne pour atteindre au maximum une puissance nominale de 500 kW. Elle est raccordée au réseau de distribution HTA. Lorsqu'elle n'affiche que quelques dizaines de kW, la micro-ferme éolienne peut être raccordée au réseau BT.

Fonctionnement:

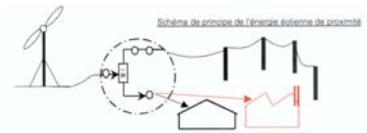
1er cas: Vous avez des besoins électriques sur le site d'implantation de l'aérogénérateur (« autoproduction »); suivant la vitesse du vent et vos besoins, il existe deux modes de fonctionnement:

Production (vente d'énergie): lorsque la puissance produite par l'aérogénérateur est supérieure à vos besoins, le surplus est injecté sur le réseau électrique public. Ce surplus peut être récupéré à terme sur le réseau, qui est utilisé comme moyen de stockage de l'électricité.

Consommation (achat d'énergie): lorsque la puissance éolienne est inférieure à vos besoins, le réseau électrique fournit le complément nécessaire.

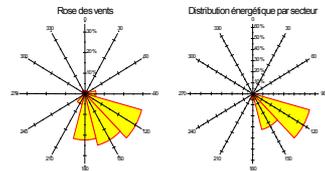
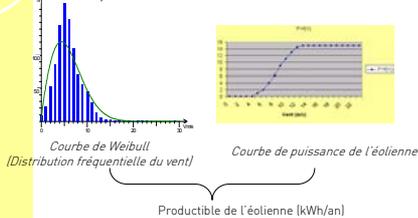
La compagnie d'électricité gère les deux flux d'énergie et suivant le cas achète ou vend l'énergie (le tarif de rachat étant éventuellement différent du tarif de vente).

2ème cas: Vous n'avez pas de besoins électriques sur le site d'implantation de l'aérogénérateur (vous devenez alors producteur indépendant); toute la puissance produite par l'aérogénérateur est alors évacuée par le réseau électrique public pour satisfaire en priorité les besoins des proches.



Le potentiel éolien

Le productible d'une éolienne



La rose des vents nous permet de connaître le pourcentage d'apparition des vents dans chaque secteur, mais l'élément important pour le calcul de potentiel éolien est la rose énergétique. Elle permet de définir l'axe optimal d'implantation pour les machines sur le site.

Le cas concret du port de Saint-Pierre à la Réunion

Le développement d'un projet de parc éolien se décompose comme-ci:

- Validation de la faisabilité d'un projet
 - Etude de faisabilité
 - Obtention des autorisations administratives
 - Chantier
 - Exploitation
 - Démantèlement
-
- le potentiel éolien,
 - la proximité du réseau électrique,
 - l'environnement et les aspects juridiques
 - les servitudes réglementaires (aéroport, armée de l'air, faisceau hertzien),
 - la maîtrise du foncier,
 - la densité d'habitations,
 - le contexte politique local,
 - la taille du site,
 - l'urbanisme

Les points forts de ce projet:

- élément signal à l'angle du port
- couvrir une partie des besoins en éclairage public
- alimentation sécurisée en cas de coupure du réseau électrique
- effet d'image: Saint Pierre, port moderne, « port du Sud »
- vitrine touristique
- Contribution à la protection de l'environnement





CONSTRUCTION DURABLE

Cible Energie et signature Energétique par type de bâtiment

CONTEXTES

- L'île de la Réunion connaît une forte croissance démographique.
- Demande sociale importante sur les logements, les services publics et les équipements.
- Pour la période 1999/2030, construction de 250 000 logements.
- 1000 km² de territoire utile pour la construction.
- L'habitat est le 2^{ème} secteur de consommation d'électricité

PROBLEMATIQUES

- Pas de réglementation thermique dans les DOM à leur actuelle
- Manque de campagnes de mesures sur les typologies de bâtiment
- Pas d'outils adaptés à la planification énergétique

SOLUTIONS ENVISAGEABLES

- LA CONSTRUCTION DURABLE
 - ✓ Conception bioclimatique adaptée à chaque microclimat de l'île



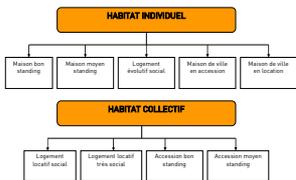
➢ LA CIBLE ENERGIE

- ✓ **Maîtrise de la Demande de l'Energie**
 - Favoriser l'éclairage naturel
 - Limiter la consommation des veilles
 - Utiliser des lampes basse consommation
 - Utiliser des appareils électroménagers classe A
 - Utiliser des équipements économes en eau
 - Mettre en place une récupération d'eau de pluie
- ✓ **Intégration des énergies renouvelables**
 - Solaire thermique
 - Solaire photovoltaïque
 - Eolien de bâtiment



OUTILS MIS EN PLACE

- **UN RAPPORT DE SYNTHESE** avec notamment :
 - ✓ Un guide des prescriptions architecturales adaptées au lieu d'implantation
 - ✓ les technologies à disposition
- **UN LOGICIEL INFORMATIQUE** permettant :
 - ✓ d'établir des profils énergétiques selon la typologie du bâtiment avec les impacts engendrés



ECONOMIE D'ENERGIE			
Consommation (kWh/an) sans ECS			
Surcoût	Sans poste climatisation	Surcoût cible MDE (Euros)	
		Surcoût cibles MDE + CES solaire (Euros)	
Sans poste climatisation	Sans poste climatisation	Economies avec cible MDE (kWh/an)	
		Economies avec cible MDE + CES solaire (Euros/an)	
		Temps de retour (années)	
		Economies avec cible MDE + CES solaire (kWh/an)	
Avec poste climatisation	Avec poste climatisation	Economies avec cible MDE + CES solaire (Euros/an)	
		Economies avec cible MDE (kWh/an)	
		Economies avec cible MDE + CES solaire (kWh/an)	
		Economies avec cible MDE + CES solaire (Euros/an)	
Etc.	Avec poste climatisation	Economie d'eau (m ³)	
		Economie d'eau (Euros)	
Indice d'efficacité énergétique (kWh/m ² /an/logement)			

PRESERVATION DE L'ENVIRONNEMENT			
Sans poste climatisation	Sans poste climatisation	Avec cible MDE	
		Avec cibles MDE + CES solaire	
Avec poste climatisation	Avec poste climatisation	Avec cible MDE	
		Avec cibles MDE + CES solaire	
Sans poste climatisation	Sans poste climatisation	Avec cible MDE	
		Avec cibles MDE + CES solaire	
Avec poste climatisation	Avec poste climatisation	Avec cible MDE	
		Avec cibles MDE + CES solaire	
Avec poste climatisation	Avec poste climatisation	Avec cible MDE	
		Avec cibles MDE + CES solaire	
Avec poste climatisation	Avec poste climatisation	Avec cible MDE	
		Avec cibles MDE + CES solaire	



URBANISME ET QUARTIER DURABLE

« Le développement durable vise à satisfaire les besoins de développement des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs »

Aménager un quartier durable

Quels démarche choisir ?

Une intervention globale
l'aménagement de la ville

Des interventions spécifiques
Transports et Logements

Une intervention locale
l'aménagement du quartier

Quelles préconisations ?

Eau
Energie
Déchets
Espace
Déplacements
Construction Bioclimatique



Intégrer l'énergie dans: Les outils d'urbanisme

Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) : une vision globale de l'agglomération

Plan Local d'Urbanisme (PLU) : un projet communal urbain global

Plan de Déplacements Urbain (PDU) : une maîtrise des déplacements

*Programme Local de l'Habitat (PLH) et Opération Programmée d'Amélioration de l'Habitat (OPAH) :
une gestion durable des logements*

Zone d'Aménagement Concerté (ZAC) et Lotissement : la structuration durable du quartier

Un quartier durable...

...Est un espace géographique cohérent qui préconise un environnement viable, une économie viable et une équité sociale

...Est un quartier qui associe tous les acteurs du quartier pour son élaboration, sa construction et son utilisation



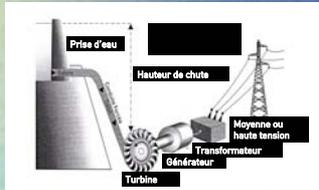
LA MICRO HYDRAULIQUE SUR RESEAUX D'ADDUCTION ET D'ASSAINISSEMENT : UNE SOURCE D'ENERZI PEI

A la Réunion, les zones montagneuses possèdent de nombreux réseaux d'eau dans lesquels la dénivellation entre l'amont et l'aval est importante, ce qui induit une pression trop élevée pour être supportée par les canalisations. Des brises charge sont donc indispensables pour atténuer cette pression

Pour récupérer cette énergie, il est possible d'installer des petites turbines sur les réseaux d'adduction et d'assainissement en remplacement des brises charges : c'est le turbinage des eaux (ou micro hydraulique).

Toute source s'écoulant sous pression est une source potentielle d'énergie

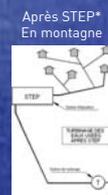
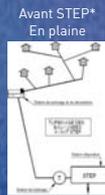
Récupération de l'énergie



Énergie hydraulique → Turbine + roue → Énergie mécanique → Générateur → Énergie électrique

Réseaux d'eaux usées :

2 implantations possibles pour la micro hydraulique



* Station d'épuration

Réseaux d'eau potable ou d'irrigation



Pression excédentaire à dissiper avant l'entrée dans le réseau de distribution

Potentiel facilement estimable : dépend de la hauteur de chute (en m) et du débit d'eau turbiné (en m³/s)

IMPACT ENVIRONNEMENTAL

- Pas d'impact sur le milieu naturel,
- Impacts sur le milieu humain limités :
 - impact paysager, } Mesures réductrices
 - impact sonore, } Positifs
 - impact sur la santé, }
 - impact socio-économique. }

Cette technologie valorise une énergie propre qui autrement serait dissipée sous forme de chaleur.

UTILISATION ENERGETIQUE

L'énergie produite peut être :

- Revendue à EDF
- Autoconsommée dans les unités de production d'eau potable
- Dédiée intégralement aux besoins des bâtiments publics ou aux réseaux d'éclairage public

Une contribution à la protection de l'environnement :

1 GWh hydro-électrique injecté dans le réseau mixte réunionnais évite l'émission de 960 tonnes de CO₂

Les bénéfices espérés sont fonction du productible énergétique ,

Le temps de retour dépend de l'investissement,

Ces deux notions sont facilement estimables et rendent compte rapidement de la rentabilité du projet

Cette technologie présente des **atouts considérables** qui s'ajoutent à la satisfaction de produire et d'utiliser une **énergie propre et renouvelable**, dans la perspective d'un **développement durable** et d'un aménagement harmonieux du territoire.

Appuis Financiers

- ADEME :
 - 70 % du montant du pré-diagnostic,
 - 50 % du montant des études de faisabilité,
 - 20 % des investissements.
- Conseil Général,
- Conseil Régional,
- Contrat avec EDF,
- Fonds Européen ...

**LE TURBINAGE SUR ADDUCTION D'EAU ET RESEAUX D'ASSAINISSEMENT :
UNE ENERZI PEI POUR LES REUNIONNAIS, PAR LES REUNIONNAIS.**



INTEGRATION D'EOLIENNE

A des bâtiments

Aujourd'hui, à la Réunion, les grands espaces sont de plus en plus rare, aussi des alternatives pour le domaine éolien sont à rechercher. Une de ces alternatives est l'installation d'éoliennes en zone urbaine, sur des bâtiments par exemple, ou même à proximité.

Eolienne de bâtiment

Une des applications possible est l'installation d'éoliennes sur le toit d'un bâtiment. Cela peut revêtir la forme suivante :



Éolienne de 1,5 kW de 1,6 m de diamètre

Eolienne de proximité

L'autre application possible est l'installation d'éoliennes à proximité d'un bâtiment. Cela peut revêtir la forme suivante :

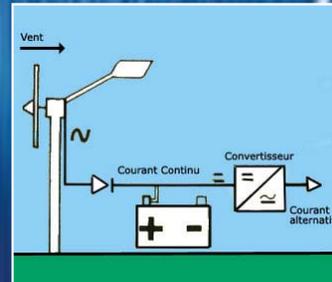


Éolienne de 5 kW de 5 m de diamètre

Les modes de raccordement

Pour ces applications deux modes de raccordement sont possibles:
 - L'alimentation d'un réseau ondulé (alimentant certains appareils en cas de coupure électrique) en chargeant des batteries (pour des éoliennes de moins de 10kW)

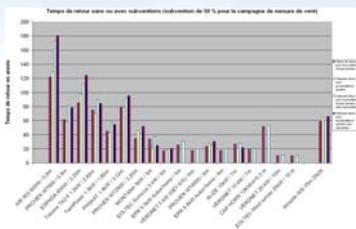
- Le raccordement au réseau RTE (anciennement EDF) comme n'importe quel producteur d'électricité, avec un tarif d'achat du kWh préférentiel de 0,915€ / kWh (pour des éoliennes de plus de 10kW)



Outils d'aide à la décision

Deux outils sont disponibles pour appliquer ce type de systèmes sur votre bâtiment ou à proximité :

- La méthode générale d'intégration d'éoliennes sur des bâtiments tertiaires, qui vous aidera à cerner tous les problèmes qui pourraient stopper le projet et vous aider à choisir le modèle le plus adapté
- Le logiciel AREREOLE, pour vous permettre de calculer la production d'électricité, le coût et les temps de retour de plusieurs modèles d'éoliennes pré-enregistrés, grâce à des simulations appliquées à votre lieu d'implantation.

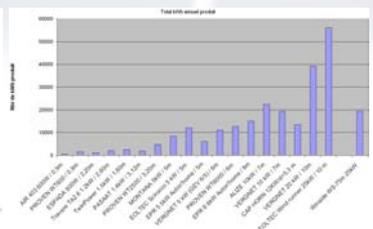


Entrez les données des mesures de vent situées sur ou à proximité du site concerné et les caractéristiques de ce site.

	Coefficient de qualité	Classe de régime	Nombre de jours par an	Ratio de vent 10% (fréquence en 1 an)
No de jours de mesure de vent	2	0,5	10	5,50
No de observations de données	2	0,5	10	5,00

8700

Attention ! Aucune modification de la valeur du vent mesuré par rapport à l'installation de la turbine. Au lieu de mesurer au site concerné, n'est efficace. Une formule mise en place pour faciliter le calcul éolien dans le cadre de votre 'Résultats pour d'autres usages'.



PARTENAIRES PLATE-FORME RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT

Lycée professionnel Roches Maigres, Sidélec, Délégation Régionale de la Recherche et de la Technologie, Groupe APAVOU, SEM Muséo, Mairie de Salazie, Météo France.

Thomas GAUTHIER ESTP
 ESTP de Paris
 Elève Ingénieur Mécanique & Électricité