



Création d'une station écologique de traitement de l'eau et de valorisation des déchets d'épuration à vocation éducative

Développement du tourisme et de l'économie locale d'une commune
rurale du Cher (18)

Projet Individuel
Thibault Nové-Josserand
DAE3 2014-2015
Sous la direction de Mindjid MAIZIA

Création d'une station écologique de traitement de l'eau et de valorisation des déchets d'épuration à vocation pédagogique

Développement du tourisme et de l'économie locale d'une
commune rurale du Cher (18)

Projet Individuel
Nové-Josserand Thibault
DAE3 2014-2015
Tuteur de Projet : Mr MAIZIA

Table des matières

Avertissement	3
Remerciements	4
Introduction.....	5
Destinataires.....	5
Contexte et enjeux	5
Diagnostic	8
Le terrain	8
Etat des lieux	9
Démarche	9
Projet	10
Données.....	10
Station d'épuration et méthaniseur	10
Energie photovoltaïque	12
Energie Eolienne.....	13
Formules.....	14
Station d'épuration	14
Méthaniseur	14
Panneaux solaires.....	14
Eoliennes	14
Programme.....	15
Calculs, exploitation et limites	16
Aménagement du site	17
Emprise au sol	17
Plan et Croquis.....	18
Conclusion	20
Bibliographie.....	21
Table des illustrations.....	22
Résumé.....	24

Avertissement

- Le PIND est un premier test qui permet à l'élève ingénieur de s'évaluer (et d'être évalué par les enseignants), de prendre conscience des connaissances acquises mais également de la marge de progression et des éléments qui lui restent à acquérir.
- Le PIND est un espace de liberté (le seul dans la formation) qui mesure la motivation de l'élève ingénieur pour l'aménagement.
- Le PIND est un exercice qui doit permettre de problématiser un sujet en s'appuyant sur des recherches bibliographiques, d'élaborer un diagnostic orienté et d'émettre des propositions.

Remerciements

Je tiens en premier lieu à remercier M. MAIZIA, tuteur de ce projet, pour l'aide qu'il m'a prodiguée, le temps qu'il m'a consacré ainsi que pour l'enseignement de ses méthodes de travail.

Je souhaite également remercier les enseignants nous ayant encadré lors des travaux en groupe, Mme Savourey, M. Larribe ainsi que M. Wantzen.

Pour notre étroite collaboration, notre entente tout au long de ce projet et les conseils qu'il m'a donnés, je me dois également de remercier M. Bergougnan, agriculteur et propriétaire des terrains sur lesquels repose ce projet.

Introduction

La forme du projet présenté dans ce dossier a été ajustée au cours de l'année dans le but de mieux répondre aux attentes scolaires de cet exercice mais le fond reste le même. En effet, l'intitulé originel de ce projet était : Développement d'une zone d'activités à vocation environnementale et création d'une « Maison de l'Environnement et des Energies » sur un terrain agricole non exploité. Ce projet est né d'une discussion avec un agriculteur et les terrains agricoles cités dans le titre originel lui appartiennent et sont situés sur la commune de Marmagne, dans le Cher. Cependant, ce projet comporte des objectifs à long terme, c'est pourquoi j'ai choisi de le traiter en partie pour en faire un « projet concret », la création de cette infrastructure énergétique. Il s'agit donc ici d'approximer et de prévoir, les consommations et productions énergétiques des différents éléments pour apporter l'autonomie à la station.

Destinataires

Ce dossier s'adresse dans un premier temps au maire de la commune de Marmagne, Mr de GERMAY. Même si, comme évoqué par la suite, ce dernier donne un accord de principe pour le développement d'un tel projet, il s'agit ici d'apporter une idée concrète afin de rapprocher de la réalité le projet, qui n'est actuellement qu'une idée, une envie commune du l'agriculteur et du maire.

Le deuxième objectif est ici d'attirer l'attention des entrepreneurs en vue d'une future participation au projet à long terme.

Contexte et enjeux

La commune de Marmagne compte un peu plus de 2000 habitants (2029 habitants en 2011 avec un taux d'augmentation de 0.4% entre 2006 et 2011, d'après l'INSEE) pour une superficie de 37,7 km². Dans cette commune, l'agriculture représente 20% des établissements actifs (soit environ 28 sur 139), ce secteur a donc un rôle important au sein de la commune (c'est le deuxième secteur après celui du commerce, transports et services divers). La commune fait partie de la communauté d'agglomération BourgesPlus qui compte environ 100000 habitants. Historiquement, cette communauté d'agglomération, et principalement Bourges, avait une activité industrielle portée dans le domaine de l'armement. La ville cherche donc à développer une nouvelle politique et notamment en encourageant des projets de développement durable.



Le projet se place dans la continuité logique d'une intention de développement économique voulu par le propriétaire des terrains, Mr Bergougnan. En effet, il possède déjà sur ses terres une plateforme de compostage (dans le prolongement de son activité agricole) ainsi qu'une plateforme de valorisation de bois (réutilisation des déchets végétaux pour le chauffage). Lors de la révision récente du PLU de la commune de Marmagne, en accord avec la communauté d'agglomération BourgesPlus, M. Bergougnan ainsi que M. De Germay, maire de Marmagne, ont décidé de classer une partie du terrain agricole (soit 43ha) en « zone d'activités à vocation environnementale », cette classification n'a aucune valeur réglementaire autre qu'une « zone industrielle » plus classique mais elle montre l'implication du maire dans ce projet puisque cette classification permet de lancer le développement de deux nouveaux projets à moyen terme : un champ solaire de 15ha et une plateforme de méthanisation (production de biogaz notamment pour les transports en commun déjà adoptés par la ville de Bourges), l'objectif général étant de créer une économie territoriale mais également départementale voire régionale. On note donc que pour la suite du projet, le côté administratif ne sera pas un problème dans le sens où même si certaines démarches peuvent être longues, tout sera fait dans les règles et la mairie ne sera en aucun cas opposée à ce projet. Enfin, vient un objectif à long terme, l'implantation d'une zone classée « Projet Environnemental » sur laquelle sera créé, comme le définit Mr Bergougnan, un « Futuroscope de l'énergie et de l'environnement » qui pourrait être en fait un grand centre d'activités. M. Bergougnan m'a fait part de son envie d'attirer de nouvelles entreprises afin de diversifier les plateformes déjà présentes, objectif qui pourra être atteint à posteriori de ce projet. De plus, afin d'encourager le développement du tourisme local, il a été question d'ajouter un aspect éducatif à ces installations, d'intégrer à l'ensemble des plateformes un parcours touristique. En effet, certaines « nouvelles » sources d'énergie comme la biomasse ne sont que trop peu connues du grand public.

Les objectifs communs au maire et au propriétaire des terrains étaient donc clairs, il s'agit de créer un site « écotouristique » permettant de développer le tourisme local en élargissant du même coup le domaine d'activités de l'agriculteur. C'est pour concilier ces objectifs qu'est né d'une conversation avec l'agriculteur ce projet de station écologique. En effet, chacun de ses composants répond à un enjeu. Cette station serait composée de quatre éléments :

-Une station d'épuration : Apparaissant comme le cœur du projet, la station permet un traitement des eaux usées et fourni au méthaniseur la matière organique nécessaire à la création du méthane. Au commencement de ce projet, l'idée était de dimensionner la station pour la commune seule de Marmagne mais après une approximation des consommations et productions des différents éléments (grâce au programme de calcul présenté plus bas), pour apporter plus d'intérêt (notamment une autonomie plus difficile à atteindre), j'ai décidé d'imaginer une station d'épuration utile à toute la communauté d'agglomération BourgesPlus.

-Un méthaniseur (ou Plateforme de méthanisation) : Il fermente la matière organique pour en faire du biogaz composé de méthane. Intégré à une station d'épuration, il peut permettre de réduire la consommation de celle-ci ou de fournir du méthane pouvant être réutilisé notamment comme carburant pour les bus de la communauté d'agglomération. De plus, après digestion des boues, celles-ci peuvent toujours être utilisées pour des activités agricoles telles que le compostage ou l'épandage comme le décrit la figure 1 ci-dessous.

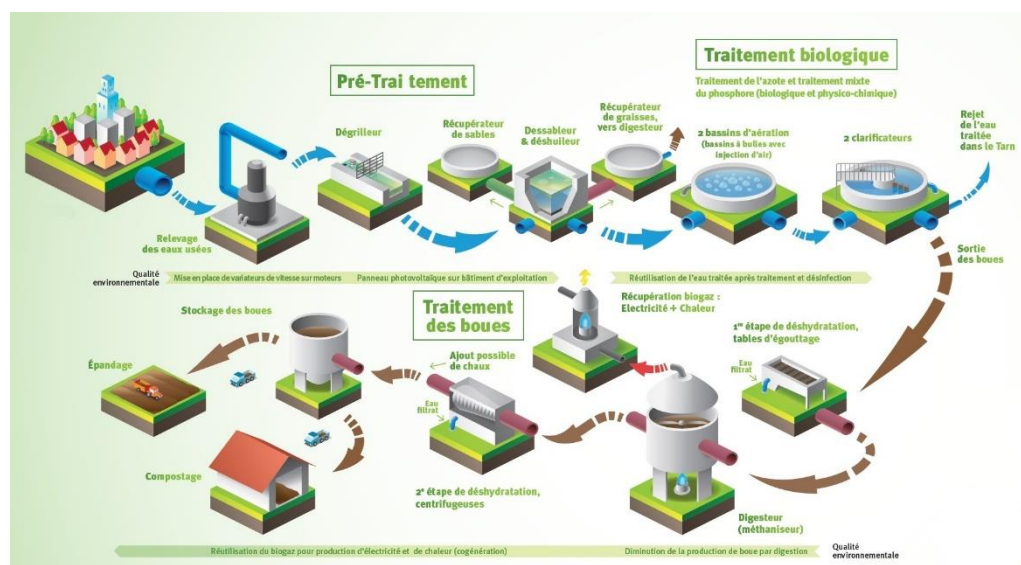


Figure 1 Schéma du Processus de Traitement

Intérêt pour le projet : La méthanisation est un procédé peu connu du grand public. De plus, cela répond à une envie évoquée par le propriétaire des terrains.

-Des éoliennes et panneaux solaires : Ces installations vont permettre de fournir la puissance manquante à l'autonomie complète de la station.

Intérêt pour le projet : Encore une fois, l'agriculteur est déjà impliqué dans des projets concernant l'énergie solaire et ces deux éléments apportent un coté éducatif supplémentaire.

Etat des lieux

Comme tout projet d'aménagement, la création de la station doit pouvoir se justifier. Ce projet se place dans un contexte propice au bon déroulement et développement d'une telle initiative. Dans le milieu de l'éolien par exemple, d'après les chiffres d'EDF datant de 2010, la région Centre est la deuxième région productrice d'énergie éolienne avec une puissance installée de 528 MW, soit 11.3 % de la puissance totale installée en France (contre 676 MW en Picardie, première région). La région est donc au centre du développement éolien en France qui est en pleine expansion puisqu'entre 500 et 1000 éoliennes sont mises en fonctionnement chaque année. Autre secteur en plein développement, la puissance solaire installée en France a été multipliée par 20 en 5 ans. La méthanisation est quant à elle un procédé trop peu usité et méconnu en France où il existe seulement 400 plateformes de méthanisation dont 60 attachées à une station d'épuration. Localement, en région Centre, il en existe 19 dont une seule attachée à une station d'épuration.

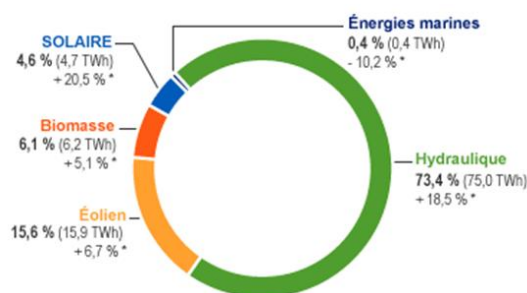


Figure 4 Répartition des sources d'énergie renouvelable en France

Le graphique ci-contre met en avant le fait que malgré son faible développement et sa faible popularité, la méthanisation, production d'énergie en utilisant la Biomasse, est la troisième source d'énergie renouvelable en France.

Démarche

Afin d'obtenir l'autonomie de l'installation, il a fallu dans un premier temps définir les productions et consommations énergétiques journalières des différents éléments. En effet, l'autonomie énergétique d'un territoire de définir comme l'équilibre entre la consommation de celui-ci et sa capacité à répondre à cette consommation par une production durable. Généralement, lors de la création d'un projet de mise en autonomie d'une installation existante, 4 étapes sont nécessaires. Dans un premier temps, il s'agit d'évaluer la consommation actuelle. Dans mon cas, étant donné qu'il s'agit d'un projet de création, l'enjeu est de prévoir, d'estimer, cette consommation qui est en fait celle de la station d'épuration. Le but de la deuxième étape est de définir les besoins réels en imaginant les économies et réductions de consommations qui peuvent être réalisées.

Au sein de ce projet, directement rattaché et indissociable à la station d'épuration, le méthaniseur peut être considéré comme une réduction de consommation puisque même s'il est producteur, un méthaniseur ne peut fournir de l'énergie indépendamment d'une source de matière organique qu'est la station d'épuration. Lors de la 3^{ème} étape, il faut répondre à cette consommation par la production. Le principe est l'évaluation de la capacité du territoire à répondre au regard de son potentiel énergétique. Il s'agit pour moi de définir le nombre d'éoliennes et la surface photovoltaïque nécessaires par exemple. Subvient finalement une dernière étape qui se présente plus comme un problème auquel doit répondre l'entrepreneur, la gestion (le stockage ou la revente) du surplus d'énergie. S'il est relativement aisé pour un territoire de produire à base d'énergies renouvelables, il est souvent beaucoup plus complexe de stocker cette énergie pour en disposer aux périodes de pointe de consommation.

Projet

Concrètement, mon projet s'est articulé autour un système de calcul et de prévention des productions et consommations pour atteindre l'autonomie. La meilleure méthode de calcul aurait été de travailler en puissance afin d'avoir des résultats au cours du temps mais il a été parfois difficile d'obtenir les données en puissance, notamment pour la consommation de la station d'épuration. J'ai donc décidé de travailler en consommation et production énergétique journalière qui offre bien entendu une bien faible précision mais qui m'a permis au moins d'obtenir des résultats et donc une première idée.

Données

Au sein du programme, pour les calculs, les données utilisées sont les suivantes :

Station d'épuration et méthaniseur: La consommation d'une station d'épuration est prévue en fonction du nombre d'habitants desservis, sa capacité en EH. Un EH, Equivalent Habitant, équivaut aux rejets journaliers suivants :

DBO5 (g)	60
DCO (g)	135
Azote N (g)	9.9
Phosphore P (g)	3.5

DBO : Demande Biochimique en Oxygène, c'est la quantité d'oxygène requise pour oxyder les matières organiques présentes dans les eaux usées. Généralement, elle est mesurée au bout de 5 jours à 20°C dans le noir, on parle alors de DBO5.

DCO : Demande Chimique en Oxygène, c'est la quantité de dioxygène consommée pour oxyder les substances minérales de l'eau. Elle permet également d'évaluer la charge polluante des eaux usées.

Ces données permettent de connaître la consommation énergétique qui va être nécessaire pour éliminer ces composants chimiques.

Les estimations de débit journalier (par habitant), de consommations, de production de biogaz et de part de méthane dans le biogaz ont été obtenues à partir des données annuelles de la station d'épuration de la Grange David à La Riche. Ces chiffres m'ont été fournis par Mme Soullignac, responsable de la station au sein du service d'assainissement de ToursPlus. J'installerai donc sur le site une station d'épuration du même type, « séparatif et non unitaire ».

Données fournies

Capacité de la station (EH)	400 000
Quantité d'eau usée traitée annuelle (m ³)	16 231 391
Consommation électrique annuelle (kWh)	8 192 945
Production de biogaz annuelle (m ³)	2 380 681
Part de méthane dans le biogaz produit	60 %

Données calculées

Quantité eau traitée journalière par EH (m ³ /EH)	0.111
Consommation journalière par volume d'eau traitée (kWh/m ³)	0.505
Ratio volume biogaz produit par volume d'eau traitée	0.147

Ces chiffres ont été également utilisés pour les calculs de production du méthaniseur. Les données manquantes, comme le PCI du biogaz ou encore l'efficacité de conversion électrique ont été tirés des travaux en ligne du Dr Charles Banks, professeur d'énergétique et de sciences de l'ingénieur à l'université anglaise de Southampton, qui travaille ici sur les rendements énergétiques d'un biogaz composé à 60% de méthane (comme dans mon cas). On y retrouve les données suivantes :

Valeur thermique du biogaz (kWh/m ³)	6.1
Efficacité de conversion électrique	35%
Valeur électrique après conversion (kWh/m ³)	2.14

Energie photovoltaïque : Pour obtenir une estimation de la production journalière, j'utilise ici deux données, la production d'énergie moyenne par jour par kilowatt-crête installé et la puissance installée (en kilowatt-crête).

La première de ces données est obtenue à l'aide du logiciel gratuit européen PVGIS, logiciel mis à disposition par l'union européenne pour évaluer l'ensoleillement du site d'implantation de panneaux solaires. Ainsi, pour l'adresse de mon champ j'obtiens le tableau suivant.

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 1.0 kW (crystalline silicon)
 Estimated losses due to temperature and low irradiance: 8.4% (using local ambient temperature)
 Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.9%
 Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%
 Combined PV system losses: 23.4%

Fixed system: inclination=35°, orientation=0° (optimum)				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	1.30	40.3	1.57	48.7
Feb	2.14	60.0	2.65	74.1
Mar	3.42	106	4.32	134
Apr	3.91	117	5.10	153
May	3.98	123	5.32	165
Jun	4.20	126	5.70	171
Jul	4.29	133	5.84	181
Aug	4.05	126	5.49	170
Sep	3.73	112	4.94	148
Oct	2.57	79.8	3.30	102
Nov	1.51	45.2	1.86	55.7
Dec	1.21	37.5	1.46	45.3
Yearly average	3.03	92.2	3.97	121
Total for year		1110		1450

E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)
 E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)
 H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)
 H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Figure 5 Tableau d'ensoleillement moyen Marmagne

Comme on peut le constater, le logiciel effectue quelques calculs postérieurs à la mesure directe de l'ensoleillement notamment ceux concernant les pertes éventuelles dues au coefficient de performance photovoltaïque, coefficient dépendant de l'inclinaison. Le logiciel estime donc une perte de 2.9%, perte minimale puisque je dispose de l'espace nécessaire à une orientation optimale des panneaux. Les pertes dues aux conversions énergétiques sont également prises en compte. La première colonne de ce tableau, appelée "Ed", donne la production d'énergie moyenne par jour pour un 1 kilowatt-crête installé, moyenne mensuelle et annuelle. Encore une fois, mon programme ne permettant pas une estimation en temps réel, j'utilise ici la moyenne annuelle, 3.03 kWh/kWc. La deuxième donnée, la puissance installée sera déterminée après les calculs en fonction de l'énergie à fournir pour atteindre l'autonomie.

Energie Eolienne : Il est plus difficile d'évaluer la production d'une éolienne, puisque les calculs utilisent plus de données et des mesures, de vents notamment, moins précis. Il a fallu ensuite trouver un modèle d'éolienne, et ses caractéristiques, adapté aux conditions climatiques du site d'implantation. On utilise donc les valeurs de vent moyen et de rafales les plus violentes, pour définir le modèle d'éolienne adapté. Je choisis ici un modèle dans la gamme d'éoliennes proposées par le fabricant Nordex, société danoise, fabricant choisi par Mr Bergougnan.

Vent moyen (mesuré à 50m) (m/s)	5.2
Vent maximal enregistré (m/s)	30

Comme précisé, ces valeurs sont mesurées à une hauteur de 50 m au-dessus du sol, j'ai donc utilisé la formule suivante pour estimer le vent à hauteur de l'éolienne, 100 m :

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^\alpha$$

Où V1 est la vitesse à la hauteur H1, V2 la vitesse à la hauteur H2 et α un coefficient dépendant de la topographie du site :

Nature du terrain	Inégalité du sol h_0 en cm	Exposant α
1. Plat : glace, neige, mer, marécages, herbes courtes	0 à 20	0,08 à 0,12
2. Peu accidenté (inégalités de faible amplitude) : champs et pâturages, cultures	20 à 200	0,13 à 0,16
3. Accidenté : bois, zones peu habitées	1 000 à 1 500	0,20 à 0,23
4. Très accidenté : villes	1 000 à 4 000	0,25 à 0,4
Avec $\alpha = 0,096 \lg h_0 + 0,016 (\lg h_0)^2 + 0,24$.		

Figure 6 Coefficient alpha

Etant donnée la configuration topographique du champ, plaine agricole très peu vallonnée, je choisis un coefficient alpha de 0.13. (On note que plus le terrain est accidenté, plus le coefficient est important).

Ainsi, par le calcul, on obtient les valeurs suivantes pour une hauteur de 100m :

Vent moyen	5.7
Vent maximal	33

Le vent moyen sera utilisé plus tard pour le calcul de la production éolienne, le vent maximal est utilisé uniquement pour définir la classe de vent. Établies par une norme internationale (IEC), ces différentes classes indiquent la vitesse des vents que chaque modèle d'éolienne peut supporter. Les éoliennes sont en effet conçues différemment en fonction des sites qu'elles doivent équiper, des plus ventés au moins ventés.

Le site d'implantation des éoliennes est ici dans la classe IV, « Vents très faibles », vitesse moyenne du vent par an : jusqu'à 6 m/s, plus forte rafale: jusqu'à 42 m/s. J'ai donc choisi le modèle N100 de Nordex dont les caractéristiques sont les suivantes :

Rayon pales (m)	50
Surface rotor (m ²)	7854
Coefficient de performance	30%
Hauteur (m)	100

Formules

Les estimations de consommations et productions sont finalement obtenues avec les formules suivantes :

Station d'épuration : Je multiplie le volume journalier d'eau usée rejetée par habitant par le nombre d'habitant desservis (la capacité en EH de la station, ici 100 000) que je multiplie ensuite par la consommation moyenne par m³ d'eau usée traitée. J'obtiens une consommation moyenne en kWh par jour.

Méthaniseur : Afin d'obtenir la production journalière énergétique du méthaniseur, je multiplie le volume du biogaz (Ratio volume biogaz/eau usée * volume journalier eau usée) par la valeur thermique du biogaz et par le coefficient d'efficacité de conversion électrique de mon installation.

Panneaux solaires : Cette production s'obtient en multipliant la production d'énergie moyenne journalière, obtenue précédemment avec PVGIS, par la puissance installée, qu'on déterminera après calculs.

Eoliennes : La puissance d'une éolienne s'obtient avec la formule suivante :

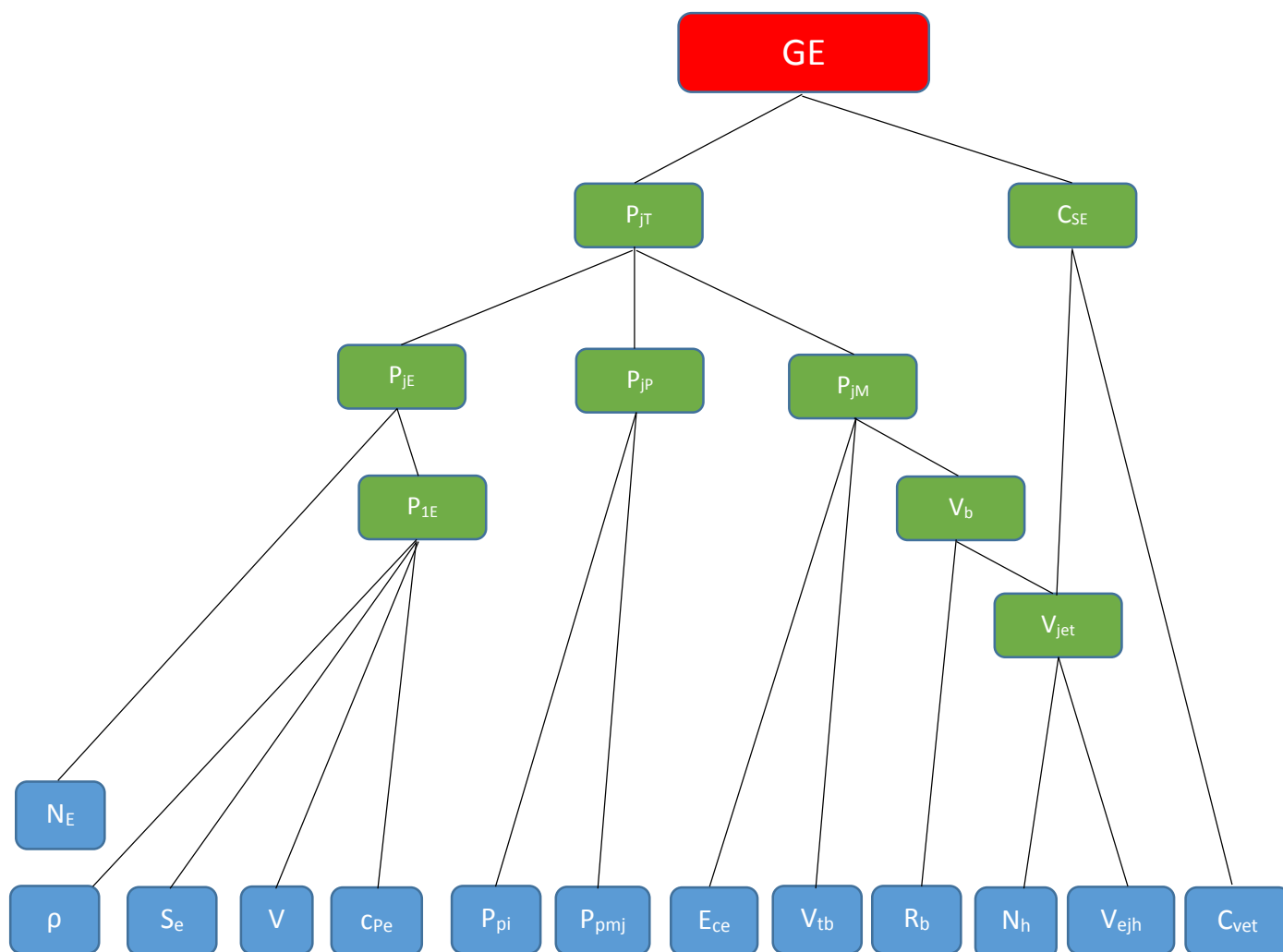
$$Pe = \frac{1}{2} (\rho * v^3 * Se) * Ce$$

Pe	Puissance Eolienne
ρ	Masse Volumique air (1.2 kg/m ³)
v	Vitesse Vent
Se	Surface Eolienne
Ce	Coefficient de Performance

Cette puissance (en W, division par 1000 nécessaire pour conversion en kW) est multipliée par 24 pour obtenir une énergie journalière en kWh. Par la suite, je pourrais déterminer le nombre d'éolienne(s) nécessaire(s) à l'autonomie de la station.

Il s'agit maintenant de mettre en commun ces formules pour comparer production et consommation.

Programme



Programme d'estimation de gain énergétique journalier

Valeurs endogènes (intermédiaires en vert et finale en rouge)

GE : Gain énergétique (Perte si <0)	GE=PJT-CSE
PJT : Production Journalière Totale (kWh)	$P_{JT}=P_{JE}+P_{JP}+P_{JM}$
CSE : Consommation Station d'Épuration (kWh)	$C_{SE}=V_{jet} \cdot C_{vet}$
PJE : Production journalière des Eoliennes (kWh)	$P_{JE}=P_{1E} \cdot N_E \cdot 24$
PJP : Production journalière Photovoltaïque (kWh)	$P_{JP}=P_{pi} \cdot P_{mj}$
PJM : Production journalière Méthaniseur (kWh)	$P_{JM}=E_{ce} \cdot V_{tb} \cdot V_b$
P1E : Puissance d'une Eolienne (W)	$P_{1E}=1/2 \cdot (\rho v^3 S_e C_e)$
Vb : Volume Biogaz (m ³)	$V_b=R_b \cdot V_{jet}$
Vjet : Volume journalier eau traitée (m ³)	$V_{jet}=N_h \cdot V_e$

Données, valeurs exogènes :

N_E : Nombre d'éoliennes	X
ρ : Masse volumique de l'air (kg/m^3)	1.2
S_e : Surface de l'éolienne (m^2)	7854
V : Vitesse moyenne vent (m/s)	5.7
c_{pe} : Coefficient de Performance de l'éolienne (%)	30
P_{pi} : Puissance photovoltaïque installée (kWc)	X
P_{pmj} : Production photovoltaïque moyenne journalière (kWh/kWc)	3.03
E_{ce} : Efficacité de conversion électrique (%)	35
V_{tb} : Valeur thermique du biogaz (kWh/m^3)	6.1
R_b : Ratio volume biogaz/volume eau usée	0.147
N_h : Nombre d'habitants desservis	10^5
V_{ejh} : Volume d'eau journalier par habitant (m^3)	0.11
C_{vet} : Consommation par volume d'eau traitée (kWh/m^3)	0.505

Calculs, exploitation et limites

Une fois les données rentrées dans le tableau, sans pour l'instant avoir déterminé le nombre de panneaux solaires et d'éoliennes installés, on obtient les valeurs suivantes :

$P_{1E} = 261,811048 \text{ kW}$ (ou Energie Journalière Eolienne = 6283 kWh)
$P_{JM} = 3452.295 \text{ kWh}$
$C_{SE} = 5555 \text{ kWh}$
$GE = -2102.705 \text{ kWh}$

Ainsi, prenant en compte uniquement les chiffres obtenus, l'autonomie serait aisée à atteindre puisque seule une éolienne pourrait subvenir aux besoins énergétiques indispensables à l'autonomie de la station. Cependant, comme évoqué précédemment, mon programme ne prend pas en compte la variable temps et celle-ci est essentielle puisque le vent et l'ensoleillement notamment en dépendent. Une éolienne, aussi performante soit-elle, ne pourra fonctionner de manière optimale à tout moment, de même pour les panneaux solaires. Il faut ainsi chercher une complémentarité entre les différentes sources d'énergie pour produire au moins autant d'énergie que la station d'épuration en consomme à tout moment. Mon mode opératoire ne permettant pas de répondre à cette attente, je choisis de garantir à mon système une importante surproduction. L'énergie en excès pourra être revendue à EDF, stockée pour une utilisation ultérieure ou encore utilisée par les futures entreprises intégrant ce projet. Je choisis donc d'installer une éolienne et une puissance photovoltaïque de 800 kWc qui entrainera une énergie éolienne journalière moyenne de 6283 kWh et une énergie solaire journalière moyenne de 2424 kWh pour, en théorie, un surplus énergétique quotidien de 6605 kWh.

Aménagement du site

Les croquis et l'estimation de l'emprise au sol n'ont pas pour ambition de présenter l'organisation finale et précise du site, il s'agit d'une première proposition d'aménagement qui permet d'apporter permettant de visualiser à titre indicatif ce projet

Emprise au sol

Solaire : 1 kWc de panneaux solaires équivaut à une surface de 8 m², voulant installer une puissance de 800 kWc, j'aurais donc physiquement une surface de 6400 m². Les panneaux étant inclinés de 30° (par rapport à l'horizontale), l'emprise réel d'un panneau de 1m² est de :

$$(1 * \cos(30^\circ)) * 1 = \cos(30^\circ)$$

Soit un rectangle de 1 m par environ 0.87 m.

De cette manière, en voulant organiser ces 6400 m² en 10 rangées de 320 m par 2m (orientées plein Sud), j'ai en fait à prévoir au sol des rangées de 320 m par $2\cos(30)=1.74$ m. Ces rangées doivent être écartées d'une distance égale à deux fois la largeur des panneaux soit $2*2m=4$ m. J'obtiens donc une surface totale :

$$S_{PS} = 10 * (1.74 * 320) + 9 * (4 * 320) = 17088$$

Soit un rectangle de 320m par 53,4m.

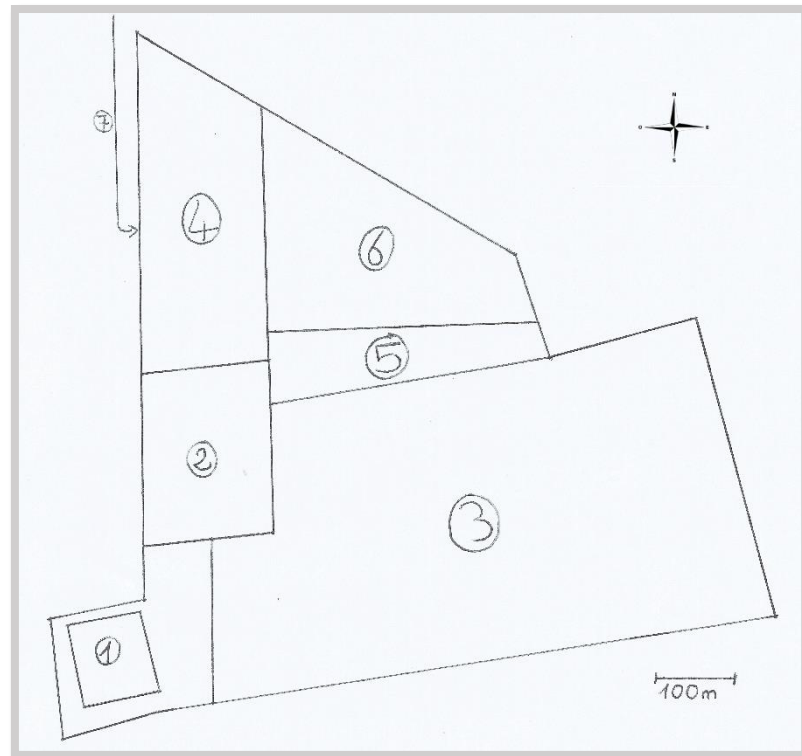
Eolienne : L'implantation d'une éolienne dans une parcelle agricole nécessite une surface laissée vierge de toute construction dans un rayon égal à celui des pales ainsi qu'une dalle de béton de 20m par 50m permettant l'accès aux camions et véhicules de chantiers notamment. Cela représente donc une emprise au sol, de 100 m par 100 m, 10 000 m², centrée sur l'éolienne.

Accueil du public : L'emprise au sol des espaces destinés à l'accueil du public comprend deux surfaces différentes, le parking herbacé, permettant de limiter l'impact environnemental du site, et le bâtiment « d'exposition ». Ces deux surfaces pourront être obtenues après estimation de la capacité d'accueil du site, estimation non traitée dans ce dossier puisqu'elle dépend notamment des autres entreprises intégrant le projet.

Il reste donc à disposer sur les espaces restants la station d'épuration ainsi que les différentes parcelles pour les entreprises extérieures.

Plan et Croquis

Le plan masse suivant est une vue de haut du site présentant la répartition et la disposition des différents éléments dans l'espace.



Légende :

1. Eolienne, isolée pour limiter la pollution sonore
2. Accueil du public, bâtiment d'exposition
3. Terrain inutilisé, à diviser en parcelles pour les entreprises
4. Parking, à l'entrée du site, proche de la voie d'accès
5. Champ Solaire
6. Station d'épuration et Méthaniseur
7. Voie d'accès

Le croquis ci-dessous (échelle non respectée) est une mise en perspective du site représentant ses éléments tels que le parking herbacé, la station d'épuration (avec les locaux techniques, le bassin d'aération et le méthaniseur), l'éolienne, les parcelles, le bâtiment d'accueil et une représentation d'un « chemin de visite ». Il permet une rapide représentation de ce à quoi pourrait, à terme, ressembler le site.

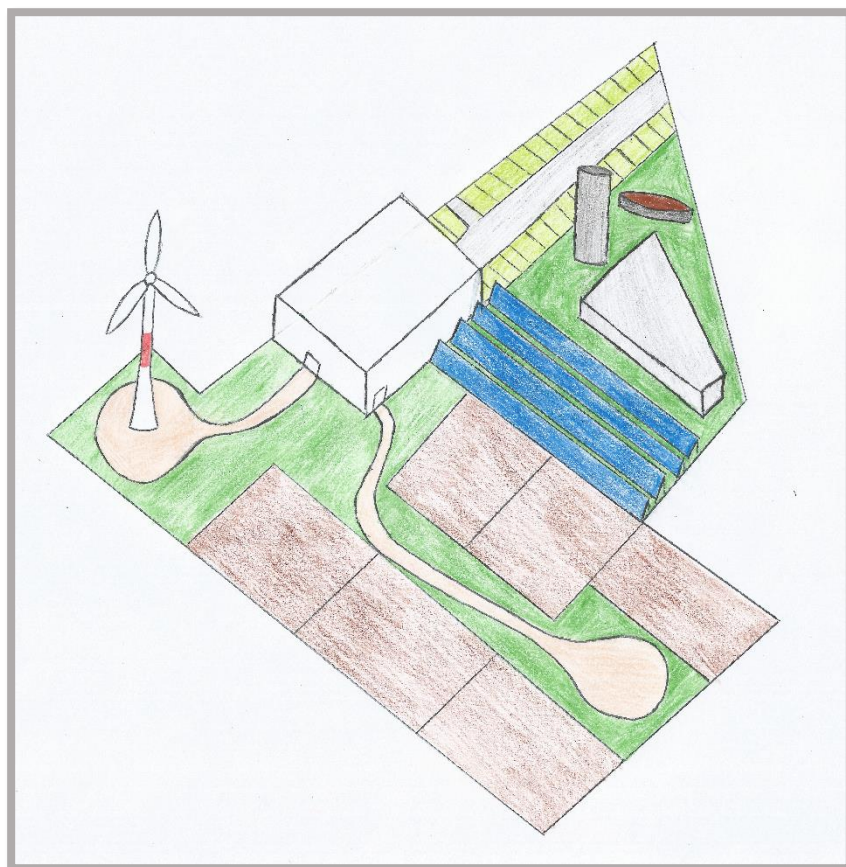


Figure 8 Schéma de mise en perspective du site

Conclusion

Connaissant personnellement l'agriculteur et aux vues de ses activités extra-agricoles en rapport avec ma formation, le choix de ce sujet pour mon projet individuel m'a paru évident. L'aspect « concret » de ce projet ainsi que son utilité possible pour l'avancement du projet « réel » ont suscité mon intérêt et mon application.

Compte tenu de l'avancée effective du projet avant mon implication dans celui-ci, le diagnostic présenté dans ce dossier n'a pas fait ressortir de contraintes majeures mais a, au contraire, permis de dresser un état des lieux sur lequel s'est appuyé l'ensemble de mon travail.

Les principales difficultés rencontrées ont été dans la recherche des différentes données qui sont, pour certaines, approximatives. Ce fut donc un obstacle à la justesse technique des résultats mais l'objectif d'une première estimation énergétique a néanmoins pu être atteint.

L'aménagement final du site a été rendu difficile par les incertitudes concernant les futures installations présentes et notamment les installations pour l'accueil du public dont le dimensionnement pourrait à lui seul, faire l'objet d'un projet à part entière. L'aspect touristique du projet a tout de même dû être pris en compte dans mon projet, principalement dans les croquis, puisqu'il est l'un des enjeux principaux évoqués par l'agriculteur.

Ce projet m'a permis une application des différentes notions abordées lors de cette année à travers un cas concret. J'ai pu découvrir l'importance de s'appuyer sur les problématiques locales pour répondre à une attente et offrir des solutions à plus grande échelle.

Enfin, intéressé de prime abord par l'aménagement et l'urbanisme, ce projet m'a apporté une première approche du milieu de l'énergie et donc permis de découvrir ce secteur en perpétuelle évolution et dans lequel j'envisage à présent d'orienter mon projet professionnel.

Bibliographie

Sites internet :

- <http://www.developpement-durable.gouv.fr/> : Site officiel du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie
- <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#> : PVGIS, Logiciel gratuit en ligne pour évaluer l'ensoleillement, proposé par le programme européen d'évaluation des ressources solaires
- <http://www.nordex-online.fr/> : Site du constructeur Nordex©
- <http://www.meteociel.fr/> : Site de données météorologiques
- <http://www.methanisation.info/>
- <http://www.forestry.gov.uk/pdf/> : Site de la « Forestry Commission of England » sur lequel figuraient les travaux de Mr Charles Banks
- <http://encyclopedie-electricite.edf.com/>

Ouvrage :

- « Réussir un projet d'urbanisme durable », ADEME, 2006

Fonds de carte :

- Géoportail : <http://www.geoportail.gouv.fr/>

Table des illustrations

Figure 1 Schéma du Processus de Traitement	7
Figure 2 Carte PADD Marmagne	8
Figure 3 Photo satellite site de projet	8
Figure 4 Répartition des sources d'énergie renouvelable	9
Figure 5 Tableau d'ensoleillement moyen Marmagne	12
Figure 6 Coefficient alpha	13
Figure 7 Proposition de disposition d'aménagement du site	18
Figure 8 Schéma de mise en perspective du site	19

Table des matières

Avertissement	3
Remerciements	4
Introduction.....	5
Destinataires.....	5
Contexte et enjeux	5
Diagnostic	8
Le terrain	8
Etat des lieux	9
Démarche	9
Projet	10
Données.....	10
Station d'épuration et méthaniseur	10
Energie photovoltaïque	12
Energie Eolienne.....	13
Formules.....	14
Station d'épuration	14
Méthaniseur	14
Panneaux solaires.....	14
Eoliennes	14
Programme.....	15
Calculs, exploitation et limites	16
Aménagement du site	17
Emprise au sol	17
Plan et Croquis.....	18
Conclusion	20
Bibliographie.....	21
Table des illustrations.....	22
Résumé.....	24

Projet Individuel :

Création d'une station écologique de traitement de l'eau et de valorisation des déchets d'épuration à vocation pédagogique

Développement du tourisme et de l'économie locale d'une commune rurale
du Cher (18)

Résumé

Ce projet s'intéresse à la mise en place d'une station écologique qui engrange des objectifs à long terme comme la création d'un site éco-touristique participatif, projet qui traduit une initiative lancée par un particulier, un agriculteur ayant pour ambition de diversifier son activité professionnelle tout en développant le tourisme de Marmagne et de BourgesPlus, communauté d'agglomération de 100 000 habitants, dans le Cher (18).

La station créée sera un site touristique innovant présentant plusieurs éléments d'intérêt écologique et pédagogique comme ceux traités dans ce projet, une station d'épuration, un méthaniseur, une éolienne, des panneaux solaires, ainsi que d'autres éléments qui seront apportés par la suite par des entreprises ou des particuliers voulants prendre part au projet.

L'aménagement de ce site se veut à double enjeu, il s'agit de créer une infrastructure fonctionnelle tout en laissant entrer le visiteur qui devra être invité à découvrir les nouvelles sources d'énergie ainsi que les différentes étapes de traitement de l'eau par exemple.

Ce dossier traite principalement le côté technique de cette station en s'appuyant sur un mode de calcul de l'autonomie énergétique et d'interaction entre les différents éléments.

Mots clés : Développement durable, Energies Renouvelables, Photovoltaïque, Eolien, Méthanisation, Traitement de l'eau, Autonomie Énergétique, Tourisme, Economie Locale.