



Aménagement d'un parc éolien dans la commune de Bourgueil (37)

POULIQUEN Maxime
Stage de découverte
DA 3
2012-2013



POLYTECH[®]
TOURS

Département Aménagement

Tuteur : Mindjid MAIZIA

Sommaire

Sommaire.....	2
Avertissement	4
Remerciements	5
Introduction	6
 I. Diagnostic du territoire de Bourgueil avant-projet.....	 10
A. Présentation de la commune.....	10
B. Enjeux	12
C. Objectif.....	12
D. Définition du gisement du vent disponible	13
1. Contraintes patrimoniales bâties et habitations	15
2. Contraintes patrimoniales naturelles.....	20
a. Le massif forestier.....	20
b. La viticulture	23
c. Le maraîchage.....	25
3. Contraintes au niveau des corridors écologiques.....	26
4. Contraintes liées au réseau routier.....	28
E. Proposition de plusieurs espaces géographiques finaux	29
 II. Proposition d'aménagement d'un parc éolien.....	 35
A. Contexte général et explications.....	35
1. Différents types d'éoliennes	35
2. Composants et fonctionnement d'une éolienne	36
B. Proposition d'un type d'éolienne et de calculs associés	39
C. Proposition d'aménagement et puissance totale.....	44
 III. Effets d'impacts sur l'environnement	 49
A. Différents types d'impacts	49
B. Impact paysager	50
 Conclusion	 65
Annexes	68
Table des illustrations	73
Index des Sigles	75
Bibliographie	76
Résumé	79

Avertissement

- ☐ Le PIND est un premier test qui vous permet de vous 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 restent à acquérir.
- ☐ Le PIND est un espace de liberté (le seul dans la formation) qui mesure votre motivation pour l'aménagement.
- ☐ Le PIND est un exercice qui doit vous permettre de problématiser un sujet en vous appuyant sur des recherches bibliographiques, d'élaborer un diagnostic orienté et d'émettre des propositions.

Remerciements

Je tiens à véritablement remercier les personnes suivantes qui, grâce au temps et à l'aide précieuse qu'ils ont pu m'accorder, ont permis à mon projet de se réaliser.

□ Mindjid MAIZIA, tuteur de ce projet qui aura su amplement m'éclairer dans les démarches à suivre dans le cadre du projet individuel.

□ URBAN'ism, SARL chargée de tout ce qui concerne l'urbanisation de Bourgueil qui aura su me donner des informations concrètes.

□ Laurent LEBOT, chargé d'études à Thema Environnement.

□ Sylvain GUERVENO, chargé de mission paysage au Parc naturel régional Loire-Anjou-Touraine, qui m'aura informé sur l'ensemble des corridors écologiques de Bourgueil.

□ Benjamin GADRAT, Inspecteur des installations classées, référent régional éolien nature paysage à la DREAL de Picardie.

□ Ma famille, pour leur soutien toujours présent dont Brice POULIQUEN, mon frère et inspecteur des installations classées pour la protection de l'environnement à la DREAL d'Orléans, qui aura su m'apporter des réponses pertinentes quant à mes questions concernant plus précisément les éoliennes.

Introduction

Le sujet du Projet Individuel, pour ma part, concerne les énergies renouvelables et plus en particulier l'énergie éolienne. L'intitulé de mon projet est : Aménagement d'un parc éolien dans la commune de Bourgueil. En effet, les énergies renouvelables sont un thème d'actualité et seraient une solution alternative aux énergies fossiles générant des pollutions atmosphériques, environnementales etc. Ces énergies, ne produisant pas ou peu de gaz à effet de serre, peuvent favoriser la diversification et l'indépendance énergétique pour des collectivités territoriales par exemple.

En effet, à titre d'introduction générale, une grande partie de l'énergie consommée en 2007 dans le monde (près de 90%) provient de gisements de combustibles fossiles : pétrole (35 %), gaz (21 %), charbon (24 %) et uranium (7%).

Or sur Terre il y a de moins en moins d'énergies fossiles. En effet le prélèvement massif de pétrole par l'homme a pour effet d'épuiser les réserves de notre planète. Actuellement, l'énergie nucléaire est aussi sujette à polémique. En effet, la récente catastrophe de la centrale nucléaire de Fukushima a contribué à une prise de conscience collective.

Depuis Fukushima, un certain nombre de pays (Allemagne, Italie, Autriche, Suisse, Japon...) ont pris la décision de sortir ou de remettre en cause cette énergie. L'uranium est aujourd'hui importé à 100%, notamment de pays instables (Niger, Kazakhstan...) augmentant le risque et la dépendance énergétique tout en restant fondamentalement une ressource non durable.

L'énergie nucléaire montre également ses limites, notamment avec le problème causé par le conditionnement des déchets radioactifs. Pour satisfaire nos besoins toujours croissants en énergie, il nous faut trouver une autre ressource. C'est donc là qu'interviennent les énergies renouvelables.

Comme leur nom l'indique celles-ci sont inépuisables, et représentent sans doute l'avenir. (ADEME.2004)

L'énergie éolienne permet de récupérer l'énergie cinétique du vent pour produire de l'électricité grâce à des mécanismes qui lui sont spécifiques et qui seront abordés dans le projet.

Le projet consiste donc à vouloir implanter un parc éolien (avec des éoliennes de type industriel) dans la commune de Bourgueil dans le département d'Indre et Loire (37) en région Centre.

C'est une démarche d'aménagement et non d'équipement ce qui signifie que la problématique qui se posera par la suite sera spatialisée à l'échelle territoriale. Une brève présentation de la commune peut être faite et sera approfondie dans la suite du projet. Cette commune est principalement connue pour ses coteaux viticoles ainsi que pour son patrimoine architectural et naturel classé et protégé. De plus la commune est située dans le Parc naturel régional Loire-Anjou-Touraine et dans le Val de Loire. Il est donc nécessaire de préserver les espaces naturels sensibles contre toute entité ayant un quelconque impact sur ces espaces ou sur l'ensemble de la commune. Ces patrimoines étant importants pour le développement touristique de la commune par exemple. Ainsi, comme toute collectivité territoriale, il y a une nécessité de favoriser la préservation et la mise en valeur du patrimoine bâti, naturel et paysager. Une autre nécessité est de prévenir les risques et les nuisances.

Tout au long du projet individuel le parc éolien sera considéré comme un système dépendant de variables telles que la vitesse du vent, des surfaces de terrains disponibles (déterminées après avoir exclues les autres terres protégées), de la réglementation en vigueur (concernant les éoliennes et l'urbanisation par exemple avec la distance aux habitations) et les caractéristiques propres aux éoliennes (la taille des éoliennes, leur puissance etc.) L'ensemble du système sera décrit plus précisément dans la suite de l'étude. Ainsi c'est ce système, donc les éoliennes, qui va définir le projet en clarifiant bien les points importants à prendre en compte ou non. A noter que les éoliennes sont considérées, par le cadre réglementaire, comme des ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement) ainsi cela va ajouter encore plus de contraintes qui devront être prises en compte.

La commune de Bourgueil a été choisie dans le cadre du Projet Individuel car je possède une connaissance approfondie de ce territoire et je porte un intérêt personnel pour les domaines concernant l'environnement et plus particulièrement dans le domaine des énergies c'est donc pour cela qu'il semblait judicieux, dans le cadre du projet, de les lier ensemble. L'énergie solaire aurait pu être un sujet intéressant à mener mais l'énergie éolienne m'intéressait plus particulièrement. De plus, Bourgueil est une ville avec un véritable patrimoine bâti et naturel à préserver ; ainsi il est intéressant d'étudier si l'implantation d'un parc éolien est compatible avec toutes les contraintes architecturales, environnementales et routières présentes sur le territoire. La possibilité d'apporter des solutions d'aménagement du parc est donc nécessaire. Cette démarche doit se faire en minimisant les différents impacts que ce parc éolien pourrait engendrer et en exploitant au maximum le gisement de vent disponible sur la commune. Le fondement de la démarche du projet est simple. En effet, Bourgueil sera considérée, au début, comme un territoire « désert » par rapport au gisement du vent disponible. Cela signifie que le territoire sera dépourvu, hypothétiquement, d'urbanisation, de patrimoine environnemental etc. mais seul le gisement du vent sera pris en compte avec la vitesse moyenne du vent présente du Bourgueil. Ainsi, au fur et à mesure de l'étude, le gisement du vent sera dégradé par des contraintes du territoire qui se rajouteront comme le bâti, les vignes et les autres ce qui diminuera la superficie globale d'installation du parc éolien et minimisera, en conséquence, la présence d'éoliennes. Le seul objectif de mon projet est donc de maximiser la production d'éoliennes sur le territoire de Bourgueil et cela en dégradant les contraintes au préalable donc en ajoutant la surface qu'elles occupent à chaque endroit de Bourgueil. Ce n'est pas qu'une question de surface mais aussi une question de réglementation qui aura d'autres conséquences. La problématique du projet individuel qui se pose est donc : Comment exploiter au maximum l'ensemble du gisement de vent compte tenu des contraintes du territoire de Bourgueil pour ainsi maximiser la production d'éoliennes (associées à des puissances) ?

C'est la raison pour laquelle il conviendra d'effectuer, en premier lieu, un diagnostic du territoire de Bourgueil en étudiant les contraintes qui minimiseraient la production d'éoliennes. En second lieu, des propositions d'aménagement

d'éoliennes seront abordées avec quelques explications des différents types d'éoliennes existant et leur fonctionnement ainsi que leur localisation sur le territoire bourgueillois. A cela seront rajoutés les calculs de puissances et de surfaces pour connaître la capacité totale d'accueil d'éolien du territoire. La puissance totale sur Bourgueil et la puissance par mètre carré seront aussi indiquées. Une dernière partie abordera les effets d'impacts générés par les éoliennes en décrivant quelques impacts récurrents et en modélisant le parc éolien pour observer sa disposition à l'échelle de la commune et étudier l'impact paysager qui semble l'un des plus importants dans le cadre de l'implantation d'un parc éolien.

I. Diagnostic du territoire de Bourgueil avant-projet

A. Présentation de la commune

Bourgueil est une collectivité territoriale située au carrefour entre l'Anjou et la Touraine, dans le département de l'Indre et Loire (37) en région Centre. C'est une commune dans un espace rural qui constitue un véritable pôle rural majeur dans l'ouest de l'Indre et Loire, et ce, malgré une démographie assez faible soit 3924 habitants (source : Insee 2009).



Figure 1 : Carte de la France localisant la région centre et Bourgueil
(source : cartesfrance.fr)

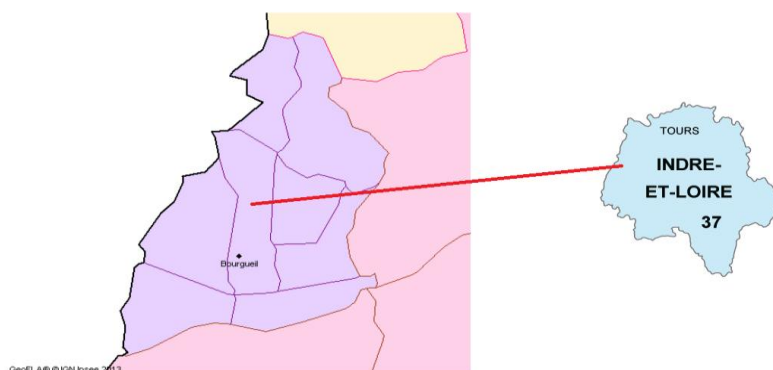


Figure 2: Carte localisant Bourgueil avec ses limites communales
en Indre-et-Loire (source : GeoFLA, réalisation : POULIQUEN Maxime)

Bourgueil est également située à plus de 20 km en moyenne des plus proches pôles économiques de l'Indre-et-Loire et du Maine-et-Loire que sont Tours (50 km), Saumur (25 km) et Chinon (20 km). C'est une « ville-carrefour » car elle est reliée à deux grands axes : la D152 ou E60, route des bords de Loire de Tours à Nantes et la D35, route du vignoble.

La commune de Bourgueil s'étend sur une superficie de 3 300 hectares soit 33 km². Le territoire bourgueillois est considéré comme un espace de transition entre les plaines alluviales de la Loire et l'espace boisé véritablement dense de l'ouest de l'Indre-et-Loire.

Bourgueil possède une véritable richesse patrimoniale bâtie (l'Abbaye de Bourgueil, le Moulin Bleu...) et naturelle (sites Natura 2000 de la Vallée du Changeon et de la Forêt de Bourgueil, ZNIEFF, ZICO).

Outre cela, la collectivité est incluse dans le périmètre du Val de Loire inscrit au Patrimoine Mondial de l'UNESCO, et dans le périmètre du Parc Naturel Régional Loire-Anjou-Touraine.



Figure 3: Logo du Parc naturel régional Loire Anjou Touraine
(Source : <http://www.parc-loire-anjou-touraine.fr/>)

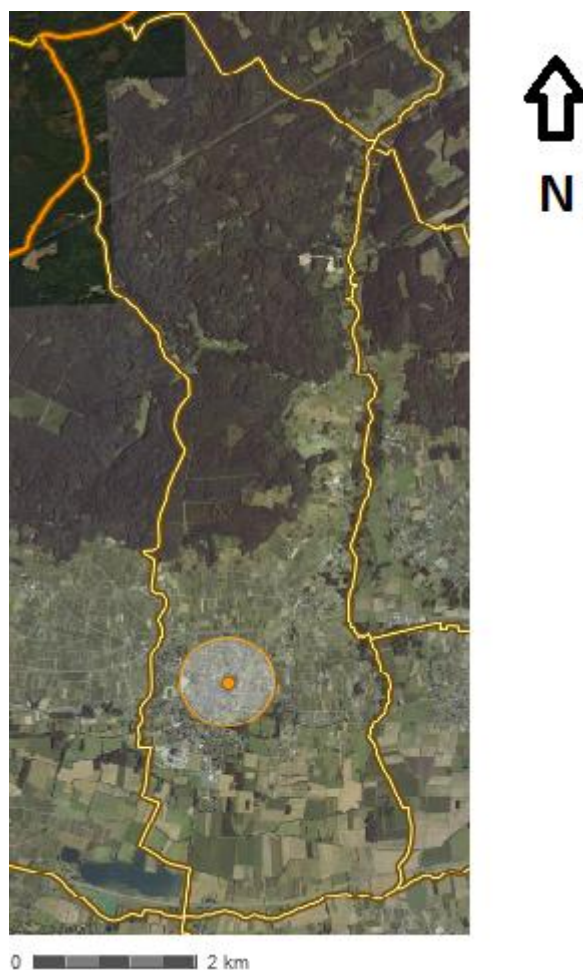


Figure 4: Photographie aérienne de Bourgueil (source : Géoportail.fr)

B. Enjeux

D'après la présentation de la commune et du projet, les enjeux sont d'une part d'ordre environnemental pour permettre l'exploitation de l'énergie cinétique du vent en y installant un parc éolien tout en préservant les entités paysagères typiques de la commune ainsi que les désagréments que cela pourrait occasionner auprès des habitants. Et d'autre part, il est nécessaire de préserver le patrimoine bâti présent dans la commune.

C. Objectif

L'objectif du projet est donc d'exploiter au maximum l'ensemble du gisement du vent disponible compte tenu des contraintes.

D. Définition du gisement du vent disponible

Dans ce projet, le gisement du vent sera défini par rapport aux contraintes suivantes :

- les contraintes patrimoniales bâties concernant l'urbanisation avec l'ensemble des logements, hameaux etc. Il sera ajouté à cela les espaces concernés par la réglementation en vigueur de la mise en place d'un parc éolien.
- les contraintes patrimoniales naturelles avec les entités paysagères présentes sur Bourgueil c'est-à-dire les boisements, les vignes, les terres à fort potentiel pour le maraîchage et certaines terres agricoles concernées par les corridors écologiques. A cela s'ajouteront les autres espaces concernés par les corridors écologiques qui contiendront des milieux naturels à protéger ou qui sont potentiellement concernés.
- les contraintes concernant le réseau routier.

Ces contraintes auront donc un effet sur les parcelles de terrains concernées. Ces parcelles vont diminuer ainsi la puissance totale des éoliennes puisque ces surfaces seront déjà occupées par les contraintes. Les éoliennes obtenues seront réparties théoriquement sur le territoire dans la phase de proposition. La carte proposée dans le PADD (Plan d'Aménagement et de Développement Durable) sera utilisée comme référence et elle se trouve en annexe n°1.

Le vent est la base du projet d'implantation d'un parc éolien terrestre. La vitesse du vent va permettre de concevoir l'ensemble des calculs liés à l'obtention de résultats concernant la puissance et le rendement d'une éolienne.

Selon le schéma départemental éolien d'Indre-et-Loire il est possible d'observer différentes vitesses de vent comme le montre la cartographie suivante :

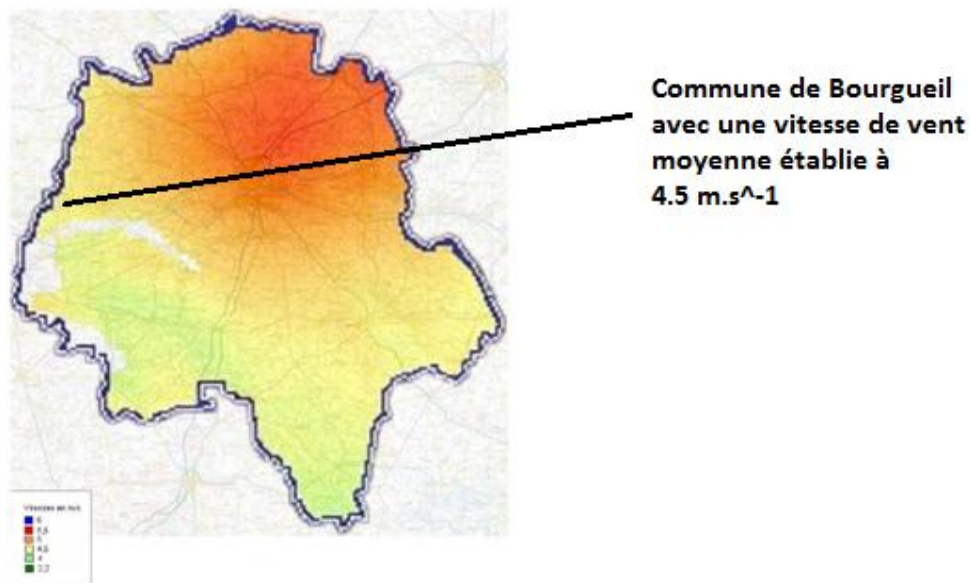


Figure 5: Vitesses moyennes du vent en Indre-et-Loire
(source : Schéma département d'Indre-et-Loire)



Figure 6: Cartographie représentant la vitesse moyenne du vent sur Bourgueil
(source : Charte 2008-2020 du Parc naturel régional Loire Anjou Touraine,
réalisation : POULIQUEN Maxime)

Les données concernant ces vitesses de vent ont été recueillies à 50 mètres de hauteur avec des sondes anémométriques. La vitesse du vent à Bourgueil, en moyenne, est de $4,5\text{m.s}^{-1}$ soit $16,2\text{ km.h}^{-1}$. Cette vitesse moyenne permettra de calculer une puissance totale théorique sur le territoire de Bourgueil mais ce n'est pas représentatif de la réalité car des variations de vitesse du vent sont présentes et différentes à chaque instant.

Ainsi le gisement du vent est considéré comme réparti théoriquement sur la superficie totale de Bourgueil soit 33 km^2 et au fur et à mesure du projet des contraintes vont apparaître et occupaient des surfaces qui seront déduites à la fin pour implanter le parc éolien.

1. Contraintes patrimoniales bâties et habitations

Pour rappel, le type d'éoliennes concerné dans ce projet est industriel donc avec une réglementation spécifique qui sera explicité par la suite. Ainsi, la technologie et le fonctionnement des éoliennes seront indiqués ultérieurement dans le projet. L'urbanisation est présente dans Bourgueil, dans un cadre rural et calme, ce qui implique la nécessité de préserver la tranquillité des habitants et la pérennité de la conservation des monuments historiques. En effet, la commune a évolué de manière concentrique autour d'un cœur historique encore présent avec les Halles, l'abbaye, l'église, la mairie et l'espace piéton dans le bourg de la ville. Le centre de la commune est caractérisé par ses maisons en tuffeau, roche calcaire de la région, donc c'est ainsi que ce centre-ville est très marqué par son histoire.



Figure 7: Photographie de la mairie de Bourgueil
(source : POULIQUEN Maxime)



Figure 8: Photographie de l'abbaye de Bourgueil
(source : vinbourgueil.com)

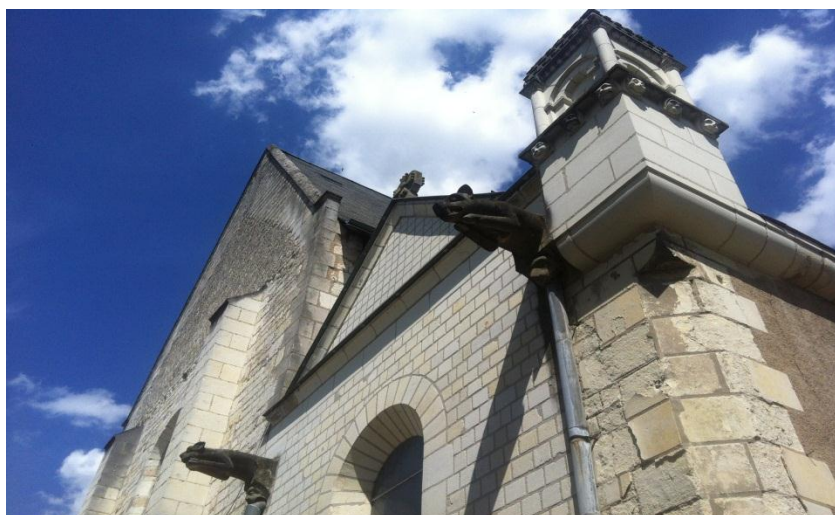


Figure 9: Photographie de l'église de Bourgueil
(source : POULIQUEN Maxime)

Selon la réglementation des installations classées pour l'environnement (rubrique 2980), l'implantation d'un parc éolien est soumise à différents régimes:

- S'il est composé d'au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure à 50 m, l'installation sera soumise à Autorisation
- S'il n'est composé que d'aérogénérateurs dont les mâts ont des hauteurs inférieures à 50 m, et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure à 12 m, si la puissance totale de l'installation est supérieure à 20 MW, l'installation sera soumise

à Autorisation, mais si la puissance totale de l'installation est inférieure à 20 MW, l'installation sera soumise à Déclaration

Les parcs éoliens qui rentrent dans les critères des régimes soumis à autorisation font l'objet d'une étude d'impact, ainsi que d'une enquête publique ce qui ne sera pas abordé dans le projet.

« La délivrance de l'autorisation d'exploiter est subordonnée à l'éloignement des installations d'une distance de 500 mètres par rapport aux constructions à usage d'habitation, aux immeubles habités et aux zones destinées à l'habitation » (source : Article L553-1 du code de l'environnement). Cela concerne les éoliennes soumises à autorisation. Cette distance est nécessaire au cas où il y aurait l'effondrement d'un aérogénérateur. Cependant, en ce qui concerne les zones commerciales ou d'activités, aucun renseignement n'est précisé quant à la distance d'éloignement par rapport à une éolienne (ni dans le code de l'urbanisme ni dans le code de l'environnement).



Figure 10: Photographie de la zone d'activité au Sud-Est du centre-ville
(source : POULIQUEN Maxime)

Ces zones d'activité dans la commune de Bourgueil sont, de toute façon, à proximité d'habitations (environ une centaine de mètres) donc quasiment concernées par l'éloignement de 500 mètres. De plus, l'ensemble des parcelles disponibles aux alentours de ces zones d'activités sont potentiellement liées à

des corridors écologiques donc aucune implantation de parc éolien est envisageable même si ces zones auraient pu, effectivement, accueillir des éoliennes si le contexte des corridors écologiques n'avait pas été mis en cause.



Figure 11 : Photographie aérienne du centre-ville de Bourgueil
(source : Géoportail.fr)

Le PADD de Bourgueil définit 13 regroupements de constructions bâties dont le principal concerne le centre-ville et les habitations aux alentours. Voici la liste de ces différents regroupements :

- L'Ouche Courtin
- Le Pot Blanc
- L'Echelle
- Les Prateaux de Marcé
- Marcé
- Chevrette
- La Cognarderie
- La Charbonnais
- L'Humelaye
- Les Sablons (avec la partie sud extérieure aux Sablons mais comprise avec ce groupe)
- Pont Boisseau

- Le Centre-Ville

Les zones qui sont situées dans un rayon de 500 mètres autour de zones bâties ne peuvent donc pas accueillir un parc éolien. La carte représente donc l'ensemble des constructions bâties ainsi que les zones ne pouvant pas accueillir l'implantation d'un parc éolien.

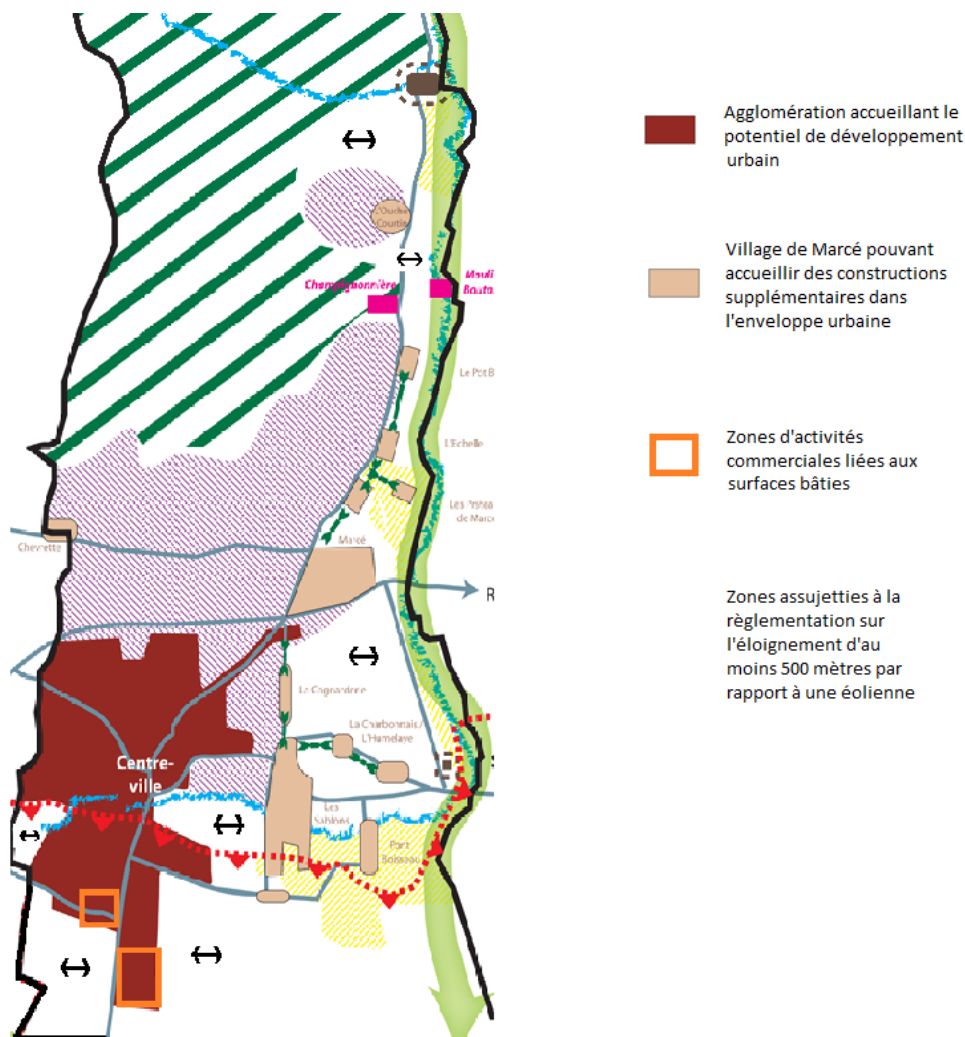


Figure 12 : Carte représentant la place occupée par le bâti dans Bourgueil ainsi que les zones liées à la réglementation sur les éoliennes (source : PADD de Bourgueil, réalisation : POULIQUEN Maxime)



Figure 13 : Photographie aérienne des zones d'activité de Bourgueil
(source : Geoportail.fr, réalisation POULIQUEN Maxime)

L'ensemble de ces regroupements permet d'obtenir la surface totale de **2,7 km²** ce qui représente **8,2 %** du territoire bourgueillois.

2. Contraintes patrimoniales naturelles

a. Le massif forestier

Pour continuer la description des contraintes et observer la surface qu'ils occupent il sera intéressant d'aborder le thème sur la forêt de Bourgueil.

En effet, ces boisements sont un réservoir de biodiversité qu'il est essentiel de protéger. Le massif forestier de Bourgueil et les boisements de la vallée alluviale du Changeon (le Changeon se situant à l'Est de la commune) ont donc un fort intérêt écologique et possèdent des paysages majeurs à préserver.

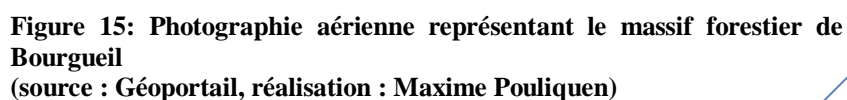
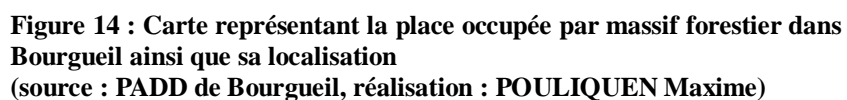




Figure 16 : Photographie du Changeon (Source : POULIQUEN Maxime)



Figure 17 : Photographie de vignes et de la forêt de Bourgueil
(source : POULIQUEN Maxime)



Figure 18: Photo de la forêt de Bourgueil
(source : POULIQUEN Maxime)

Le massif forestier de Bourgueil et les boisements de la vallée du Changeon correspondent à une surface équivalente à **15,867 km²** ce qui représente **48 %** de la superficie totale de Bourgueil.

b. La viticulture

La culture de la vigne dans la région remonte à l'époque romaine. Le sol et le climat de la région y sont particulièrement favorables. Le vignoble, emblème du Bourgueillois, se trouve sur les sols graveleux et sableux des terrasses, et sur les sols argilo-calcaires vers les coteaux. Les rangs de vignes, régulièrement séparés, structurent le paysage et dirigent le regard vers le massif boisé, situé au nord. Les coteaux pierreux, à la limite de la forêt, accueillent une flore spécifique (hélianthème à goutte, pied-d'oiseau délicat...). La viticulture mérite d'être préservée car, en effet, c'est un symbole.



Figure 19: Photographie de vignes à Bourgueil
(source : POULIQUEN Maxime)

C'est également un atout en termes d'identité paysagère sur lequel il est possible de s'appuyer pour développer le secteur agro-touristique. La carte présente dans le PADD expose en hachures violettes la position des parcelles viticoles sur le territoire bourgueillois cependant deux ensembles importants ont été oubliés. Ces derniers ont été rajoutés en termes d'illustrations et de surfaces à prendre en compte pour l'implantation du parc éolien. Ces deux ensembles se trouvent au Sud et à l'Est de la commune comme représentés ci-dessous.

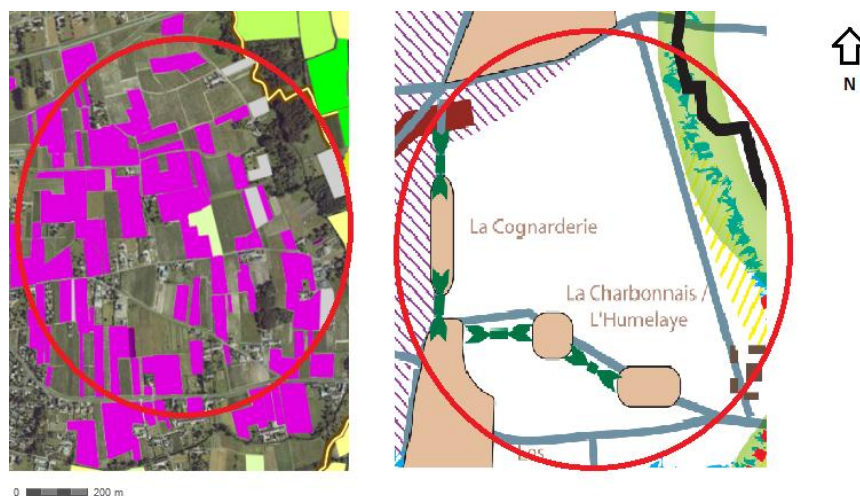


Figure 20 : Cartes représentant la localisation de vignes sur Bourgueil (source : Geoportail.fr et PADD de Bourgueil, réalisation : POULIQUEN Maxime)

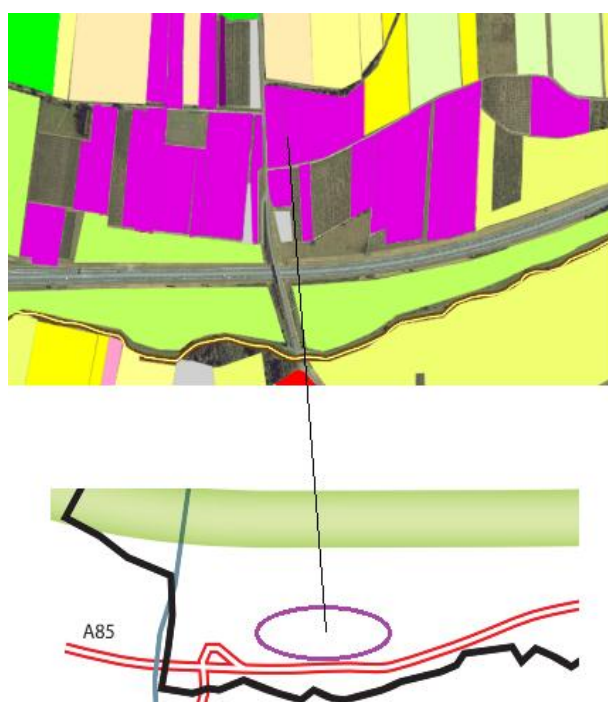


Figure 21 : Cartes représentant la localisation de vignes sur Bourgueil (source : Geoportail.fr et PADD de Bourgueil, réalisation : POULIQUEN Maxime)

L'ensemble des parcelles viticoles sur la commune de Bourgueil représente une surface totale de **4,3 km²** ce qui représente **12,7 %** du territoire bourgueillois entier.

c. Le maraîchage

Cette contrainte concerne principalement les zones où le potentiel pour le maraîchage est important ce qui implique leur protection. Le maraîchage a aussi un rôle important à jouer par le fait qu'il permet de créer une forte valeur ajoutée au territoire. Certaines terres sont particulièrement adaptées à cette production et doivent donc être valorisées pour maintenir et développer ce secteur en perte d'activité d'où la nécessité de les préserver. Les surfaces à préserver sont celles hachurées en jaune sur la carte du PADD :

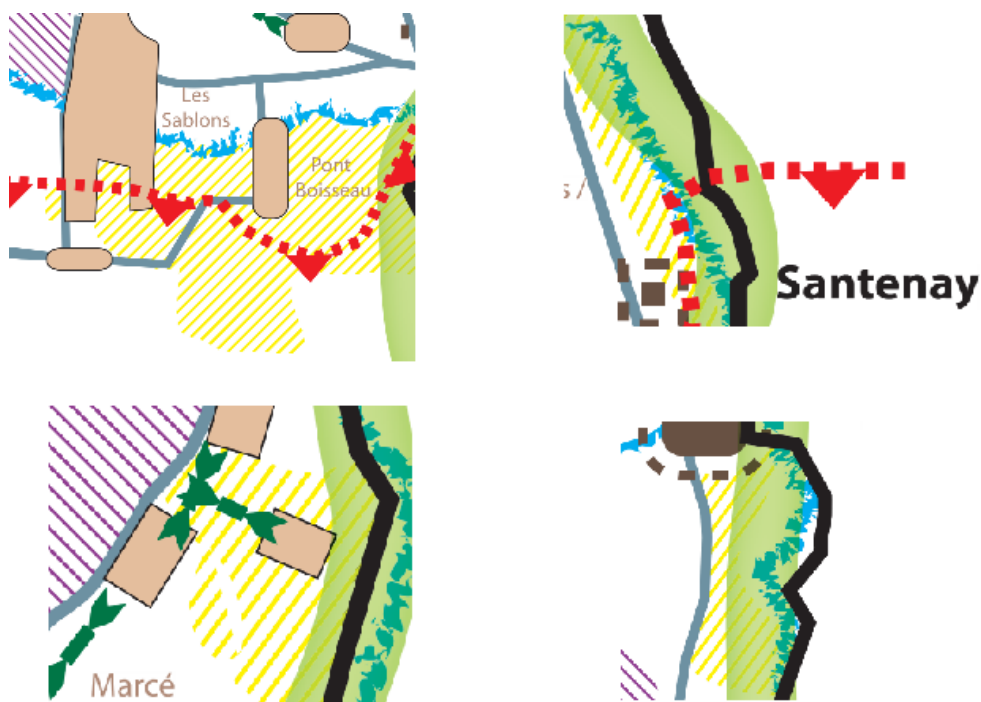


Figure 22: Cartes représentant les surfaces à préserver concernant le fort potentiel pour le maraîchage (source : PADD de Bourgueil)

Cette zone représente **1,1 km²** soit **3,33 %** de Bourgueil. Les autres terres agricoles sont concernées par les corridors écologiques ainsi leur superficie sera donnée dans la partie suivante.

3. Contraintes au niveau des corridors écologiques

Dans le fond de vallée du Changeon, les cultures alternent avec les prairies humides.

Au sud de Bourgueil, des plantations de peupliers suivent les cours d'eau.

Cette succession de milieux crée des espaces de transition précieux pour la biodiversité : lisière de forêt, bords de champs, chemins etc.

La tendance générale aux alentours Bourgueil est à l'augmentation et à l'intensification de la céréaliculture et de la vigne, au détriment de l'élevage et du petit maraîchage.

(source : PNR Loire-Anjou-Touraine).

Ces espaces de transition, qui font partie de la trame verte et bleue, doivent permettre une fluidité des espèces animales et végétales à travers les milieux. Ces espaces sont des corridors écologiques qui sont définis plus précisément comme étant des zones de passage fonctionnelle entre plusieurs espaces naturels et cela pour des espèces très liées à ces milieux. Ainsi, ces corridors relient différentes populations et favorisent la migration et la dissémination des espèces animales et donc celle des espèces végétales. Ils peuvent aussi permettre la recolonisation des milieux perturbés.

Ces corridors écologiques sont donc très importants pour les espèces animales qui souhaitent se déplacer et peupler d'autres milieux sinon sans cette connectivité, un très grand nombre d'espèces ne disposeraient pas de l'ensemble des habitats nécessaires à leurs cycles vitaux (reproduction, croissance, refuge, etc.) et seraient condamnées à disparaître plus ou moins dans le court terme.

Des schémas régionaux de cohérence écologique ont été élaborés fin 2012. Ceci implique donc que les schémas régionaux de cohérence écologique sont pris en compte au niveau local dans les documents d'aménagement de l'espace et de l'urbanisme (PLU, SCOT, carte communale). En ce qui concerne les corridors écologiques au niveau du Sud de la commune, ces derniers sont assimilés aux entités bocagères qui permettraient donc de faire la connexion entre différents milieux. C'est donc pour toutes ces raisons que les stratégies de conservation des espèces insistent sur les échanges entre milieux et non plus uniquement sur la création d'espaces préservés qui

sont clos et isolés.

Le PADD et la carte fournie par le Parc naturel régional Loire-Anjou Touraine permettent donc de les situer plus précisément au sein de Bourgueil. (cf. annexes n° 1 et 4)

La superficie concernant le corridor écologique situé en plein milieu du massif forestier est déjà incluse dans la surface occupée par ce dernier et qui a été donnée précédemment. De plus, la zone proche des zones d'activités, précédemment évoquée, qui aurait pu potentiellement accueillir des éoliennes est concernée par les corridors écologiques. Plus précisément cela concerne une potentielle connexion bocagère. Par voie de conséquence, elle ne peut pas être prise en compte pour accueillir d'éoliennes.



Figure 23: Cartographie montrant une zone exclue pour l'accueil d'un parc éolien (source : carte du Parc naturel régional Loire-Anjou Touraine, réalisation : POULIQUEN Maxime)

Sa superficie sera prise en compte pour l'ensemble des espaces concernés par les corridors écologiques.

Le corridor écologique situé à l'Est de Bourgueil, représenté par une flèche sur le PADD, représente une superficie totale de 1,9 km² en ayant ôté au préalable la superficie des zones à potentiel pour le maraîchage car elles se recoupaient.

L'ensemble des espaces qui sont concernés par une potentielle connexion entre d'autres milieux sont pris en compte dans le calcul des surfaces pour les corridors écologiques. Ces connexions potentielles sont de différentes sortes mais ont une véritable importance.

Ces connexions sont de type :

- humide et aquatique
- bocagère
- prairiale
- forestière

La carte du PADD et la carte concernant la trame verte et bleue se complètent car en effet des zones présentes sur la carte de la trame verte et bleue ne sont pas assimilées à des connexions potentielles entre milieux sur la carte du PADD.



Figure 24: Cartographie montrant une zone exclue pour l'accueil d'un parc éolien (source : carte du Parc naturel régional Loire-Anjou Touraine, réalisation : POULIQUEN Maxime)

Cette zone possède des connexions potentielles prairiales avec des sous trames prairiales ce qui implique une protection.

L'ensemble de ces zones donne une superficie totale de **7,8 km²** soit **23,6 %** de la superficie de Bourgueil.

4. Contraintes liées au réseau routier

Les routes qui sont présentes au sein de la commune de Bourgueil représentent une longueur totale de 76,14 km pour une largeur moyenne de voie atteignant 6 m ce qui représente une superficie de **0,46 km²**.

La portion d'autoroute, quant à elle, représente une surface totale de **0,066 km²**. L'ensemble de la superficie occupée par le réseau routier est d'environ **0,53 km²**. Cela représente environ **1,6 %** de la superficie de Bourgueil.

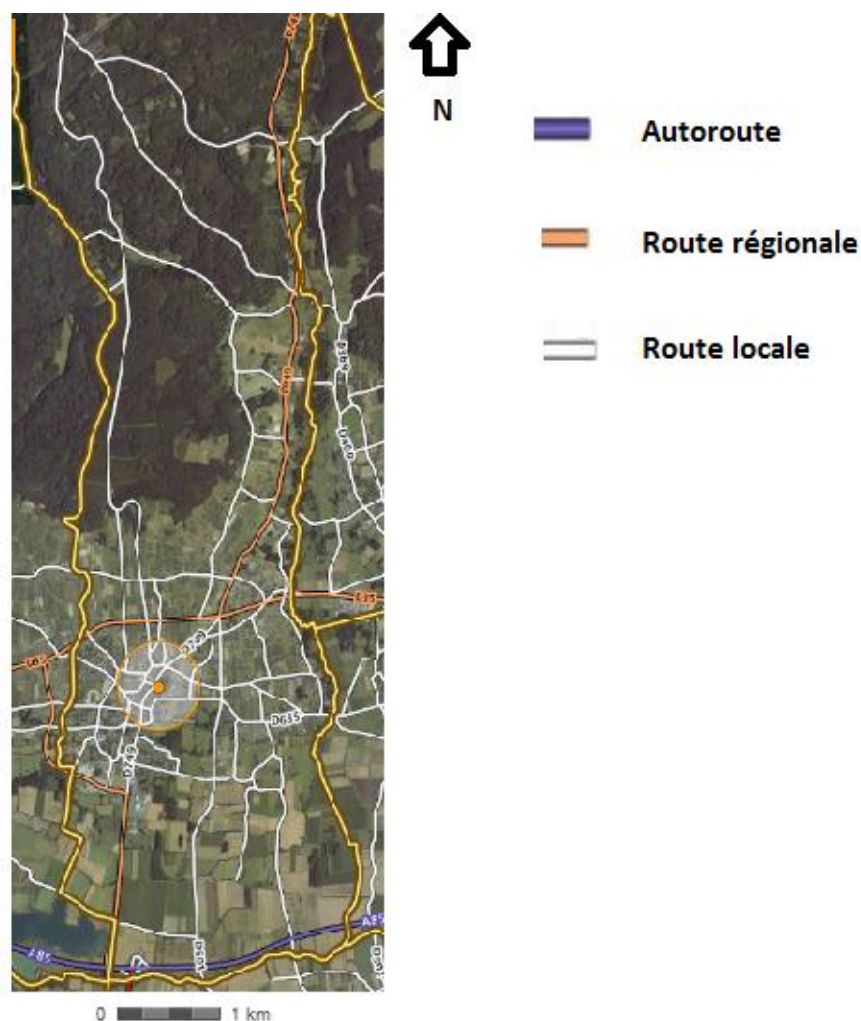


Figure 25: Photographie aérienne du réseau routier et autoroutier de Bourgueil
(source : Geoportail.fr, réalisation : POULIQUEN Maxime)

E. Proposition de plusieurs espaces géographiques finaux

Suite aux contraintes exposées et aux cartes utilisées précédemment il est possible de recouper l'ensemble des cartes pour en obtenir une finale dont deux zones qui semblent approprier pour aménager un parc éolien.

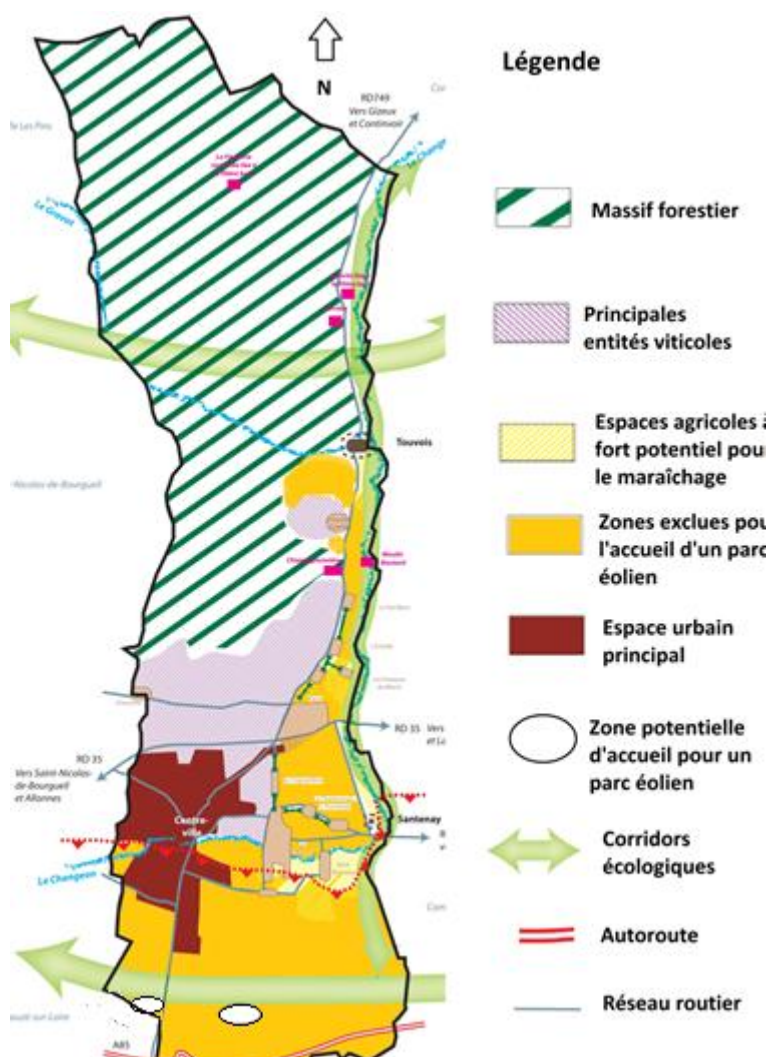


Figure 26: Cartographie finale représentant l'ensemble des zones exclues quant à l'implantation d'un parc éolien
(source : PADD de Bourgueil, réalisation : POULIQUEN Maxime)

A noter que la superficie totale obtenue en ajoutant l'ensemble des surfaces liées aux contraintes est de **32,3 km²** ce qui représente 98 % du territoire bourgueillois. A noter que la première zone trouvée fait **0,210 km²** (située au Sud-Ouest de Bourgueil) et l'autre fait **0,395 km²** (située au Sud de Bourgueil) ce qui, ajoutées à la superficie totale obtenue précédemment, représente 99,7 %. Le pourcentage restant étant certainement dû à des imprécisions dans les calculs.

De plus, ces parcelles se trouvent en zone agricole A mais la réglementation relative au Plan Local d'Urbanisme spécifie que ce sont des « zones correspondant aux secteurs de la commune, équipés ou non, à protéger en raison du potentiel agronomique, biologique ou économique des terres agricoles, au sein desquels

seules sont autorisées les constructions et installations nécessaires à l'exploitation agricoles et aux services publics ou d'intérêt collectif ». Cela peut donc impliquer la possibilité d'installer un parc éolien à cet endroit précis. Les schémas, figures et photos suivantes permettent de mieux apprécier la localisation et l'aspect visuel des zones éligibles quant à l'installation du parc.

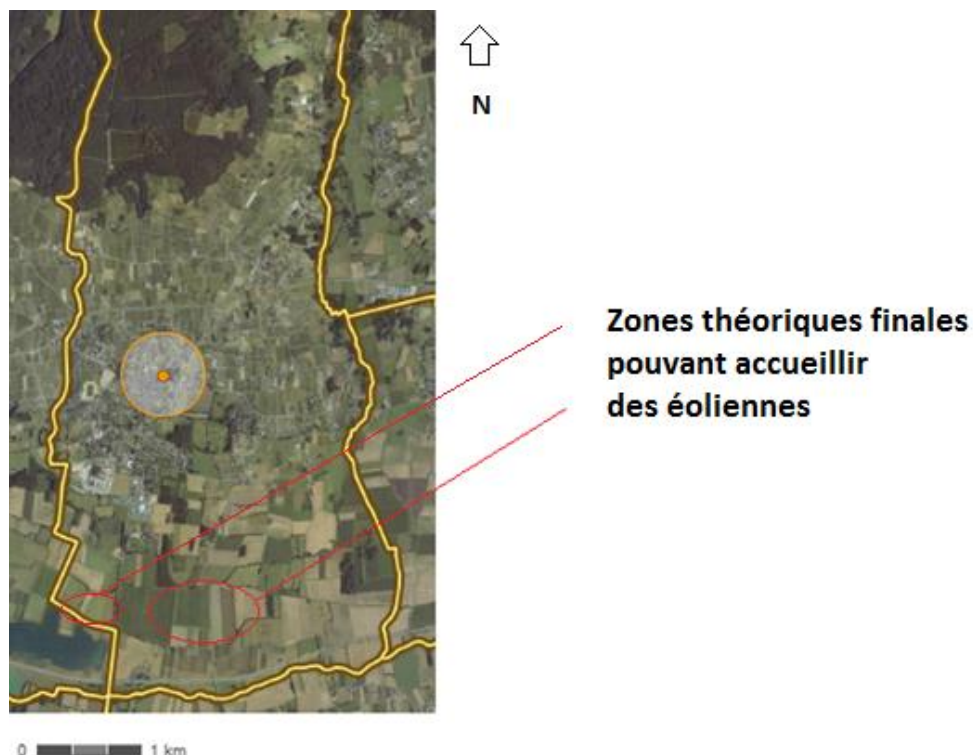


Figure 27 : Photographie aérienne montrant les zones théoriques finales d'accueil des éoliennes
(source : Geoportail.fr, réalisation : POULIQUEN Maxime)

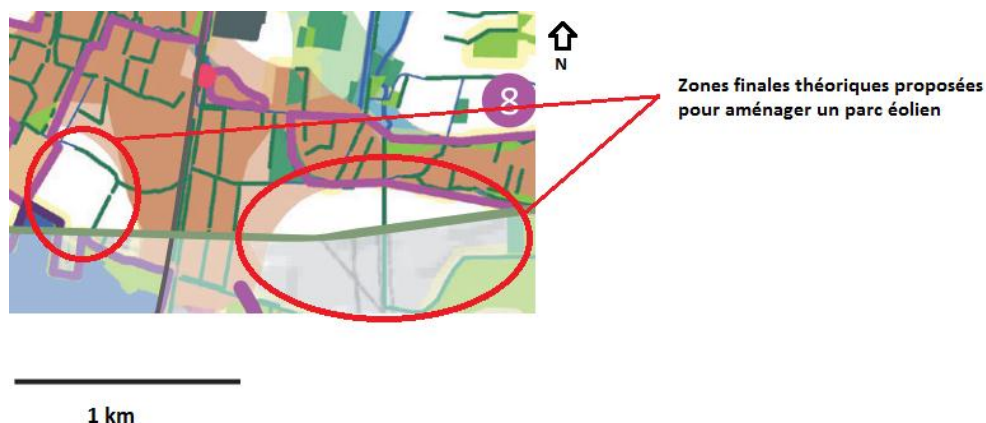


Figure 28 : Cartographie montrant les zones théoriques finales pour accueillir le parc éolien (source : Carte du Parc naturel régional Loire-Anjou Touraine, réalisation : POULIQUEN Maxime)

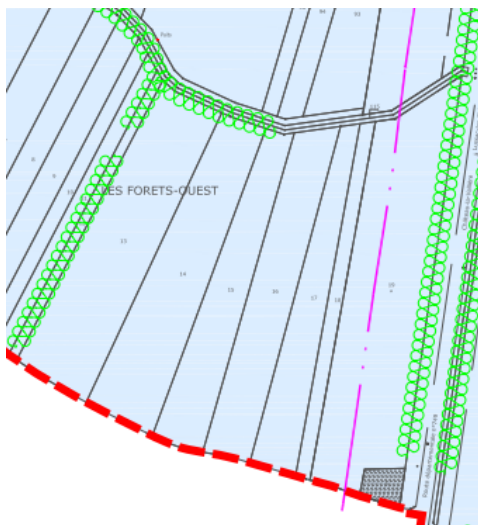


Figure 29 : Carte représentant la première zone trouvée
(source : Carte de zonage du PLU de Bourgueil)



Figure 30 : Photographie aérienne de la première zone trouvée avec ses limites
(source : Geoportail.fr, réalisation : POULIQUEN Maxime)



Figure 31 : Photographie de la première zone théorique finale
(source : POULIQUEN Maxime)



Figure 32 : Carte représentant la deuxième zone trouvée
(source : Carte de zonage du PLU de Bourgueil)



Figure 33 : Photographie aérienne de la deuxième zone trouvée avec ses limites
(source : Geoportail.fr, réalisation : POULIQUEN Maxime)



Figure 34 : Photographie de la deuxième zone théorique finale, côté droit (source : POULIQUEN Maxime)



Figure 35 : Photographie de la deuxième zone théorique finale, côté gauche (source : POULIQUEN Maxime)

Les zones rouges représentent donc les espaces finaux théoriques qui seraient susceptibles d'accueillir des éoliennes. Pour obtenir le nombre d'éoliennes et la disposition de celles-ci au sein de ces parcelles il sera nécessaire d'effectuer des calculs. Ces derniers et la proposition d'aménagement se trouvent dans la partie qui suit.

II. Proposition d'aménagement d'un parc éolien

A. Contexte général et explications

1. Différents types d'éoliennes

Il existe deux grands types d'éoliennes :

– **les éoliennes à axe horizontal** : comme les éoliennes tripales (imposées sur le marché mondial car elles sont plus stables). Parmi ces éoliennes tripales, il existe deux catégories : les éoliennes on shore (sur le sol) et offshore (sur la mer). Les éoliennes offshore présentent des avantages au niveau des nuisances sonores (moins gênantes car elles sont éloignées des habitations) et des vents marins (plus nombreux et plus forts que les vents continentaux) or elles sont beaucoup plus difficiles à installer et donc beaucoup plus coûteuses.



Figure 36 : Photographie d'un parc éolien terrestre (source : btoker-fotolia.com)



Figure 37 : Photographie d'un parc éolien offshore (source : Actu-Environnement)

– **Les éoliennes à axe vertical** : comme les éoliennes type Darrieus, elles sont plus adaptées que les éoliennes classiques dans certains domaines comme l'intégration au bâtiment, elles sont plus économiques et prennent moins d'espace. On trouve aussi les éoliennes de type Savonius : elles sont peu encombrantes, économiques et esthétiques. Il existe des modèles destinés aux particuliers comme ceux proposés par Savonius qui produisent moins d'électricité à cause de leur petite envergure.

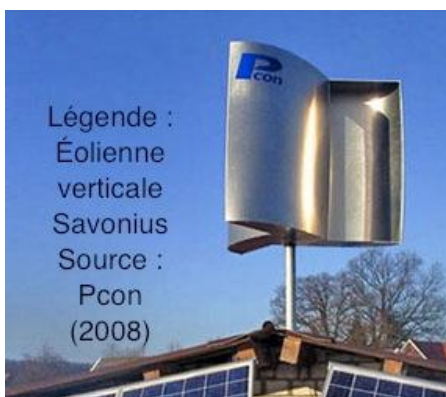


Figure 38 : Photographie d'une éolienne à axe vertical de type Savonius (source : Pcon)



Figure 39 : Photographie d'une éolienne à axe vertical de type Darrieus (source : Quietrevolution)

2. Composants et fonctionnement d'une éolienne

Les éoliennes sont des machines dont l'objectif est de transformer l'énergie du vent en énergie utilisable par l'homme, soit en énergie mécanique comme dans les moulins ou les éoliennes de pompage, soit en énergie électrique comme dans les éoliennes modernes.

Ces dernières sont maintenant des systèmes très complexes et évolués. Ils sont composés des éléments suivants :

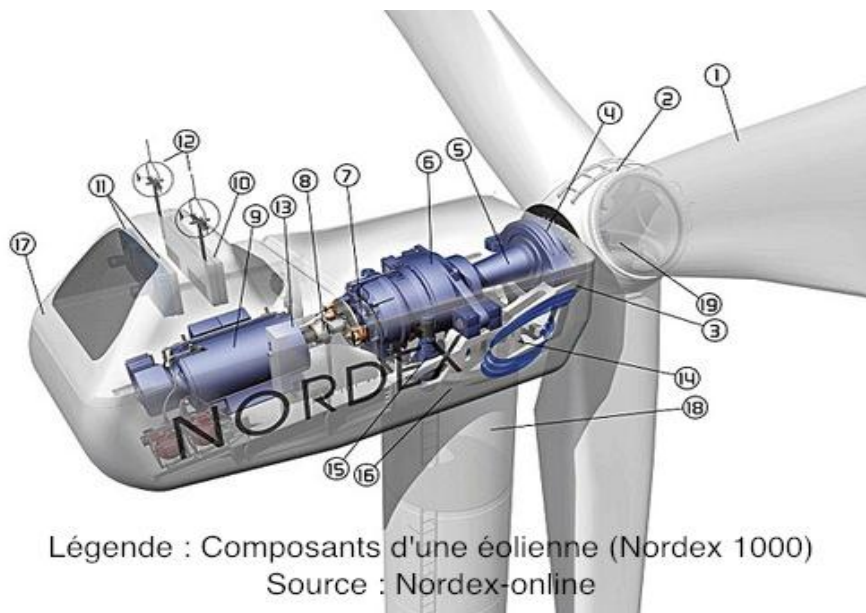


Figure 40 : Composants d'une éolienne (source : Nordex-online.fr)

1. **Les pales de rotor** (3 en général) : faites de plastique renforcé par des fibres de verre
2. **Le moyeu** : composé de fer de fonte
1. et 2. → **Rotor**
3. Structure porteuse de la **nacelle**
4. Palier de l'arbre « lent »
5. Arbre lent; entraîné par le rotor (15 à 30 tours par minute)
6. **Multiplicateur** : boîte de vitesse qui augmente la vitesse de rotation d'un second rotor
7. **Frein à disque** : pour arrêts d'urgence ou d'entretien
8. Arbre rapide qui entraîne la génératrice (typiquement 1500 tours par minute)
9. **Génératrice** : produit l'électricité à partir de l'énergie mécanique du second rotor (en 600 volts)
10. Système de ventilation de la nacelle
11. Ventilateurs qui évacuent la chaleur encaissée par le liquide de refroidissement du générateur
12. **Girouette** (orientation de la nacelle) et **anémomètre** (estimation du vent)
13. Système de commande de la turbine de vent
14. Groupe hydraulique de commande des moteurs, mâchoires de freins, etc.
15. Moteur d'orientation de la nacelle (selon les indications de la

girouette)

16. Couronne crantée (identique à celle des grues de chantier)

17. Coque de la nacelle, généralement en fibre de verre

18. **Mât de l'éolienne**, généralement en acier (contient les câbles et une échelle)

19. Mécanismes du moyeu dirigés par des moteurs électriques

Le fonctionnement d'une éolienne est défini en trois étapes :

- La rotation des pales :

Sous l'effet du vent, l'hélice, appelée aussi rotor, se met en marche.

Ses pales tournent. Le rotor est situé au bout d'un mât vertical car les vents soufflent plus fort en hauteur. Suivant le type d'éoliennes, le mât varie entre 10 et 100 m de haut. Le rotor comporte généralement 3 pales, mesurant entre 5 et 100 m de diamètre.

- La production d'électricité :

L'hélice entraîne un axe dans la nacelle, appelé arbre, relié à un alternateur. Grâce à l'énergie fournie par la rotation de l'axe, l'alternateur produit un courant électrique alternatif.

- L'adaptation de la tension :

Un transformateur situé à l'intérieur du mât élève la tension du courant électrique produit par l'alternateur pour qu'il puisse être plus facilement transporté dans les lignes à moyenne tension du réseau. Cependant dans le projet le raccordement au réseau électrique n'a pas été étudié même si c'est celui-ci qui est possible dans la commune de Bourgueil.

La production d'énergie est due au vent, en cas d'inactivité de celui-ci les éoliennes ne peuvent fonctionner. A partir de 50 km/h, les aérogénérateurs atteignent leur rendement maximum et au-dessus de 90 km/h ils sont arrêtés car ils peuvent devenir incontrôlables. Une distance de 300 à 400 mètres est impérative entre deux éoliennes. Les aérogénérateurs sont autonomes, le fonctionnement est supervisé par un système qui permet de gérer la vitesse du rotor, l'arrêt de l'éolienne en cas de vents trop importants.

B. Proposition d'un type d'éolienne et de calculs associés

Suite à l'explication du fonctionnement d'une éolienne et de la description faite des différents types d'éoliennes il est dorénavant nécessaire d'expliquer la démarche de calculs en ce qui concerne les puissances et les rendements pour pouvoir obtenir la puissance totale théorique sur le territoire de Bourgueil avec les contraintes rencontrées précédemment. Ainsi il sera possible de faire une première proposition d'aménagement du parc éolien en déterminant la meilleure localisation possible des terrains associés à la maximisation des puissances.

Un aérogénérateur transforme l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique puis en énergie électrique. L'énergie cinétique se caractérise par la formule suivante :

$$Ec = \frac{1}{2} mv^2$$

Avec : **Ec** : énergie cinétique exprimée en Joules

m : masse du volume d'air en mouvement exprimée en kg

v : vitesse du vent en m.s⁻¹

La puissance éolienne d'un aérogénérateur est fonction de la surface balayée par les pales, indépendamment de leur nombre. Le rotor exploite un volume d'air de section **S** animée d'une vitesse **v**.

La puissance cinétique du vent **Pc** se calcule de la manière suivante :

$$Pc = \rho \times S \times v^3 \times \frac{1}{2} (W)$$

Avec : **ρ** : masse volumique de l'air à 15°C et 1013 hPa soit 1,226 kg.m⁻³

S : volume d'air qui traverse le rotor à chaque seconde

v : vitesse du vent en m.s⁻¹

La règle établie, en 1927, par Betz définit la puissance maximum récupérable (mécanique) **Pm** : soit 16/27 ou 59,3 % de la puissance théorique **Pc** c'est-à-dire :

$$Pm = \frac{1}{2} \times \frac{16}{27} \times 1,226 \times S \times v^3 = 0,36 Sv^3 (W)$$

Il n'est possible de récupérer qu'environ 60 % de P_c car sinon cela voudrait dire que le vent serait nul après le passage au niveau du rotor or c'est impossible (source : Jean-Christian Lhomme 2004).

Le rendement du système de conversion est le produit des rendements de chaque partie de l'éolienne : rotor, multiplicateur, générateur, transformateur, redresseur, stockage et distribution.

Le rendement de ce système de conversion a été calculé avec les rendements de chaque partie de l'éolienne pour obtenir 55 %. La puissance véritablement exploitable est la puissance pratique ou électrique, celle qui sera en sortie d'éolienne. Elle sera donc inférieure à la puissance maximum récupérable. Ceci provient du fait que du vent à la distribution sur le réseau électrique différentes étapes de conversion d'énergie existent, chacune avec un rendement propre d'où le 55 % obtenu précédemment.

La puissance électrique est donc fonction du rendement global soit :

$$P_e = P_m \times \eta(\text{global}) \text{ (W)}$$

Cas du projet :

Le choix de l'éolienne se réfère à l'éolienne N100/2500 de la compagnie Nordex possédant des pâles d'environ une cinquantaine de mètres avec un diamètre du rotor correspondant à 99,8 mètres et le mât d'acier quant à lui fait 75 mètres de hauteur (cf annexe n°4 sur l'ensemble des caractéristiques de l'éolienne).

Nordex propose trois hauteurs de mâts, celui de 75 m a été choisi car il possède la taille la plus petite ce qui peut diminuer l'impact paysager. La hauteur totale de l'éolienne se résume donc à environ 125 m. Le choix de cette éolienne est justifié principalement par le fait que cette éolienne s'adapte à des vents modérés donc à partir de 3 m.s^{-1} ce qui est le cas pour Bourgueil avec la vitesse de $4,5 \text{ m.s}^{-1}$ (en moyenne).



Figure 41 : Photographie de l'éolienne N100/2500 (source : Nordex)



Figure 42 : Photographie de l'éolienne N100/2500 (source : Nordex)

Le cas de cette éolienne va donc va être étudié pour connaître un peu plus dans le détail comment se calculent les puissances données par les constructeurs ainsi que les rendements et connaître quelle quantités d'électricité il est possible d'obtenir par exemple.

Pour commencer, la surface S en m^2 du cercle formé par les pales est calculée :

$$S = 49,9^2 \times \Pi = 7823 \text{ m}^2$$

De plus, la vitesse du vent est de $16,2 \text{ km.h}^{-1}$. Ceci représente la vitesse moyenne du vent à Bourgueil comme précisé dans la partie précédente, c'est à dire $4,5 \text{ m.s}^{-1}$.

Ainsi la puissance cinétique du vent est :

$$P_c = 1,226 \times 7823 \times 4,5^3 \times \frac{1}{2} = 0,44 \text{ MW}$$

La puissance réellement récupérable (puissance mécanique)
P_m sera donc :

$$\mathbf{P_m = 0,36 \times 7823 \times 4,5^3 = 0,26 \text{ MW}}$$

Le rendement global se calcule par :

$$\mathbf{\eta(\text{global}) = P_m/P_c \times \eta \text{ (du système de conversion)}}$$

$$\mathbf{\eta(\text{global}) = 0,26/0,44 \times 0,55 = 31,3 \%}$$

La puissance électrique est donc :

$$\mathbf{P_e = 2,6.10^5 \times 0,313 = 81,3 \text{ kW}}$$

Remarque : La puissance électrique sera équivalente à la puissance nominale donnée par le constructeur quand on obtiendra une vitesse du vent optimale pour le fonctionnement de l'éolienne. C'est-à-dire que pour ce type d'éolienne, qui prend en compte la vitesse modérée du vent, la vitesse optimale serait de $9,6 \text{ m.s}^{-1}$ soit environ 35 km.h^{-1} .

La production d'électricité qu'il est possible d'obtenir pour une cette éolienne, fonctionnant en régime nominal (à une vitesse de vent optimale donc de $9,6 \text{ m.s}^{-1}$) durant 2000 heures par an en moyenne, est de $1,5.10^6 \text{ kWh/an}$ (résultat obtenu en appliquant les formules mathématiques précédentes).

A titre d'information, un graphique représentant l'énergie électrique fournie en Wh par mois sur l'année 2012 a été fait. Ce graphique a été obtenu en intégrant les vitesses mensuelles et moyennes du vent dans des conditions idéales (éolienne fonctionnant 100 % du temps). On suppose que les puissances sont représentées totalement malgré des vitesses de vent qui peuvent être inférieures à 3 m.s^{-1} sachant que le rotor de l'éolienne ne commence à tourner qu'à partir de 3 m.s^{-1} (cf. tableau ci-dessous donnant les valeurs de vitesses de vent mensuelles et moyennées).

Mois	Vitesse du vent en m.s ⁻¹
Janvier	3,61
Février	2,50
Mars	3,06
Avril	3,89
Mai	3,06
Juin	3,33
Juillet	3,06
Août	3,06
Septembre	3,06
Octobre	3,06
Novembre	3,33
Décembre	4,17

Figure 43 : Tableau représentant les vitesses mensuelles et en moyenne du vent sur Bourgueil pour l'année 2012
(source : wunderground.com, réalisation : POULIQUEN Maxime)

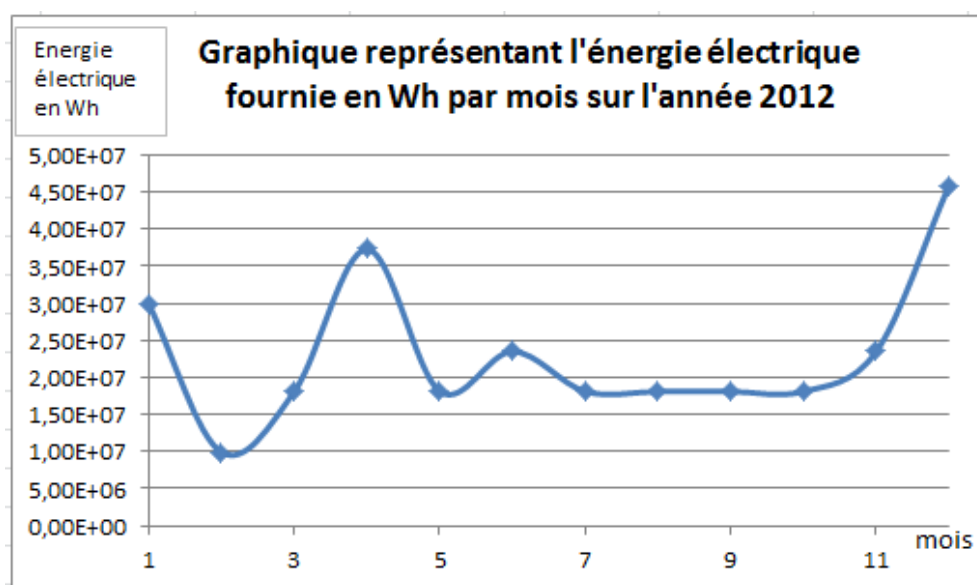


Figure 44 : Graphique représentant l'énergie électrique fournie en Wh par mois sur l'année 2012 (source : POULIQUEN Maxime)

La production électrique obtenue pour l'année 2012, en ajoutant chaque production mensuelle, est de $2,5 \cdot 10^5$ kWh.

Le rendement d'une éolienne à elle seule est très faible cependant si l'on considère un parc éolien il est possible d'augmenter ce dernier.

C. Proposition d'aménagement et puissance totale

D'après tout ce qui a été montré auparavant il est possible de proposer une localisation du parc éolien en ayant pris compte de toutes les contraintes et donc de déterminer la puissance totale théorique que pourrait accueillir Bourgueil puisque c'est le nombre d'éoliennes qui définit la puissance totale. Il est préférable de créer des sites éoliens de taille suffisante et d'éviter d'en multiplier de petits afin de préserver des espaces paysagers sans vue sur des aérogénérateurs. Il sera également possible de recalculer la puissance totale sur l'ensemble du territoire si ces contraintes n'avaient pas été présentes. Toutes les actions nécessaires à la mise en place d'un parc éolien comme les études d'impact, l'enquête publique ou l'obtention du permis de construire ont été supposées approuvées théoriquement.

Pour rappel : Zones potentielles d'accueil d'éoliennes



Figure 45 : Photographie aérienne de la première zone trouvée avec ses limites
(source : Geoportail.fr, réalisation : POULIQUEN Maxime)



Figure 46 : Photographie aérienne de la deuxième zone trouvée avec ses limites (source : Geoportail.fr, réalisation : POULIQUEN Maxime)

L'emprise au sol d'une éolienne représente en moyenne et pour ce modèle une surface de 1 000 m² lors des travaux réalisés. Pour déterminer la disposition des éoliennes sur ces parcelles, on prendra en compte ces 1 000 m². Par la suite, pour déterminer la puissance globale qu'il aurait été possible d'obtenir sur le territoire de Bourgueil sans contraintes on utilisera la surface de 400 m². En effet, cette valeur représente la surface occupée par une éolienne et utilisée durant son exploitation. Ces valeurs sont moyennées et concernent généralement les éoliennes de ce type et divergent en fonction des chantiers. De plus une éolienne doit être située à au moins 100 mètres de la route. On considérera un simple rectangle de 1 000 m² (20 m de largeur et 50 m de longueur) pour la représentation des zones occupées par les éoliennes sur la carte. Ce rectangle se réfère à des plans qui ont été créés pour différents chantiers (source : présentation parc éolien de Bouin). La disposition des éoliennes prend en compte l'espacement de 300 mètres entre chacune d'elles, l'éloignement de 135 mètres par rapport aux poteaux électriques (règlementation sur la distance d'espacement entre les deux entités : hauteur du mât de l'éolienne + 10 mètres) ainsi que l'éloignement de 100 mètres par rapport à la route ce qui permet d'obtenir les deux représentations suivantes :

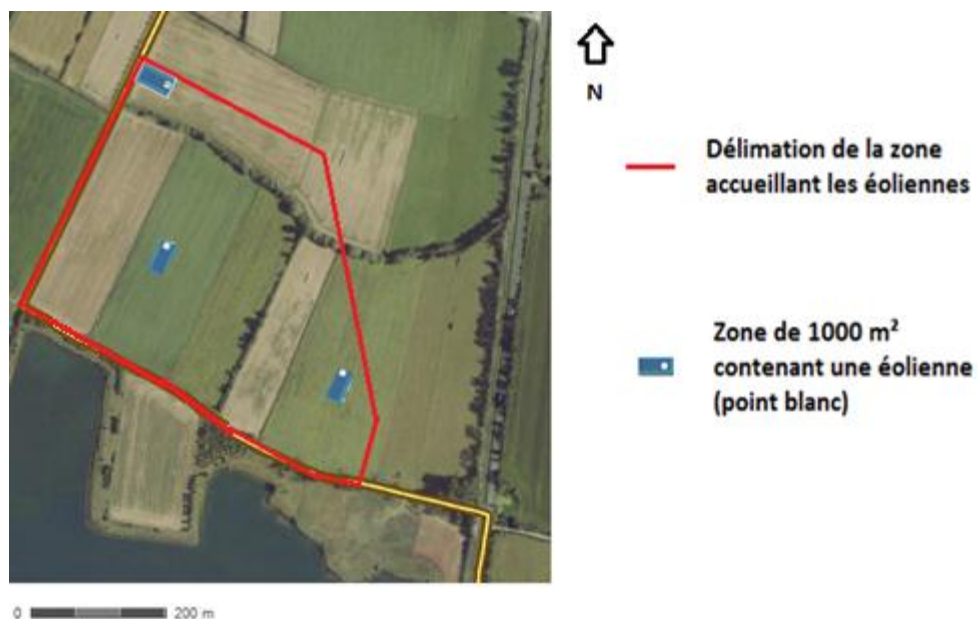


Figure 47 : Photographie aérienne de la première zone trouvée avec ses limites et un aménagement possible d'éoliennes
(source : Geoportai.fr, réalisation : POULIQUEN Maxime)



Figure 48 : Photographie aérienne de la deuxième zone trouvée avec ses limites et un aménagement possible d'éoliennes
(source : Geoportail.fr, réalisation : POULIQUEN Maxime)

Ainsi avec les parcelles de terrain disponibles et les distances à respecter entre chaque éolienne, la route et les poteaux électriques, il a été possible d'installer 9 éoliennes. Ces éoliennes sont réparties entre les zones théoriques déduites.

Pour obtenir la surface totale occupée par les éoliennes il sera nécessaire de considérer la surface de l'éolienne une fois les fondations terminées ce qui revient à une surface de 400 m² pour ce type d'éoliennes sachant qu'il a été possible de créer un parc éolien en contenant 9. Cette surface de 400 m² est donc celle qui est utilisée durant l'exploitation de l'éolienne. La surface totale occupée par ces éoliennes est de 3 600 m² avec une puissance électrique de 81,3 kW pour chacune d'entre elles. Cela représente donc une puissance électrique théorique totale de **0,73 MW pour les 9 éoliennes**.

La puissance électrique théorique qu'il serait possible d'exploiter sur le territoire bourgueil dans sa totalité est de 6,7 GW. Sachant que cette valeur est obtenue en considérant l'absence de contraintes et donc avec un gisement de vent qui serait présent sur tout le territoire de Bourgueil. On a considéré une éolienne avec une emprise au sol de 400 m² ce qui, extrapolée à l'ensemble du territoire de Bourgueil, donne la valeur de la puissance énoncée précédemment. Cela peut se résumer en nombre d'éoliennes, si l'on considère une éolienne pour 400 m², à **82 500 éoliennes** sur l'ensemble du territoire de Bourgueil soit sur 33 km².

En termes de puissance par mètre carré on obtient donc **203 W.m⁻²**.

III. Effets d'impacts sur l'environnement

A. Différents types d'impacts

Les éoliennes sont des machines qui peuvent générer des impacts plus ou moins importants à l'échelle du territoire où elles sont installées. Cette partie va aborder l'explication et la modélisation sur un impact très important, l'impact paysager. A titre informatif, quelques éléments seront apportés quant aux autres impacts générés mais n'ont pas été modélisés ou étudiés plus en détails dans le cadre du projet individuel.

- Bruit :

Les éoliennes utilisent l'énergie du vent pour fonctionner. Le vent crée un flux d'air, qui va s'engouffrer entre les pales et faire du bruit. On estime que le bruit produit par une éolienne, lorsque l'on se trouve au pied de l'éolienne, c'est-à-dire l'endroit le plus bruyant, le niveau sonore produit par l'éolienne est équivalent au niveau sonore à l'intérieur d'une voiture. Lorsque l'on est situé à 250 mètres de l'éolienne, le niveau sonore est de 45 dB, ce qui est un peu inférieur au niveau sonore à l'intérieur d'une maison calme (50 dB)

Les éoliennes sont soumises à la réglementation des bruits de voisinage. C'est-à-dire que l'émergence d'une éolienne ne peut pas dépasser une élévation du niveau sonore de plus de 5 dB(A) le jour et de 3 dB(A) la nuit pour un niveau de bruit ambiant supérieur à 30 dB(A), suite à l'implantation d'une activité professionnelle. Cependant, il est préconisé de ne pas implanter de parcs éoliens à moins de 500 m d'habitations. (source : Civel Y-B., ADEME, 2003)

- Effets sur les animaux :

Les impacts sur les animaux imputables aux éoliennes sont très surveillés, et notamment en zone naturelle sensible (ENS, espace Natura 2000...). Les oiseaux sont les animaux les plus impactés par les éoliennes, notamment avec la perte de leurs habitats, le dérangement, et la mortalité des oiseaux. (MEDD, ADEME, 2003)

On dénote cependant un faible taux de collision entre les oiseaux et les éoliennes, de l'ordre de 0.4 à 1.3 oiseaux tués par an et par éolienne. Ce taux est une valeur moyenne obtenue sur l'ensemble du territoire français. Les éoliennes sont surtout dangereuses pour les espèces d'oiseaux migrateurs, qui ne s'y sont pas accoutumées. Les chauve-souris sont aussi concernées par les éoliennes et peuvent leur nuire. Le cas des animaux ne sera pas étudié dans ce projet.

- Recyclage, déchets :

Une éolienne a une durée de vie allant de 20 à 25 ans. Lorsque l'éolienne arrive en fin de vie, elle est entièrement démantelée, et une remise en état du site s'opère, de sorte que le site retrouve les caractéristiques qu'il avait avant l'implantation de l'éolienne. Les fondations de l'éolienne sont donc démantelées, et le site est revégétalisé. (source : MEDD, ADEME, 2003)

B. Impact paysager

L'impact paysager est l'impact qui a été choisi volontairement contrairement à d'autres impacts car celui-ci est important quant à l'intégration d'éoliennes dans un paysage. De plus cet impact paysager peut être obtenu en réalisant des modélisations et des maquettes à l'échelle de la commune rendant l'implantation d'éoliennes beaucoup plus astucieuses. L'exemple de la lumière semble un aspect particulièrement intéressant. En effet, le principe est simple car il consiste à considérer les éoliennes comme des points lumineux générant des zones d'ombres. Quand on se positionne dans ces zones d'ombre on ne perçoit pas l'éolienne et inversement. Une maquette de la commune

sera créée en regroupant des habitations. Les différents blocs d'habitation seront créés en fonction de leur position par rapport à la localisation d'éoliennes, c'est-à-dire des habitations ayant la même vue sur les éoliennes. Cette maquette permettra à la fois de se rendre compte de la place que prennent les éoliennes à l'échelle de la commune et à la fois d'utiliser la lumière pour déterminer les zones d'ombres émises par les éoliennes qui pourraient se recouper avec les zones d'habitations empêchant les habitations d'être impactées visuellement par l'éolienne puisqu'elles ne la verraient pas. Cela étant fait pour les 9 éoliennes. Bien entendu, les résultats obtenus seront théoriques et ne pourront pas refléter entièrement la réalité à cause d'inexactitudes présentes par rapport à leur précision et la technique utilisée. Cette maquette ne donnera que des résultats approximatifs mais suffisants pour se faire une idée de la réalité.

Les différents groupes de maison seront choisis en fonction de la visibilité qu'ils ont sur l'éolienne. La visibilité, ici, étant définie comme le phénomène de perception d'une entité par une autre sans obstacle entre la distance qui les sépare. Cela signifie que certains groupes de maisons ne seront pas choisis car ces derniers ne voient pas l'éolienne.

Le centre-ville n'est pas choisi car il vrai qu'aucune construction bâtie ne voit l'éolienne.



Figure 49 : Photographie d'une partie du centre-ville de Bourgueil
(source : POULIQUEN Maxime)

Les Sablons n'ont pas été choisis car il n'est pas possible de voir les éoliennes à causes d'arbres cachant la visibilité par rapport aux éoliennes.



Figure 50 : Photographie d'une partie des Sablons
(source : POULIQUEN Maxime)

Pour les habitations situées au Nord des Sablons et du centre-ville il est impossible de voir les parcelles et les éoliennes qui y seraient implantées à cause de la végétation et des bâtiments qui les cachent. Ces

habitations ne subiront donc aucun impact paysager quant aux éoliennes.

Les groupes de maisons qui ont donc été retenus sont donc ceux fait en rouge sur la maquette. Les zones sont une lettre comme indice allant de A à F. Le nombre de maisons dans un groupe n'a pas été défini.

La maquette ne prend pas en compte l'ensemble de Bourgueil. Cela représente environ la moitié du territoire (cf. photos maquette).

En effet, c'est la partie centrale et la partie du Sud de la commune qui ont été dessinées pour être plus précis au niveau de l'échelle de représentation des éoliennes sur Bourgueil.



Figure 51 : Photographie aérienne de Bourgueil avec les limites pour la maquette
(source : Géoportail.fr, réalisation : POULIQUEN Maxime)

Les caractéristiques de la maquette sont les suivantes :

	Réalité	Modélisation
Taille d'une éolienne	125 m	2,25 cm
Taille d'une pale	50 m	0,9 cm
Trait orange vertical (cf.carte ci-dessus)	5 km	89 cm
Trait orange horizontal (cf.carte ci-dessus)	3,4 km	60,5 cm
Longueur zone A	327 m	5,9 cm
Largeur zone A	250 m	4,5 cm
Longueur zone B	350 m	6,3 cm
Largeur zone B	250 m	4,5 cm
Longueur zone C	227 m	4,1 cm
Largeur zone C	116 m	2,1 cm
Longueur zone D	111 m	2 cm
Largeur zone D	105 m	1,9 cm
Longueur zone E	122 m	2,2 cm
Largeur zone E	105 m	1,9 cm
Longueur zone F	122 m	2,2 cm
Largeur zone F	44 m	0,8 cm

La représentation d'une partie du territoire de Bourgueil a été faite grâce à six feuilles de format A3 disposées deux à deux. La maquette possède donc une échelle de 18 cm ce qui représente 1 km réellement. Cette échelle a également été appliquée aux éoliennes miniatures et aux bougies.

Suite aux caractéristiques présentées, un ensemble de photos va suivre pour présenter la maquette ainsi que l'effet observé avec la lumière et les ombres des éoliennes. A noter que la hauteur des bâtiments a été négligée car cela ne représenterait qu'un ou deux millimètres.

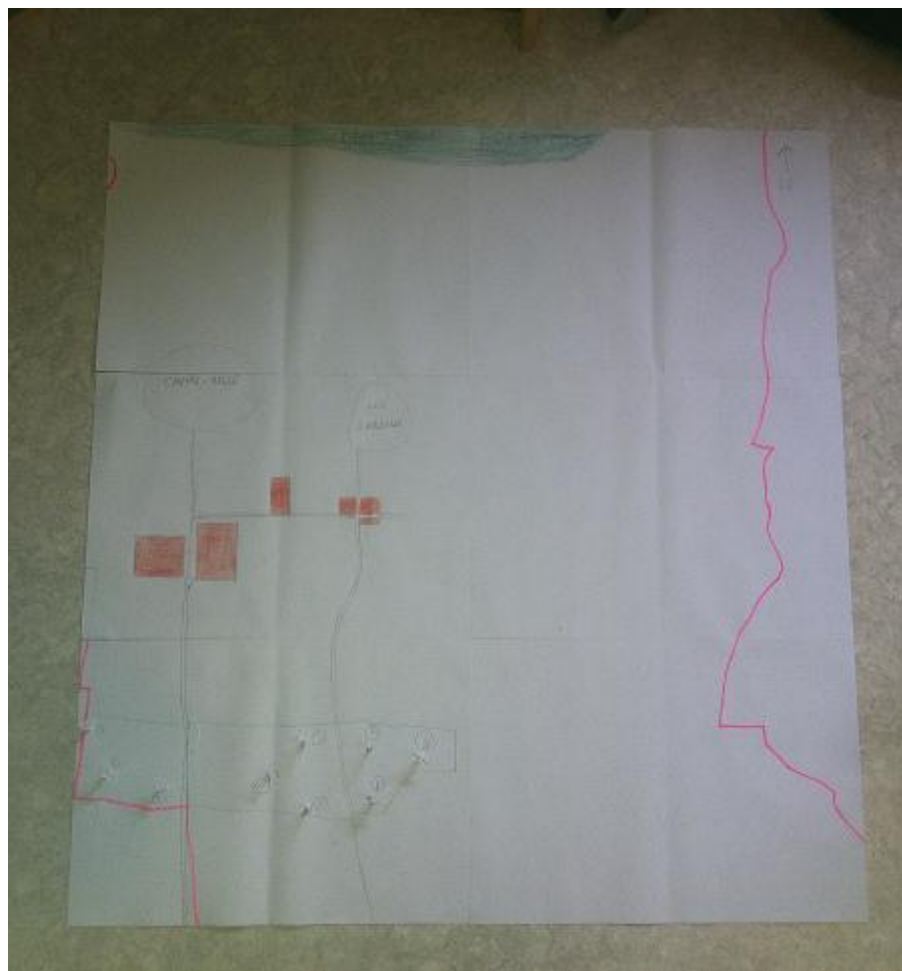


Figure 52 : Photographie représentant la modélisation d'une partie de Bourgueil (source : POULIQUEN Maxime)

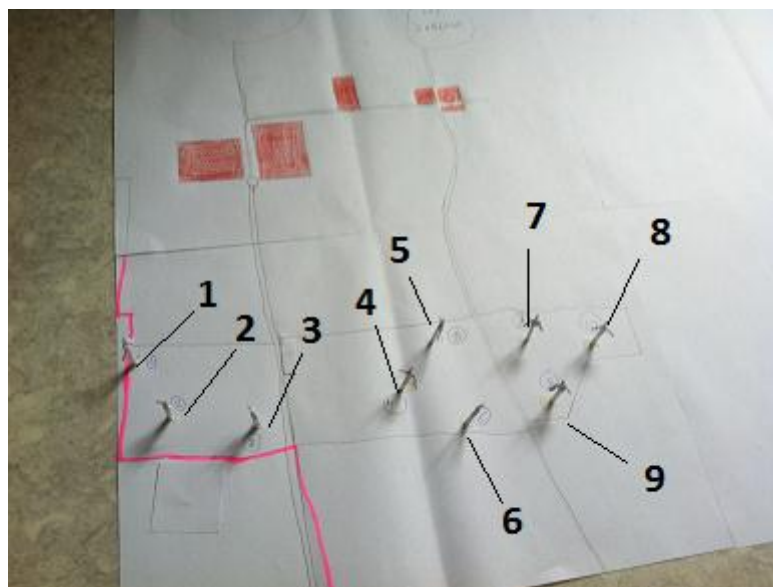


Figure 53 : Modélisation des éoliennes avec un numéro attribué (source : POULIQUEN Maxime)

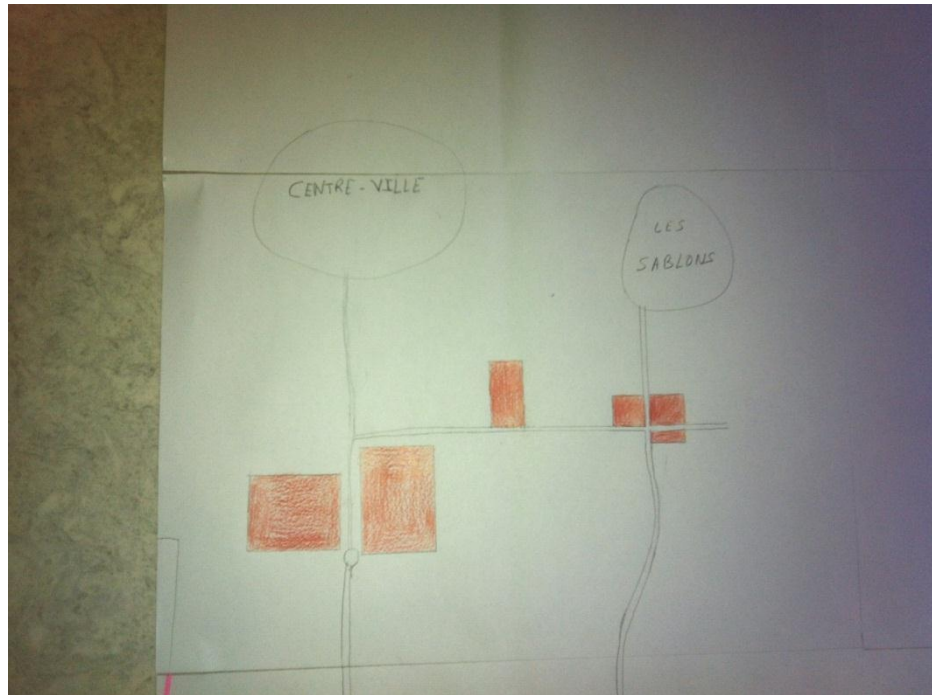


Figure 54 : Photographie représentant les zones d'habitation potentiellement touchées par un impact paysager (source : POULIQUEN Maxime)

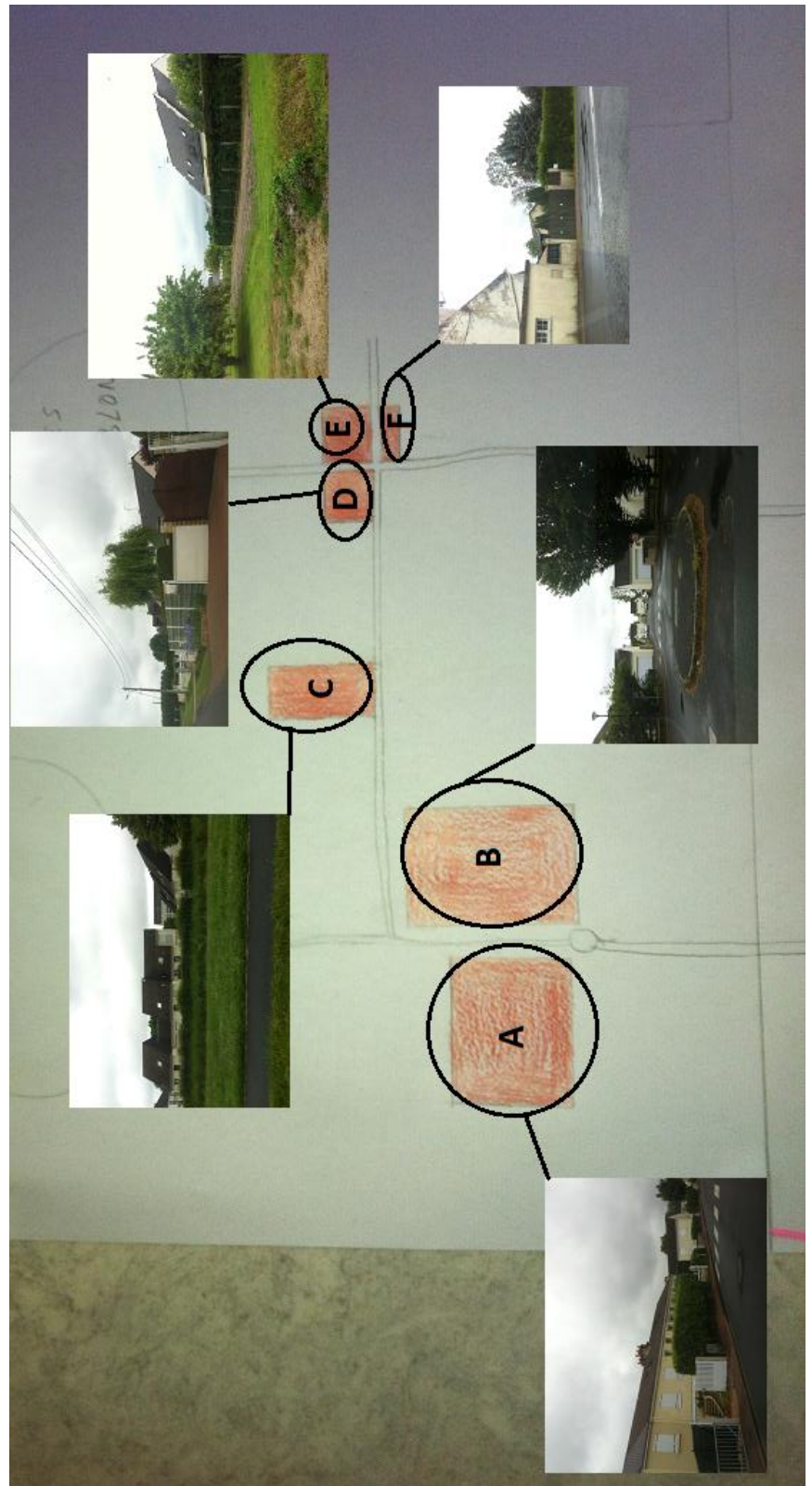


Figure 55 : Photographie des zones d'urbanisation associées à des images les représentant réellement
(source : POULIQUEN Maxime)



Figure 56 : éoliennes modélisées à l'échelle de la commune
(source : POULIQUEN Maxime)

Pour obtenir les ombres des éoliennes il suffit de remplacer les éoliennes miniatures par des bougies faisant la même taille et observer les zones d'ombres qu'elles produiront. Les photos qui suivent représentent les 9 éoliennes réparties sur chacune des zones étudiées.

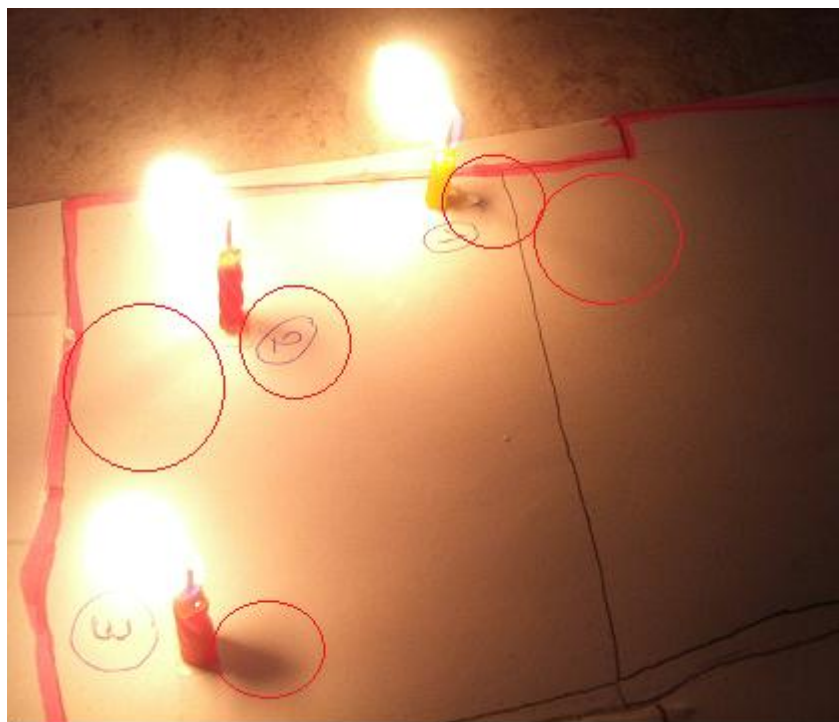


Figure 57 : Photographie représentant des bougies sur la première zone trouvée pour l'aménagement d'un parc éolien (Sud-Ouest de Bourgueil) avec les zones d'ombres entourées en rouge
(source: POULIQUEN Maxime)



Figure 58 : Photographie représentant des bougies sur la deuxième zone trouvée pour l'aménagement d'un parc éolien (côté gauche) avec les zones d'ombres entourées en rouge (source : POULIQUEN Maxime)



Figure 59 : Photographie représentant des bougies sur la deuxième zone trouvée pour l'aménagement d'un parc éolien (côté droit) avec les zones d'ombres entourées en rouge (source : POULIQUEN Maxime)

La maquette finale permet donc d'observer le fait que les éoliennes sont visibles des blocs d'habitations sélectionnés. En effet, les zones d'ombre, entourées en rouge sur les photos, ne recouvrent pas les habitations car ce qui implique la visibilité de celles-ci par les zones d'habitation. De ce fait on peut se dire que ces éoliennes pourraient gêner visuellement les habitants. A l'inverse, il serait possible d'éclairer les groupes d'habitations pour voir les zones d'ombres que cela donnerait. Ces zones d'ombres seraient un endroit potentiel pour accueillir les éoliennes cependant dans le cas présent cela ne serait pas possible du fait que les zones d'ombres se recoupent avec les surfaces délimitées par les contraintes précédentes (corridors écologiques, viticulture etc.).

Il est maintenant intéressant d'observer plus dans le détail l'impact visuel que ces éoliennes pourraient engendrer en définissant différentes classes en ce qui concerne la taille apparente (exprimée en degré) de l'éolienne :

- Vue proche : l'éolienne a une forte prédominance visuelle
- Vue semi-rapprochée : l'éolienne prend une place notable dans le paysage
- Vue éloignée : l'objet est insignifiant dans le paysage

Plusieurs angles seront calculés en fonction des regroupements d'habitations choisis.

La taille apparente

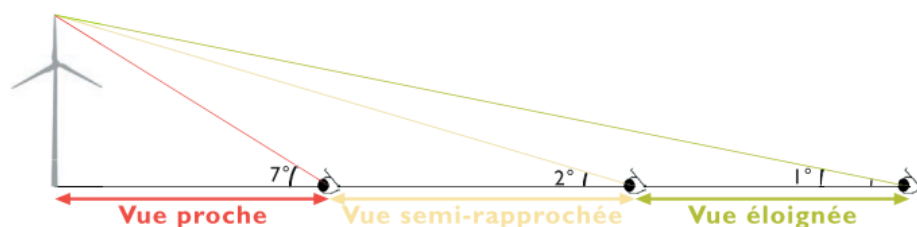


Figure 60 : Schéma représentant la taille apparente d'une éolienne en fonction de la distance d'éloignement entre l'éolienne et l'observateur

(source : Le Parc et l'éolien : Parc naturel régional Loire Anjou Touraine)

Ces seuils de visibilité peuvent être exprimés par la distance entre l'éolienne et l'observateur. Les classes dépendent aussi de la hauteur de l'éolienne. La visibilité d'un aérogénérateur dépend tout particulièrement de la visibilité du mât.

L'évolution de l'angle de perception en fonction de la distance observateur-éolienne peut être représentée par la courbe suivante en allant de 0 à 6 000 mètres pour la distance de l'observateur à l'éolienne et 0 à 10 ° pour la taille apparente de l'éolienne. Ces valeurs correspondent à une éolienne d'une taille de 120 mètres soit environ la même taille que le type d'éolienne choisi.

**EVOLUTION DE L'ANGLE DE PERCEPTION
EN FONCTION DE LA DISTANCE OBSERVATEUR-ÉOLIENNE**
Pour une éolienne de 120m

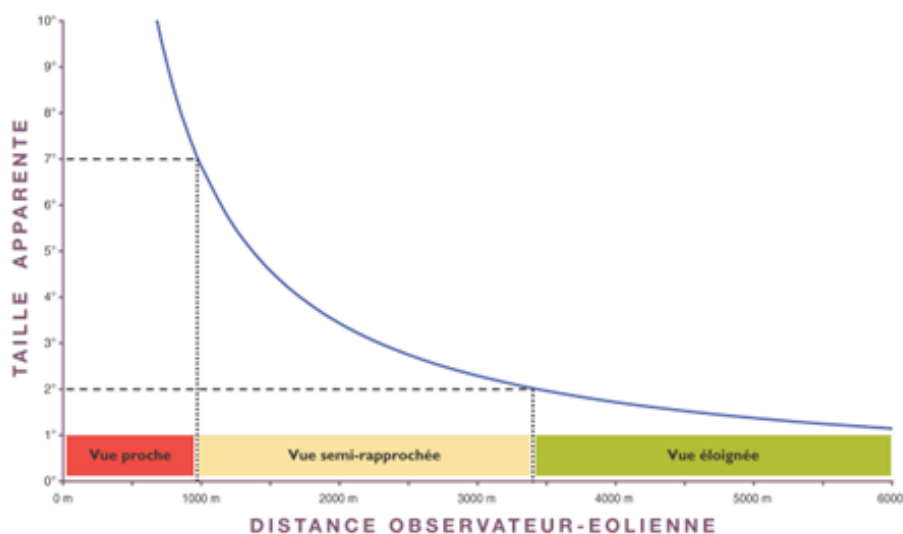


Figure 61 : Graphique représentant l'angle de perception de l'éolienne en fonction de la distance observateur-éolienne
(source : Le Parc et l'éolien : Parc naturel régional Loire Anjou Touraine)

Aire d'étude en vue proche

Proche des éoliennes, le regard humain ne peut englober la totalité du parc éolien. Il s'agit d'étudier les éléments de paysage qui sont concernés par les travaux de construction et les aménagements définitifs nécessaires à son exploitation : accès, locaux techniques.

C'est à cette échelle que sont élaborés les documents du volet paysager du permis de construire.

(source : Parc naturel régional Loire-Anjou-Touraine, le Parc et l'éolien)

Aire d'étude en vue semi-rapprochée

Les éoliennes s'inscrivent comme un nouvel élément du paysage. C'est à cette échelle que la composition paysagère du parc éolien doit être prise en considération : grandes lignes du paysage, occupation du sol, chemin d'accès etc.

(source : Parc naturel régional Loire-Anjou-Touraine, le Parc et l'éolien)

Aire d'étude en vue éloignée

L'éolienne constitue ici un élément de composition du paysage à part entière. Sur cette aire d'étude, la description des unités paysagères, l'identification des sites ou lieux d'importance nationale ou régionale doivent permettre de vérifier l'absence d'incompatibilité d'accueil d'un projet éolien.

C'est selon ces mêmes aires d'étude qu'il convient d'élaborer une zone de développement de l'éolien.
(source : Parc naturel régional Loire-Anjou-Touraine, le Parc et l'éolien)

Les résultats obtenus pour connaître l'impact visuel de la disposition des éoliennes sont les suivants :

	A	B	C	D	E	F
1	6,4	5,4	3,9	3,6	3,4	3,5
2	5,3	4,9	3,6	3,4	3,2	3,3
3	5,1	4,8	3,8	3,6	3,5	3,6
4	4,8	5,1	4,2	4,3	4,1	4,4
5	4,9	5,6	4,8	4,9	4,8	5,2
6	4,1	4,3	3,7	3,9	3,8	4
7	3,9	4,6	4,3	4,8	4,9	5,2
8	3,5	3,9	3,7	4	4	4,2
9	3,5	4	3,9	4,5	4,5	4,8

Figure 62 : Tableau représentant la taille apparente des éoliennes du parc éolien théorique proposé en fonction des zones d'habitations déterminées au préalable avec la maquette (source : POULIQUEN Maxime)

Le tableau permet de dire que les résultats sont compris entre 3,2 ° et 6,4 ° ce qui correspond à distances entre les éoliennes et les zones d'habitations comprises entre 1,1 km et 2,2 km. Ces tailles apparentes ont été obtenues en pratiquant la formule mathématique tangente avec l'aide du schéma précédent. Les valeurs des tailles apparentes des éoliennes concernent donc une vue semi-rapprochée mais dont l'intervalle des valeurs obtenues est plus près de vue proche que de vue éloignée. Cela permet donc de dire que les éoliennes commencent à prendre une place de plus en plus imposante dans le paysage et que les habitants peuvent la voir distinctement mais cela reste tout à fait convenable du point de vue visuel. L'impact visuel est tout de même moins percutant en se trouvant entre 3,2 et 6,4 ° que si l'on se trouvait à 400 mètres de l'éolienne donc cela reste moins oppressant pour les habitants se situant aux distances évoquées auparavant.



Figure 63 : Schéma représentant la taille d'une éolienne avec une distance de 400 m entre l'éolienne et l'observateur
(source : Le Parc et l'éolien : Parc naturel régional Loire Anjou Touraine)

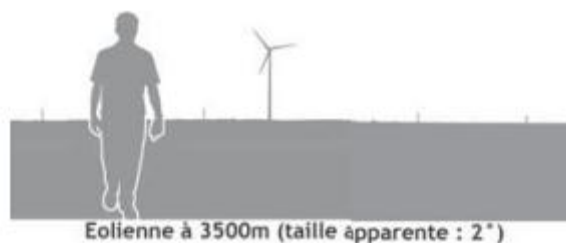
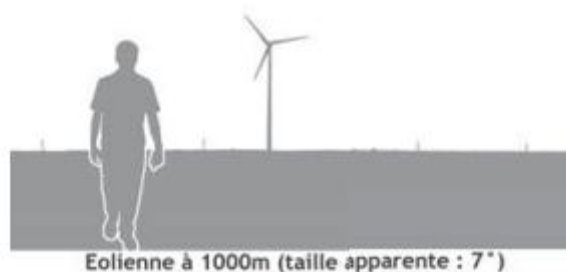


Figure 64 : Schéma représentant la taille d'une éolienne avec une distance de 1 000 m et 3 500 m entre l'éolienne et l'observateur
(source : Le Parc et l'éolien : Parc naturel régional Loire Anjou Touraine)

Conclusion

Le projet individuel concernant l'implantation d'un parc éolien aura été élaboré en émettant des hypothèses et en définissant des contraintes patrimoniales naturelles, bâties et écologiques. Ces contraintes sont définies en tant que telles car elles vont diminuer les surfaces disponibles quant à l'aménagement de ce parc éolien. En effet, un gisement de vent est supposé présent sur la globalité de la commune cependant il y a des surfaces occupées par du bâti ou par tout autre contrainte évoquée précédemment ce qui va diminuer cette disponibilité en termes de surface et donc en termes de vent. Ainsi, le gisement du vent est lié aux parcelles sur lequel il se trouve. L'objectif était donc de maximiser la production d'éoliennes sur le territoire de Bourgueil.

Plusieurs enjeux ont été posés donc évidemment installer ces éoliennes sur des parcelles agricoles peuvent être paradoxales par rapport à la préservation du foncier agricole qui semble être une urgence et un enjeu fort pour le maintien d'une agriculture durable. « L'objectif national est de réduire de moitié à l'échelle du pays d'ici 2020 le rythme d'artificialisation des terres agricoles » (source : MEDD). Cependant, les énergies renouvelables sont aussi un enjeu majeur pour diminuer les pollutions.

Les entités naturelles, urbanistiques, écologiques et routières sont les différentes contraintes qui ont été exposées et occupent 32,3 km² sur 33 km² sur Bourgueil. 0,6 km² est la surface restante pouvant potentiellement accueillir les éoliennes. C'est pourquoi il est simple d'observer que Bourgueil est une commune avec de véritables entités paysagères à préserver.

Par la suite, on a pu voir comment fonctionner une éolienne.

En effet, la transformation de l'énergie cinétique du vent en énergie électrique se décompose en deux temps. La force exercée par le vent sur l'ensemble des pales de l'éolienne va permettre la mise en marche du rotor qui va

tourner, ainsi on obtient de l'énergie mécanique. Cette énergie sera amplifiée par un multiplicateur et transformée en énergie électrique par un générateur à induction qui va produire du courant alternatif, celui qui alimente le réseau. Les calculs associés aux éoliennes ont permis de déterminer la puissance du type d'éolienne choisi pour le projet.

Ainsi, la capacité de Bourgueil à accueillir un parc éolien se résumerait donc à 9 éoliennes pour une puissance totale de 0,73 MW. Cela peut se traduire par une puissance de 203 W.m^{-2} sur l'ensemble du territoire de Bourgueil. La maquette qui a été créée a permis de voir que l'impact paysager pour les groupes d'habitations sélectionnés commençait à devenir de plus en plus important mais cela restait convenable avec une vue semi-rapprochée.

En effet, ces résultats sont corroborés par une volonté générale de renforcer la protection du patrimoine architectural et naturel. De plus, Bourgueil étant située dans le Val de Loire et dans le Parc naturel régional Loire Anjou Touraine, cela ne fait que renforcer le souhait de préserver ce patrimoine.

Même si les éoliennes provoquent des polémiques (impact paysager, nuisances sonores etc.), elles restent une source d'énergie électrique n'apportant pas de véritable pollution et c'est surtout une énergie renouvelable.

L'énergie éolienne ne peut pas produire suffisamment d'électricité pour couvrir toute la consommation électrique d'un pays : dans le cas de la France, on arrive à une proportion maximale d'environ 15%.

Cependant, des solutions existent : l'éolien en mer permet de limiter ces problèmes de nombreuses contraintes (la pollution sonore ne se ressent plus ; la dégradation du paysage est limitée). Cependant,

Ces différentes solutions seront indispensables à mettre en œuvre en complémentarité avec d'autres sources d'énergie renouvelable (solaire, biomasse...), afin de

réduire les émissions de gaz à effet de serre et de limiter notre dépendance vis-à-vis de l'énergie nucléaire.

Pour terminer, la volonté d'avoir voulu implanter un parc éolien dans la commune de Bourgueil suit une logique de durabilité et de respect de l'environnement.

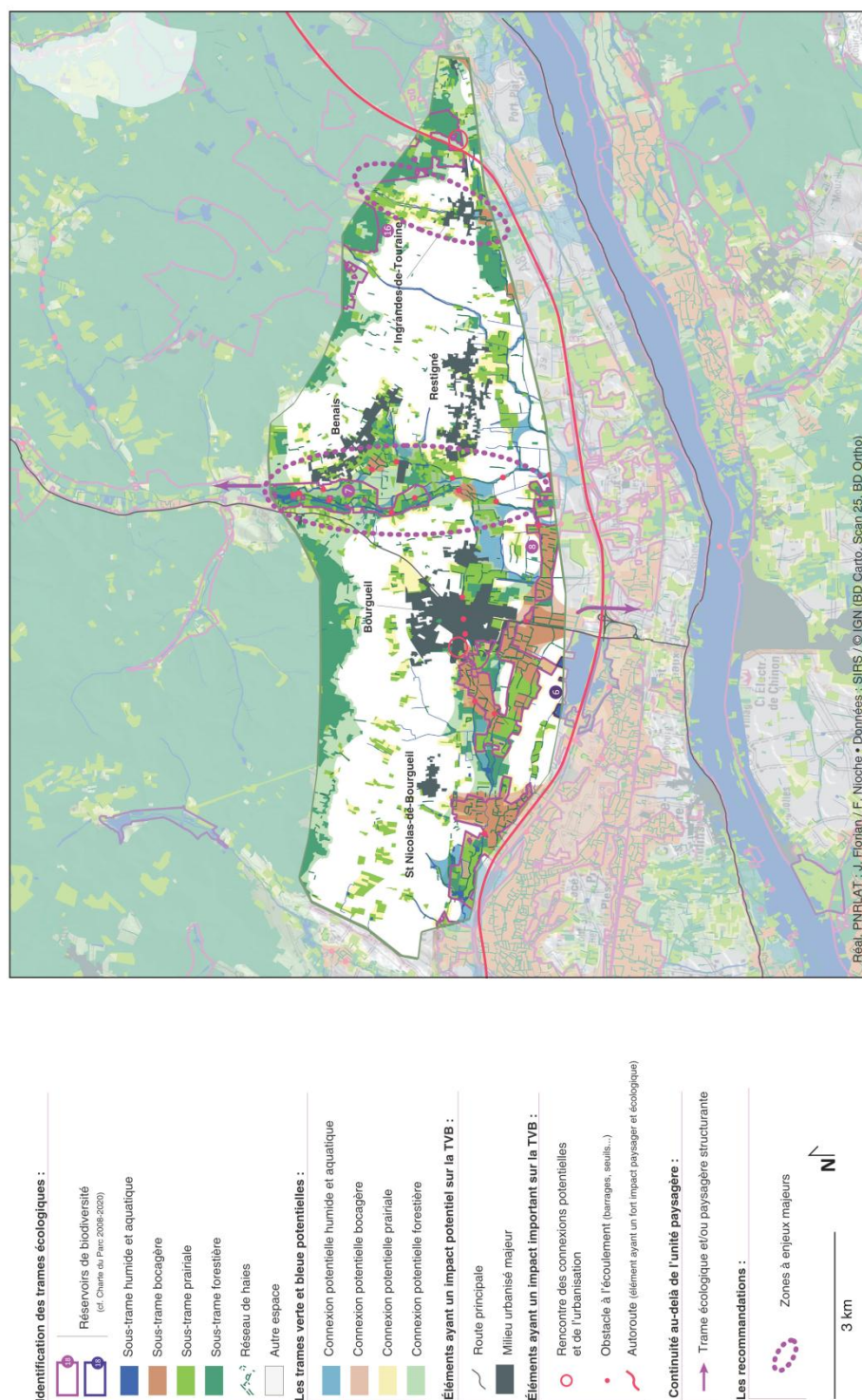
Annexes



TERRITOIRE COMMUNAL : légende - Elaboration du PLU de Bourgueil Projet d'Aménagement et de Développement Durables

- 
- | | |
|---|--|
|  | Massif forestier à préserver du fait de son intérêt écologique |
|  | Les grandes entités à protéger pour la qualité de leur terroir viticole et leur sensibilité paysagère |
|  | Espace agricole protégé au titre de son potentiel pour le maraîchage, bien qu'en partie concerné par des enjeux environnementaux forts |
|  | Autre espace agricole protégé |
|  | Agglomération accueillant le potentiel de développement urbain |
|  | Hameaux de la vallée du Changeon aux possibilités de confortement sous réserve de respecter des critères de performances énergétiques et environnementales |
|  | Village de Marcé et hameaux pouvant accueillir des constructions supplémentaires dans l'enveloppe urbaine |
|  | Coupures d'urbanisation à préserver entre les ilots d'urbanisation existants |
|  | Maintien des activités économiques existantes hors de l'agglomération |
|  | Corridors écologiques à protéger |
|  | Limite nord du Plan de Prévention des Risques d'Inondation du Val de Bréhémont-Langeais |

Annexe 2 : Légende de la carte du PADD de Bourgueil



Annexe 3 : Carte du Parc naturel régional Loire-Anjou Touraine sur la trame verte et bleue

Données Techniques

N100/2500 IEC II	
Conception technique	
Puissance nominale	2.500 kW
Vitesse de vent au démarrage	3 m/s
Vitesse de vent de coupure	25 m/s
Rotor	
Diamètre	99,8 m
Surface balayée	7.823 m²
Vitesses de rotation en fonctionnement	9,6 - 16,8 tr/min
Vitesse de rotation nominale	14,9 tr/min
Vitesse maximale en bout de pale	77 m/s
Contrôle de vitesse	Variable via microprocesseur
Contrôle des survitesses	Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale
Multiplicateur	
Type	Engrenage planétaire à plusieurs étages + étage à roue dentée ou entraînement différentiel
Génératrice	
Type	Génératrice asynchrone à double alimentation
Système de refroidissement	Refroidissement air/eau
Tension de sortie	660 V
Fréquence du réseau	50/60 Hz
Contrôle commande	
Type	Contrôle par PLC
Raccordement au réseau	Via convertisseur IGBT
Contrôle à distance	Système de surveillance à distance
Système de freinage	
Frein principal	Orientation individuelle des pales
Frein auxiliaire	Frein à disque
Protection contre la foudre	
En accord complet avec EN 62305	
Mât	
Type	Mât tubulaire en acier
Hauteur de moyeu/Certification	75 m / IEC 2a
	80 m / IEC 2a
	100 m / IEC 2a

Table des illustrations

Figure 1 : Carte de la France localisant la région centre et Bourgueil	10
Figure 2: Carte localisant Bourgueil avec ses limites communales en Indre-et-Loire	10
Figure 3: Logo du Parc naturel régional Loire Anjou Touraine.....	11
Figure 4: Photographie aérienne de Bourgueil.....	12
Figure 5: Vitesses moyennes du vent en Indre-et-Loire	14
Figure 6: Cartographie représentant la vitesse moyenne du vent sur Bourgueil	14
Figure 7: Photographie de la mairie de Bourgueil	15
Figure 8: Photographie de l'abbaye de Bourgueil	16
Figure 9: Photographie de l'église de Bourgueil.....	16
Figure 10: Photographie de la zone d'activité au Sud-Est du centre-ville	17
Figure 11 : Photographie aérienne du centre-ville de Bourgueil	18
Figure 12 : Carte représentant la place occupée par le bâti dans Bourgueil ainsi que les zones liées à la réglementation sur les éoliennes	19
Figure 13 : Photographie aérienne des zones d'activité de Bourgueil	20
Figure 14 : Carte représentant la place occupée par massif forestier dans Bourgueil ainsi que sa localisation	21
Figure 15: Photographie aérienne représentant le massif forestier de Bourgueil	21
Figure 16 : Photographie du Changeon.....	22
Figure 17 : Photographie de vignes et de la forêt de Bourgueil	22
Figure 18: Photo de la forêt de Bourgueil.....	22
Figure 19: Photographie de vignes à Bourgueil	23
Figure 20 : Cartes représentant la localisation de vignes sur Bourgueil	24
Figure 21 : Cartes représentant la localisation de vignes sur Bourgueil	24
Figure 22: Cartes représentant les surfaces à préserver concernant le fort potentiel pour le maraîchage	25
Figure 23: Cartographie montrant une zone exclue pour l'accueil d'un parc éolien	27
Figure 24: Cartographie montrant une zone exclue pour l'accueil d'un parc éolien	28
Figure 25: Photographie aérienne du réseau routier et autoroutier de Bourgueil	29
Figure 26: Cartographie finale représentant l'ensemble des zones exclues quant à l'implantation d'un parc éolien	30
Figure 27 : Photographie aérienne montrant les zones théoriques finales d'accueil des éoliennes.....	31
Figure 28 : Cartographie montrant les zones théoriques finales pour accueillir le parc éolien (source : Carte du Parc naturel régional Loire-Anjou Touraine, réalisation : POULIQUEN Maxime)	31
Figure 29 : Carte représentant la première zone trouvée	32
Figure 30 : Photographie aérienne de la première zone trouvée avec ses limites.....	32
Figure 31 : Photographie de la première zone théorique finale	33
Figure 32 : Carte représentant la deuxième zone trouvée.....	33
Figure 33 : Photographie aérienne de la deuxième zone trouvée avec ses limites.....	33
Figure 34 : Photographie de la deuxième zone théorique finale, côté droit.....	34
Figure 35 : Photographie de la deuxième zone théorique finale, côté gauche.....	34
Figure 36 : Photographie d'un parc éolien terrestre	35
Figure 37 : Photographie d'un parc éolien offshore.....	35
Figure 38 : Photographie d'une éolienne à axe vertical de type Savonius (source : Pcon)	

.....	36
Figure 39 : Photographie d'une éolienne à axe vertical de type Darrieus	36
Figure 40 : Composants d'une éolienne	37
Figure 41 : Photographie de l'éolienne N100/2500	41
Figure 42 : Photographie de l'éolienne N100/2500	41
Figure 43 : Tableau représentant les vitesses mensuelles et en moyenne du vent sur Bourgueil pour l'année 2012	43
Figure 44 : Graphique représentant l'énergie électrique fournie en Wh par mois sur l'année 2012	43
Figure 45 : Photographie aérienne de la première zone trouvée avec ses limites	44
Figure 46 : Photographie aérienne de la deuxième zone trouvée avec ses limites	45
Figure 47 : Photographie aérienne de la première zone trouvée avec ses limites et un aménagement possible d'éoliennes	46
Figure 48 : Photographie aérienne de la deuxième zone trouvée avec ses limites et un aménagement possible d'éoliennes	47
Figure 49 : Photographie d'une partie du centre-ville de Bourgueil	52
Figure 50 : Photographie d'une partie des Sablons	52
Figure 51 : Photographie aérienne de Bourgueil avec les limites pour la maquette	53
Figure 52 : Photographie représentant la modélisation d'une partie de Bourgueil	55
Figure 53 : Modélisation des éoliennes avec un numéro attribué	55
Figure 54 : Photographie représentant les zones d'habitation potentiellement touchées par un impact paysager	56
Figure 55 : Photographie des zones d'urbanisation associées à des images les représentant réellement	57
Figure 56 : éoliennes modélisées à l'échelle de la commune	58
Figure 57 : Photographie représentant des bougies sur la première zone trouvée pour l'aménagement d'un parc éolien (Sud-Ouest de Bourgueil) avec les zones d'ombres entourées en rouge	58
Figure 58 : Photographie représentant des bougies sur la deuxième zone trouvée pour l'aménagement d'un parc éolien (côté gauche) avec les zones d'ombres entourées en rouge	59
Figure 59 : Photographie représentant des bougies sur la deuxième zone trouvée pour l'aménagement d'un parc éolien (côté droit) avec les zones d'ombres entourées en rouge	59
Figure 60 : Schéma représentant la taille apparente d'une éolienne en fonction de la distance d'éloignement entre l'éolienne et l'observateur	60
Figure 61 : Graphique représentant l'angle de perception de l'éolienne en fonction de la distance observateur-éolienne	61
Figure 62 : Tableau représentant la taille apparente des éoliennes du parc éolien théorique proposé en fonction des zones d'habitations déterminées au préalable avec la maquette	63
Figure 63 : Schéma représentant la taille d'une éolienne avec une distance de 400 m entre l'éolienne et l'observateur	64
Figure 64 : Schéma représentant la taille d'une éolienne avec une distance de 1 000 m et 3 500 m entre l'éolienne et l'observateur	64

Index des Sigles

- ENS : Espace Naturel Sensible
- DDT : Direction Départementale du territoire
- MEDD : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable
- PADD : Plan d'aménagement et de développement durable
- PLU : Plan Local d'Urbanisme
- PNR : Parc Naturel Régional
- SCOT : Schéma de Cohérence Territoriale
- ZICO : Zone importante pour la conservation des oiseaux.
- ZNIEFF : Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique

Bibliographie

Ouvrages :

- Cuntty Guy : Eoliennes & Aérogénérateurs, collection technologies douces, 1979, 160 pages
- Le Chapellier Pierre, Eoliennes et habitat, édition l'Afranchi, mai 1975, 87 pages.
- Lhomme Jean-Christian :
Les énergies renouvelables, 190 pages (Delachaux et Niestlé, 2004)

Sites Internet :

<http://www.actu-environnement.com>

www.ademe.fr/

<http://basetpe.free.fr/tpe1/criteres/production.html>

<http://www.bouin.fr>

<http://www.bourgueil.fr>

<http://www.celles.info/faciliteateur.htm>

<http://www.centre.developpement-durable.gouv.fr/parc-eolien-en-region-centre-r173.html>

<http://www.champagne-ardenne.developpement-durable.gouv.fr>

<http://comprendre.meteofrance.com>

<http://www.geophom.fr/l-etude-paysagere>

INSEE <http://www.insee.fr>

www.ign.fr

www.legifrance.fr (code de l'urbanisme et code de l'environnement)

http://www.motiva.fi/myllarin_tuulivoima/windpower%20web/fr/tour/env/shadow/index.htm

<http://planclimat.alkante.com>

<http://www.planete-eolienne.fr/>

<http://www.portail-eolien.com>

<http://ventderaison.com>

~~<http://www.wunderground.com>~~

Rapports, documents et études :

http://www.ademe.fr/midi-pyrenees/a_2_11.html

Charte 2008-2020 du Parc naturel régional Loire Anjou
Touraine, 70 pages

Le Parc et l'éolien : guide du Parc naturel régional Loire
Anjou Touraine, 36 pages

Le Pari éolien. Conseil d'analyse stratégique,
Services du premier ministre, décembre
2009, 48 p :
http://www.strategie.gouv.fr/IMG/pdf/09_rapport_eolienne_s.pdf

Parc éolien de Bouin : rapport du chantier, 2 pages

Plan d'Aménagement et de Développement Durable

Plan Local d'Urbanisme de Bourgueil

http://www.maine-et-loire.equipement-agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/schema_eolien_de_la_Communaute_d_Agglomeration_du_Choletais_cle7c8a97.pdf

http://www.nordex-online.fr/fileadmin/MEDIA/Gamma/Nordex_Gamma_fr.pdf

Schéma Départemental éolien de l'Indre-et-Loire

Syndicat des vins de Bourgueil : vinbourgueil.com

Transition énergétique : <http://www.senat.fr/rap/a12-333/a12-3331.pdf>

Résumé

Le sujet du projet individuel consiste en l'implantation et l'aménagement d'un parc éolien dans la commune de Bourgueil. C'est une collectivité territoriale du département d'Indre-et-Loire et se situe au cœur du Parc Naturel Loire-Anjou-Touraine, lieu de carrefour entre Angers et Tours. C'est également une commune avec une faible démographie (3924 habitants) mais qui possède un patrimoine architectural, bâti et naturel véritablement important et qu'il semble nécessaire de protéger. Ainsi la problématique du projet individuel consiste à pouvoir maximiser la production d'éoliennes sur le territoire bourgueillois tout en tenant compte du gisement de vent disponible mais qui dépend de contraintes urbanistiques, environnementales et routières.

Il sera donc judicieux de décrire les contraintes et d'ôter des surfaces pour lesquelles la présence d'entités bâties, environnementales, écologiques et de réseaux routiers sera avérée et qui empêcherait d'exploiter ces surfaces pour l'installation de ce parc éolien.

Une proposition d'aménagement est donc proposée avec des éoliennes possédant leurs propres caractéristiques et qui seront décrites.

Les effets d'impact doivent être décrits pour certains et plus explicites en ce qui concerne l'impact paysager qui est d'une grande importance.

Mots-clés : aménagement, parc éolien, Bourgueil, puissance, écologie, environnement, impacts, paysages, contraintes, modélisation.