



# 5. IMPACTS SUR LA SANTÉ, LE CLIMAT ET LA QUALITÉ DE L'AIR



### 5. IMPACTS SUR LA SANTÉ, LE CLIMAT ET LA QUALITÉ DE L'AIR....5-1

#### 1. DONNÉES GÉNÉRALES SUR L'IMPACT D'UN PARC ÉOLIEN SUR LA SANTÉ, LE CLIMAT ET LA QUALITÉ DE L'AIR ..... 5-3

- 1.1. Références ..... 5-3
- 1.2. Influence sur la santé humaine..... 5-3
- 1.3. Influence sur le climat..... 5-6
- 1.4. Influence sur la qualité de l'air ..... 5-6
- 1.5. Autre influence : l'effet d'ombre ..... 5-6

#### 2. ÉTAT INITIAL DU SITE: DESCRIPTION DE LA SITUATION EXISTANTE ..... 5-7

- 2.1. Le climat de la région..... 5-7
- 2.2. Le climat du département ..... 5-7
- 2.3. Santé et qualité de l'air : état initial ..... 5-9

#### 3. IMPACTS DU PROJET SUR LA SANTÉ, LE CLIMAT, L'AIR ..... 5-10

- 3.1. Impact sur la santé au niveau local..... 5-10
- 3.2. Impact sur le climat local ..... 5-11
- 3.3. Impact sur l'odeur ..... 5-11
- 3.4. Impacts du projet lié à l'effet d'ombrage ..... 5-11
- 3.5. Interprétation des résultats..... 5-12
- 3.6. Analyse du cycle de vie ..... 5-17
- 3.7. Recyclage ..... 5-19

#### 4. CONCLUSION..... 5-20

#### 5. MESURES PRÉVENTIVES ET COMPENSATOIRES..... 5-20

La création de parcs éoliens a pour objectif principal de produire une énergie renouvelable sans générer les nuisances actuelles ou potentielles d'autres sources d'énergies pour la santé humaine, pour le climat, pour la qualité de l'air.

Il est donc légitime de se demander si les éoliennes elles-mêmes ne sont pas susceptibles de produire des nuisances pour la santé, le climat et l'air.

La question de la sécurité sera traitée dans un autre chapitre.

## 1. DONNÉES GÉNÉRALES SUR L'IMPACT D'UN PARC ÉOLIEN SUR LA SANTÉ, LE CLIMAT ET LA QUALITÉ DE L'AIR

### 3.1. Références

- Site de l'OMS : [http://www.who.int/health\\_topics/electromagnetic\\_fields/fr/](http://www.who.int/health_topics/electromagnetic_fields/fr/)
- ADEME (novembre 2000), Manuel préliminaire de l'étude d'impact des parcs éoliens.
- [www.sante.gouv.fr](http://www.sante.gouv.fr)
- Champs électromagnétiques d'extrêmement basse fréquence et santé. Rapport remis à la DGS du 8/11/04.
- ADEME, 2001 ; Des éoliennes dans votre environnement
- Air Bretagne : <http://www.airbreizh.asso.fr/>

### 3.2. Influence sur la santé humaine

Les éoliennes n'ont aucune influence négative potentielle sur la santé. Leur production ne génère aucun gaz toxique, aucun déchet polluant. Le problème du bruit a été traité plus haut (chapitre 4 de l'étude d'impact sur l'acoustique). Au contraire, en limitant l'utilisation de la combustion des énergies fossiles, l'utilisation de l'énergie éolienne limite le rejet dans l'atmosphère de quantités très importantes de gaz à effet de serre et de gaz toxiques. On s'interroge néanmoins quelquefois sur l'émission d'ondes électromagnétiques par les éoliennes.

#### • Champs électriques et électromagnétiques ELF (Extremely Low Frequency)

Nous sommes tous exposés à un ensemble complexe de champs électromagnétiques (CEM) de différentes fréquences qui sont omniprésents dans notre environnement. Cette exposition devient de plus en plus importante à mesure que la technologie progresse et que les nouvelles applications se multiplient. S'il n'est pas question de remettre en cause les bénéfices apportés par l'électricité dans la vie de tous les jours, le grand public se préoccupe de plus en plus des potentiels effets de l'exposition aux champs électriques et magnétiques de fréquence extrêmement basse (ELF). Cette exposition résulte principalement du transport et de l'utilisation de l'énergie électrique aux fréquences de 50/60 Hz. **L'objectif des paragraphes ci après est de faire un état des lieux des connaissances sur le sujet.**

#### • Définition

Les champs électromagnétiques sont constitués d'une onde électrique (E) et d'une onde magnétique (H) qui se déplacent ensemble à la vitesse de la lumière (voir diagramme ci-dessous) et qui sont caractérisés par une fréquence et une longueur d'onde. La fréquence est simplement le nombre d'oscillations de l'onde par unité de temps mesuré en hertz (1 Hz = 1 cycle par seconde); la longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant la durée d'une oscillation (ou d'un cycle).

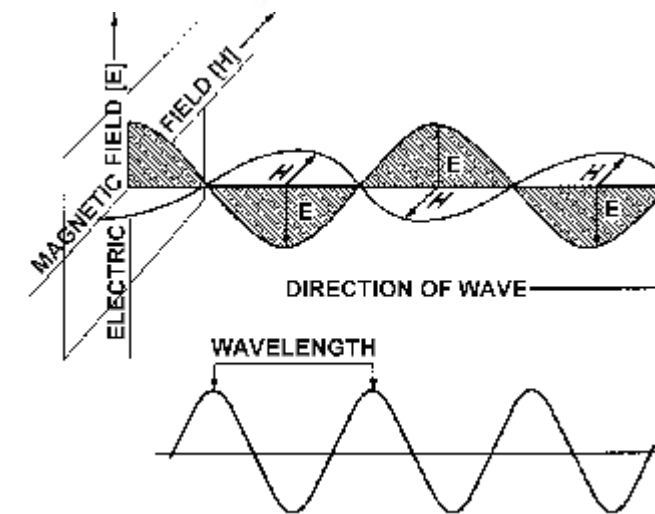


Figure 1 : Champs électromagnétiques

Par définition, les champs ELF sont ceux dont la fréquence est égale ou inférieure à 300 Hz. A des fréquences aussi basses, la longueur d'onde dans l'air est très grande (6000 kilomètres à 50 Hertz et 5000 kilomètres à 60 Hz); en pratique, les champs électriques et magnétiques agissent indépendamment l'un de l'autre et sont mesurés séparément.

Un *champ électrique* est présent chaque fois qu'il existe une charge électrique. Il régit le mouvement des autres charges situées dans le champ. Les champs électriques sont mesurés en volts par mètre (V/m) ou en kilovolts par mètre (kV/m). Lorsque des charges s'accumulent sur des objets, elles ont tendance à se repousser si elles sont de même signe et à s'attirer si elles sont de signe contraire. Cette tendance est caractérisée par la tension électrique et se mesure en volts (V). Tout appareil branché sur une prise de courant électrique, même s'il n'est pas en fonctionnement, possède un champ électrique associé, proportionnel à la tension de la source à laquelle il est relié. L'intensité du champ est maximale à proximité de l'appareil et diminue avec la distance. Les conducteurs métalliques constituent un blindage efficace contre les champs électriques. Les matériaux de construction, les arbres... etc. confèrent également une certaine protection. Autrement dit, le champ électrique créé par les lignes de transport d'électricité situées à l'extérieur est réduit par la présence de murs, de bâtiments ou d'arbres. Lorsque ces lignes sont enterrées, le champ électrique en surface est à peine décelable.

Un *champ magnétique* se produit lorsqu'il y a déplacement de charges électriques, c'est-à-dire en présence d'un courant électrique. Les champs magnétiques agissent sur les charges en mouvement. Ils sont mesurés en ampères par mètre (A/m), mais ils sont généralement caractérisés par l'induction magnétique correspondante qui s'exprime en teslas (T), millitesla (mT) ou microteslas ( $\mu\text{T}$ ). Dans certains pays, on emploie couramment une autre unité, le gauss (G) pour mesurer l'induction magnétique (10 000 G = 1T, 1 G = 100 mT, 1 mT = 10 G, 1  $\mu\text{T}$  = 10 mG). **Tout appareil électrique en fonctionnement, c'est-à-dire dans lequel circule un courant électrique, possède un champ magnétique associé qui est proportionnel à l'intensité du courant.** Le champ est maximal à proximité de l'appareil et diminue avec la distance. Les champs magnétiques ne sont pas arrêtés par la plupart des matériaux courants.

### • Sources de champs électromagnétiques ELF

L'exposition humaine aux champs ELF est associée principalement à la production, au transport et à l'utilisation de l'énergie électrique. Les sources qui se rencontrent le plus souvent dans l'environnement général, l'environnement domestique et sur les lieux de travail sont indiquées ci-dessous. Il est à noter que même en l'absence de tout champ électrique extérieur, notre corps est le siège de micro-courants (donc de champs électromagnétiques) dus aux réactions chimiques qui correspondent aux fonctions normales de l'organisme. Par exemple, certains signaux sont relayés par les nerfs sous la forme d'impulsions électriques. La plupart des réactions biochimiques qu'impliquent la digestion et l'activité cérébrale par exemple, comportent une redistribution de particules chargées. Le cœur lui-même est le siège d'une activité électrique que votre médecin peut suivre sur l'électrocardiogramme

Environnement général. L'énergie électrique en provenance des centrales est transportée jusqu'aux agglomérations par des lignes à haute tension. La tension est ensuite abaissée par des transformateurs auxquels se rattachent les lignes de distribution locale. Les valeurs des champs magnétiques en fonction de l'éloignement de la source du champ sont indiquées ci-dessous pour des lignes Haute Tension et Très Haute Tension (pour rappel la tension de raccordement d'un parc éolien se réalise en 20 kV – en moyenne tension) :

Tension (kV)	0 m	30 m	100 m
400	30 $\mu\text{T}$	12 $\mu\text{T}$	1 $\mu\text{T}$
225	20 $\mu\text{T}$	3 $\mu\text{T}$	0,3 $\mu\text{T}$
90	10 $\mu\text{T}$	1 $\mu\text{T}$	0,1 $\mu\text{T}$

**Tableau 1 : Champs électromagnétiques des lignes THT**

Environnement domestique. L'intensité des champs électriques et magnétiques dans les habitations dépend de nombreux facteurs, notamment de la distance aux lignes de transport, du nombre et du type d'appareils électriques utilisés, ou encore de la position et de la configuration des conducteurs électriques intérieurs. Les champs électriques au voisinage de la plupart des appareils domestiques ne dépassent pas 500 V/m et le champ magnétique est généralement inférieur à 150  $\mu\text{T}$ . Dans les deux cas, le champ peut être nettement plus élevé à proximité immédiate de l'appareil, mais il diminue rapidement avec la distance.

### • Effets sur la santé

Le seul effet pratique que les champs ELF peuvent avoir sur les tissus vivants est l'induction de champs et de courants électriques au sein de ces tissus. Toutefois, l'intensité des courants induits par exposition aux champs ELF normalement présents dans l'environnement est inférieure à celle des courants qui circulent naturellement dans l'organisme.

Études sur les champs électriques. Toutes les données dont on dispose permettent de penser qu'en dehors de la stimulation résultant des charges électriques induites à la surface du corps, l'exposition à des champs atteignant 20 kV/m n'a que peu d'effets et que ceux-ci ne présentent aucun danger. Aucun effet sur la reproduction ou le développement n'a pu être mis en évidence chez des animaux exposés à des champs électriques dépassant 100 kV/m.

Études sur les champs magnétiques. Il existe peu d'indices que l'exposition aux champs magnétiques ELF rencontrés dans les habitations ou l'environnement puisse avoir un effet sur la physiologie et le comportement de l'homme. Chez des volontaires exposés pendant plusieurs heures à des champs ELF atteignant 5 mT, on n'a constaté que peu d'effets sur les paramètres cliniques et physiologiques (formule sanguine, ECG, rythme cardiaque, tension artérielle, température corporelle, etc.).

Mélatonine. Certains chercheurs ont signalé que les champs ELF pourraient supprimer la sécrétion de mélatonine, une hormone associée au rythme circadien. L'hypothèse a également été émise que la mélatonine pourrait avoir un effet protecteur contre le cancer du sein, de sorte que sa suppression pourrait contribuer à une augmentation de l'incidence des cancers de cet organe induits par d'autres substances. Si certains effets de la mélatonine ont pu être mis en évidence chez des animaux de laboratoire, ils n'ont pas été confirmés chez l'homme par des études sur des volontaires.

Cancer. Il n'existe pas de preuves convaincantes que l'exposition aux champs ELF lèse directement des molécules biologiques, notamment l'ADN. Il est donc peu probable que ces champs puissent amorcer le processus de cancérogenèse. Toutefois, des études sont en cours pour déterminer si les champs ELF peuvent se comporter comme des promoteurs ou co-promoteurs de cancers. Des études effectuées récemment sur des animaux n'ont pas apporté la preuve que l'exposition aux champs ELF modifie l'incidence des cancers.

Études épidémiologiques. En 1979, Wertheimer et Leeper ont signalé une association entre des cas de leucémie infantile et certaines caractéristiques du branchement électrique du logement des enfants atteints. Depuis lors, un grand nombre d'études ont été menées sur cette importante question et elles ont été analysées par l'Académie nationale des Sciences des Etats-Unis en 1996. Selon cette analyse, le fait de résider à proximité d'une ligne de transport électrique pourrait être associé à une augmentation du risque de leucémie infantile (risque relatif RR = 1,5), mais le risque ne serait pas modifié pour d'autres cancers. Une telle association n'a pas été observée chez les adultes.





De nombreuses études publiées au cours des dix dernières années sur l'exposition professionnelle aux champs ELF ont abouti à des résultats contradictoires. Elles laissent entendre que le risque de leucémie pourrait être légèrement plus élevé chez les travailleurs de l'industrie électrique. Toutefois, dans bien des cas, les facteurs de confusion, comme une exposition éventuelle à des produits chimiques dans l'environnement professionnel, n'ont pas été suffisamment pris en compte. L'exposition aux champs ELF n'était pas nettement corrélée au risque de cancer chez les sujets exposés. En conséquence, le lien de cause à effet entre l'exposition aux champs ELF et le cancer n'a pas été confirmé. En juin 2001, un groupe de travail du CIRC, réunissant des spécialistes scientifiques, a examiné les études portant sur le pouvoir cancérigène des champs électriques et magnétiques ELF et statiques. En faisant appel à la classification standardisée du CIRC qui évalue les faits chez l'homme, l'animal et au laboratoire, les champs magnétiques ELF ont été classés comme **peut-être cancérigènes pour l'homme** d'après les études épidémiologiques portant sur la leucémie chez l'enfant. Les données pour les autres types de cancer chez l'enfant et l'adulte, ainsi que d'autres types d'exposition (c'est-à-dire les champs statiques et les champs électriques ELF) sont considérées comme non classables en raison de l'insuffisance ou de la discordance des données scientifiques. « Peut-être cancérigène pour l'homme » est une catégorie appliquée à un agent pour lequel il existe des indices limités de cancérigénicité chez l'homme et des indices insuffisants chez l'animal d'expérience. Cette catégorie est la plus basse des trois utilisées par le CIRC (« cancérigène pour l'homme », « probablement cancérigène pour l'homme » et « peut-être cancérigène pour l'homme ») pour classer les agents cancérigènes potentiels en fonction des preuves scientifiques publiées. On trouvera ci-dessous des exemples d'agents bien connus classés par le CIRC.

CLASSIFICATION	EXEMPLES D'AGENTS
<b>Cancérigène pour l'homme</b>	Amiante
(en général d'après des preuves solides établissant la cancérigénicité chez l'homme)	Ypérite
	Tabac (à fumer ou autre)
	Rayons gamma
<b>Probablement cancérigène pour l'homme</b>	Gaz d'échappement des moteurs Diesel
(en général d'après des preuves solides établissant la cancérigénicité chez l'animal)	Lampes solaires
	Rayons UV
	Formaldéhyde
<b>Peut-être cancérigène pour l'homme</b>	Café
(en général d'après des faits considérés comme crédibles chez l'homme mais pour lesquels on ne peut exclure d'autres explications)	Styrène
	Gaz d'échappement des moteurs à essence
	Gaz de soudage
	Champs magnétiques ELF

**Tableau 2 : les risques de cancer de différents agents**

Alors que l'on a classé les champs magnétiques ELF comme « peut-être cancérigènes » pour l'homme, d'autres possibilités existent néanmoins pour expliquer l'association observée entre l'exposition à ces champs et la leucémie de l'enfant. Les questions du biais de sélection des études épidémiologiques et de l'exposition à d'autres types de champs méritent en particulier d'être examinées avec rigueur et nécessiteront sans doute de nouveaux travaux.

L'OMS recommande donc un suivi et une orientation des programmes de recherche pour aboutir à des informations plus concluantes. Certaines de ces études ont déjà été entreprises et l'on attend les résultats dans les deux à trois ans.

Le projet CEM de l'OMS vise à aider les autorités nationales à faire la part entre les avantages technologiques de l'électricité et les risques sanitaires éventuels ainsi qu'à décider des mesures de protection pouvant s'avérer nécessaires. Il est particulièrement difficile de proposer des mesures de protection dans le domaine des champs ELF en raison de la méconnaissance des caractéristiques de ces champs magnétiques ELF dont on ignore même si ils sont réellement responsables de cet effet. Une approche consiste à introduire des mesures facultatives tendant à diminuer efficacement et à faible coût l'exposition aux champs ELF.

**En conclusion, malgré de nombreuses recherches, rien n'indique clairement pour l'instant que l'exposition à des champs électromagnétiques de faible intensité soit dangereuse pour la santé humaine. Néanmoins, au vu de certains résultats contradictoires, des études se poursuivent et sont consultables sur le site Internet de l'organisation mondiale de la santé.**

**Application aux parcs éoliens :** les champs électromagnétiques ELF (20 000 Volts -50hz) sont présents :

- au niveau du transformateur situé à l'intérieur de l'éolienne
- au niveau des câbles électriques enterrés permettant l'évacuation de l'énergie
- au niveau du poste de livraison.

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), dans sa brochure « une énergie dans l'air du temps, les éoliennes- brochure 2007-» indiquent que les champs électromagnétiques induits par les éoliennes sont faibles. Les tensions en jeu et les caractéristiques des raccordements électriques (souterrain, en moyenne tension 20 000 volts et à l'écart des habitations) rendent un éventuel risque sanitaire généré par les parcs éoliens minime.

**Du fait de la tension de raccordement d'un parc éolien (20kV) et de l'éloignement du parc éolien vis-à-vis des habitations (500 m minimum), nous pouvons en déduire une exposition maximale aux champs magnétiques de moins de 0,1 µT ce qui est en totale adéquation avec l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement qui préconise une exposition maximum de 100µT à 50-60 Hz.**

• **Infrasons**

La notion d'Infrasons (ou ondes sonores basses fréquences) renvoient à des émissions sonores en deçà de la gamme audible par l'oreille humaine. L'oreille humaine perçoit des fréquences comprises entre 20 Hz (fréquence la plus grave) et 20 000 Hz (fréquence perçue la plus aiguë). Les infrasons se situent à une fréquence inférieure à 20 Hz. Les sons de fréquence supérieure à 20 000 Hz sont appelés ultrasons. Ils sont perçus par certains animaux comme les chiens ou les dauphins, les chauves souris entendent les ultrasons jusqu'à 160 kHz.

A l'heure actuelle, comme le rapporte l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail dans son étude sur les impacts sanitaires du bruit généré par les éoliennes, il n'a été montré aucun impact sanitaire des infrasons sur l'homme, même à des niveaux d'exposition élevés. Cela est confirmé par l'académie de médecine qui assure qu'au-delà de quelques mètres « des éoliennes », les infrasons du bruit des éoliennes sont très vite inaudibles. Pour l'académie, Ils n'ont aucun impact sur la santé de l'homme.

### 3.3. Influence sur le climat

La présence d'éolienne ne génère aucune modification climatique. L'obstacle qu'elles forment à la propagation du vent est très minime par rapport aux flux de la masse d'air, et sans commune mesure avec des forêts ou des villes. Le flux du vent, perturbé par l'éolienne, se reforme naturellement quelques centaines de mètres en aval. Inversement, l'impact d'autres sources d'énergie, comme les énergies fossiles, sur le climat est maintenant démontré, avec les fortes suspicions du lien entre réchauffement de la planète, augmentation des gaz à effet de serre, et utilisation des énergies telles que le pétrole et le charbon.

### 3.4. Influence sur la qualité de l'air

Les éoliennes ne rejettent aucun effluent gazeux, elles ne peuvent contribuer à une dégradation de la qualité de l'air. Au contraire, en produisant sans rejet ni déchet une électricité exploitable dans les zones urbaines les plus polluées, dans les transports, le chauffage, l'industrie, les parcs éoliens peuvent contribuer à une amélioration de la qualité de l'air en évitant le rejet de milliers de tonnes de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

### 3.5. Autre influence : l'effet d'ombre

Un des impacts potentiels importants d'un parc éolien sur la qualité de vie est l'effet d'ombre portée. En effet, par temps ensoleillé, le mouvement des pales crée un phénomène d'ombrage ponctuel pouvant être gênant pour des personnes qui y sont soumises régulièrement. Ce phénomène, subi de manière répétée à travers des fenêtres d'une pièce de séjour, peut porter atteinte à la qualité de vie des occupants. Il est important de quantifier le nombre d'heures pour un endroit donné pendant lequel le phénomène va se présenter.

Si des expositions de quelques heures par an ne posent aucun problème, il n'en va pas de même pour des expositions prolongées qui peuvent provoquer une gêne sans présenter toutefois de danger pour la santé des individus.

La présente étude se focalise donc sur la détermination de l'ombre projetée par le disque du rotor sur la topographie environnante, à différents moments de l'année et à différentes heures de la journée.

Les zones d'ombre permettent de mettre en évidence les habitations soumises au phénomène. Pour ces zones atteintes, le nombre d'heures d'exposition au phénomène est calculé. A ces considérations, il faut ajouter que l'effet d'ombrage sera le plus fréquent dans la direction et le sens des vents dominants, étant donné que le rotor de l'éolienne s'oriente perpendiculairement à cette direction. Cette probabilité n'est toutefois pas prise numériquement en compte dans le cadre de la présente étude car elle mène à une sous-estimation du niveau d'exposition au phénomène.

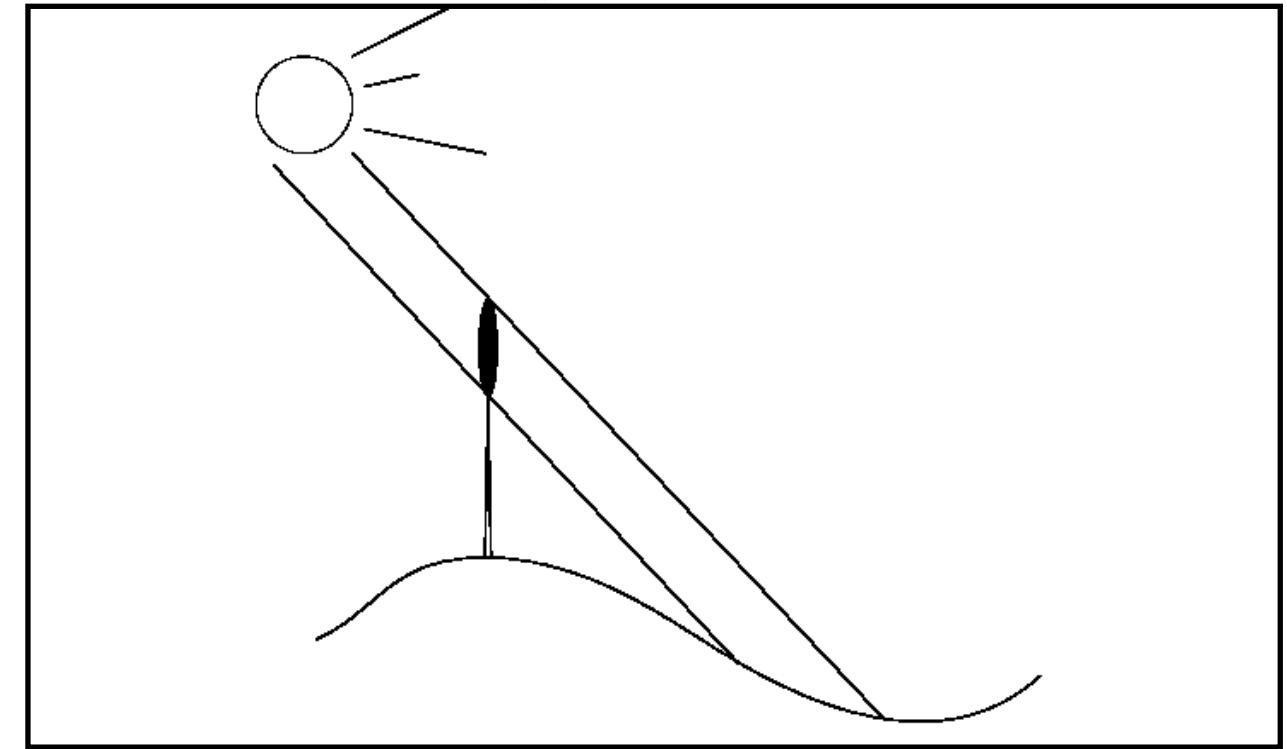


Figure 2 : Illustration de la méthodologie



### 2. ÉTAT INITIAL DU SITE: DESCRIPTION DE LA SITUATION EXISTANTE

#### 3.6. Le climat de la région

La Bretagne bénéficie d'un climat océanique tempéré des plus typiques. Les pluies, quoique fréquentes, y sont peu abondantes. L'ensoleillement dépend, quant à lui, de la distance à la mer et de la latitude. Les courants et les vents marins adoucissent les variations diurnes et saisonnières des températures. Fréquents et souvent forts, ces vents sont surtout orientés à l'ouest ou au sud-ouest et sont d'origine océanique. Ils homogénéisent les températures sur l'ensemble de la péninsule et influencent donc l'installation et la nature de la végétation. Ils exercent une pression naturelle sur l'environnement lorsqu'ils provoquent des tempêtes. Mais, ils favorisent aussi la dispersion des polluants atmosphériques.

Il y a une véritable différence entre l'ouest intérieur et l'est intérieur : ainsi une ville comme Rennes, connaît un climat déjà continentalisé avec des hivers frais ou froids, des étés déjà chauds et une pluviométrie nettement inférieure à la moyenne ainsi que des températures qui sont plus proches de celles que connaît Strasbourg. À contrario, l'ouest intérieur de la Bretagne connaît une humidité quasi-constante, des précipitations fréquentes concernant un nombre de jours de pluies dépassant toujours les 150 par an voire 250 dans les secteurs les plus humides. Les journées nuageuses sont très nombreuses, les hivers plutôt doux dans les vallées mais frais voire froids dès 200 mètres d'altitude environ, les chutes de neige pouvant être abondantes sur les hauteurs en cas de vague de froid sur la France. Les étés sont frais, souvent variables et les précipitations, bien que plus faibles que l'hiver, restent assez fréquentes. L'ensoleillement y est faible, avec seulement entre 1 450 et 1 600 heures de soleil par an.

**En résumé le climat breton est fortement contrasté suivant les secteurs : il n'y a pas un mais plusieurs climats bretons avec quantités de microclimats.** La Bretagne est certainement la région française de plaine qui connaît la plus importante diversité de climats : certains secteurs sont très frais et humides (les zones de "montagne"), d'autres hyper-océaniques donc doux (littoral de l'ouest), plus secs et ensoleillés -influence méditerranéenne- (littoraux du sud-est) ou continentalisés (bassin rennais). En Bretagne, pour ce qui est du climat, il y a davantage une différence entre ouest et est qu'une différence entre nord et sud.

#### 3.7. Le climat du département

- **Situation :**

Les Côtes-d'Armor appartiennent à la Bretagne centrale. Ce département possède une façade maritime très découpée débouchant sur la Manche, permettant d'avoir une influence océanique prépondérante sur la bande côtière. Son territoire couvre une superficie de 6 878 km<sup>2</sup>. Il est entouré par les départements :

- Du Finistère à l'ouest ;
- Du Morbihan au sud ;
- De l'Ille et Vilaine à l'est.

Les Côtes-d'Armor ont en outre le relief peu accusé du massif armoricain dont le point culminant est le site de Bel Air sur la commune de Trébry à 339 mètres d'altitude au sud-est du département. Il existe également un vestige des Monts d'Arrée dont le point haut culmine à 302m d'altitude qui est la colline du Menez Bré entourée par les communes de Pederneq, Tréglamus et Louargat.

- **La température moyenne annuelle**

**La température annuelle moyenne varie de 10 à 12°C du sud du département aux îles.** Les îles et une étroite bande côtière bénéficient de l'effet modérateur de l'océan, les amplitudes journalières y étant moins importantes que dans l'intérieur, essentiellement parce que le vent y est plus fort que sur le continent et que, l'été, le régime de brises thermiques freine la montée des températures maximales l'après-midi. Ainsi, parfois en moins de 30 km, on passe d'un régime doux et océanique à un régime aux amplitudes thermiques nettement plus marquées.

- **Les précipitations :**

Les précipitations dans les Côtes-d'Armor (600mm sur les communes proches de Saint Briec de moyenne annuelle) figurent parmi les plus faibles de France. Les pluies les plus importantes se produisent dans le sud-ouest du département (moyenne de 1000mm sur Rostrenen et ses alentours). **Dans l'ensemble du département, Les pluies sont souvent sous forme d'averses, assez fréquentes mais de courte durée, rapidement suivies par les éclaircies.**

- **Le vent :**

**D'une manière générale, les fréquences de direction des vents présentent une grande similitude sur l'ensemble de la Bretagne Ouest, les vents de sud-ouest et d'ouest sont prédominants, suivis des vents de nord-est.** Dans l'intérieur des terres, se sont les zones d'altitude relative qui présentent les meilleurs potentiels notamment en hiver.

- **Les températures minimales :**

Sur l'île de Bréhat, les températures minimales sont de l'ordre de 5° C en janvier et en février. Il ne gèle que certains hivers, en moyenne 5 jours par an. À Merdrignac, les températures peuvent descendre jusqu'à 1°C le mois le plus froid, et le nombre moyen annuel de jours de gel est de l'ordre de 40. Enfin à Saint Briec - Ploufragan la température est de 2° C en moyenne sur la période janvier - février.

- **Les températures maximales :**

À Saint-Briec - Ploufragan, les moyennes atteignent environs les 21° C en août. Sur l'île de Bréhat, la moyenne journalière des maximales est de 20° C tandis qu'à Merdrignac, la moyenne des maximales du mois le plus chaud est seulement de 23° C. Les écarts de température restent très modérés tout au long de l'année sur la totalité du département.

- **L'ensoleillement :**

Le département des Côtes d'Armor offre la meilleure luminosité du littoral de la Manche, c'est au mois de mai que l'on enregistre un nombre d'heure d'ensoleillement supérieur aux autres stations du sud et de l'ouest.

**Le climat des Côtes-d'Armor est donc rapidement changeant, avec des types de temps sous la dépendance des perturbations du front polaire qui circulent d'ouest en est, à la latitude des Îles Britanniques. Les saisons sont peu contrastées et les températures modérées, passant en moyenne annuelle de près de 12° C sur la côte à 10° C au Sud du département.**



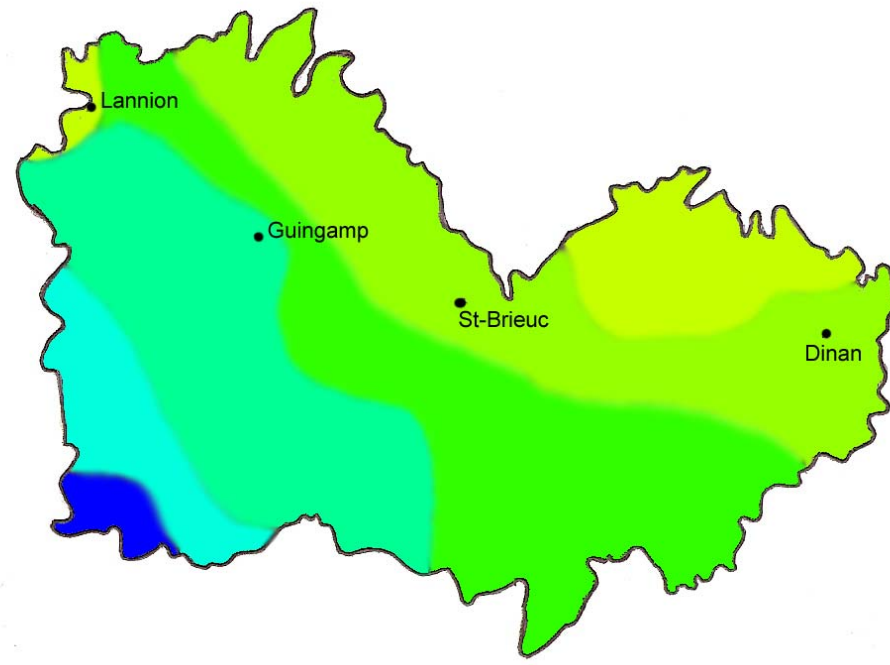


Figure 3 : carte des précipitations en Côtes d'Armor

Source : <http://www.meteouest.com>

Les données suivantes montrent des écarts de températures relativement faibles entre les différents mois de l'année, ainsi que des précipitations relativement importantes en février, de même qu'en novembre.

Mois	Temp. min (°C)	Temp. max (°C)	Temp. moy (°C)	Pluie (mm)	Ensoleillement (h)
1	5 (+3)	9.8 (+3.1)	7.4 (+3)	47.2 (-76.3)	58.3 (+58.3)
2	2.4 (+1.2)	7.7 (+1.1)	5.1 (+1.2)	21.9 (-80.5)	80.1 (+80.1)
3	4.6 (+1.3)	12.7 (+3)	8.7 (+2.2)	19.2 (-89.6)	151.5 (+151.5)
4	4.9 (0)	12 (-0.7)	8.5 (-0.3)	123 (+51.7)	153.2 (+153.2)
5	8.7 (+1.3)	16.1 (+1.1)	12.4 (+1.2)	62.4 (-31.9)	195.1 (+195.1)
6	11.6 (+1.2)	18.7 (-0.2)	15.2 (+0.5)	59.9 (+14.7)	128.5 (+128.5)
7	12.2 (-0.2)	20.5 (-0.5)	16.4 (-0.3)	52.2 (-3.6)	171.2 (+171.2)
8	13.7 (+1.6)	22.3 (+2)	18 (+1.8)	28.7 (-24.5)	158.6 (+158.6)
9	10.4 (-0.6)	18.7 (0)	14.5 (-0.4)	33.7 (-43.6)	138.9 (+138.9)
10	9.8 (+1.5)	15.2 (+0.5)	12.5 (+1)	81.1 (-39)	61.7 (+61.7)
11	5.3 (-0.2)	11.6 (+1)	8.5 (+0.4)	90.5 (-28.2)	92.6 (+92.6)
12	5.3 (+2)	10.3 (+2.3)	7.8 (+2.2)	98.1 (-40.4)	52.6 (+52.6)
Moyenne ou total	7.8°C (+0.9°C)	14.6°C (+0.9°C)	11.3°C (+1°C)	717.9 mm (-35%)	1442.3 h (+100%)

Tableau 3 : la climatologie de Saint Brieuc

Source : <http://www.meteo-bretagne.fr>

- L'activité orageuse :

L'activité orageuse d'une région est définie par le niveau kéraunique (Nk), c'est-à-dire le nombre de jours où l'on entend gronder le tonnerre.

Carte de niveau kéraunique en France

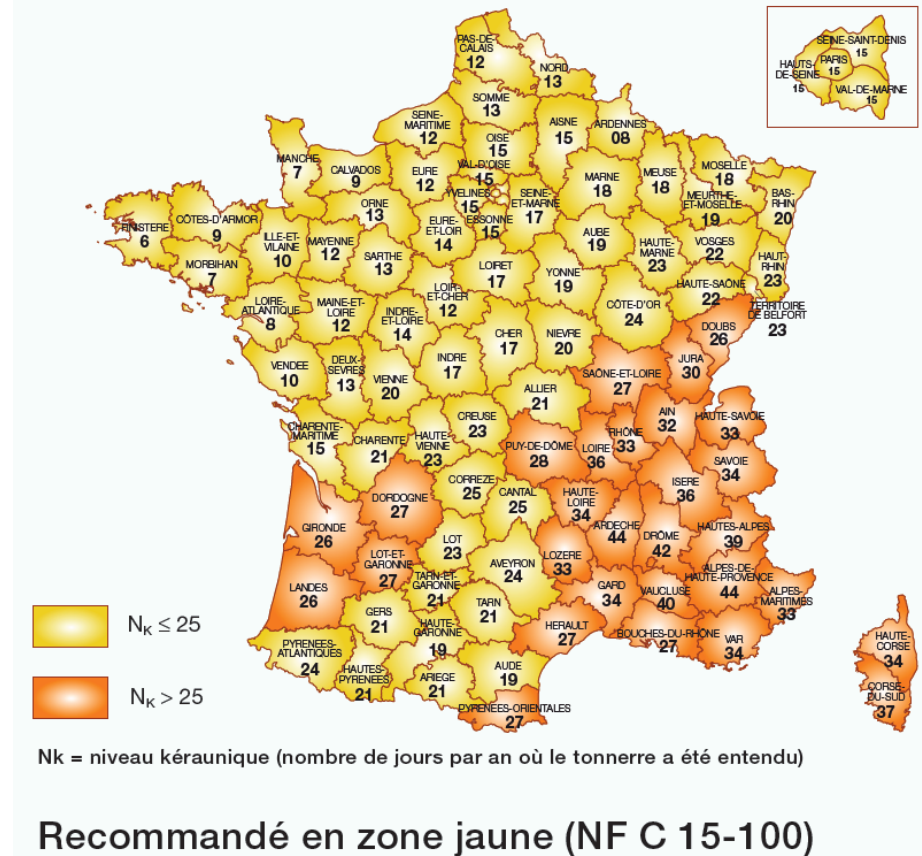


Figure 4 : Carte de France du niveau kéraunique

Source : [acrotterre.fr](http://acrotterre.fr)

Le niveau kéraunique du département des Côtes d'Armor est évalué à 9 jours d'orage par an soit moins que la normale française.



### 3.8. Santé et qualité de l'air : état initial

La région Bretagne bénéficie de conditions favorables à la santé, avec un air marin non pollué et peu de pollutions en dehors des grandes agglomérations du territoire.

Les Côtes d'Armor comptent sur un nombre important de stations touristiques classées (6 dont Perros Guirec, Saint Quay Portrieux et Saint Cast le Guildo qui sont reconnues en tant que stations touristiques) et de stations vertes (5 dont Callac, Jugon-les-Lacs pour leurs sites authentiques) qui témoignent de la bonne qualité de l'air et de l'environnement dans la région.

Air Breizh est un organisme agréé par le ministère de l'écologie, énergie, développement durable et de la mer qui a pour mission la surveillance de la qualité de l'air et l'information au public sur la région Bretagne. L'association dispose d'un réseau de stations dans la région dont le plus grand nombre se situe à proximité des villes de Rennes et Brest. Ces stations permettent de déterminer le niveau de pollution en ozone (O3), en monoxyde d'azote (NO), en dioxyde d'azote (NO2), en dioxyde de soufre (SO2), en monoxyde de carbone (CO) et en poussières PM10, PM2,5. Les sites de mesure en centres urbains ne rendent pas compte de la qualité de l'air dans le département mais uniquement dans les agglomérations.

Il n'existe pas de station permettant la mesure directe de la qualité de l'air sur la commune de Ploumagoar. Cependant le bilan de l'année 2007 sur les agglomérations Bretonnes permet de voir que la qualité de l'air a été classée de bonne à très bonne plus de 90% des jours de l'année en moyenne à Saint-Brieuc de 2005 à 2007.

La qualité de l'air dans les 9 agglomérations observées en Bretagne en 2007

Qualité (en nombre de jours)	Finistère			Côtes-d'Armor	Ille-et-Vilaine			Morbihan	
	Brest	Morlaix	Quimper		Saint-Brieuc	Fougères	Rennes	Saint-Malo	Lorient
Très bon (indices 1 et 2)	8	32	12	12	61	24	26	17	35
Bon (indices 3 et 4)	308	272	288	300	252	279	299	286	291
Moyen (indice 5)	30	22	44	32	34	43	33	43	29
Médiocre (indices 6 et 7)	18	5	18	16	6	19	3	19	7
Mauvais (indices 8 et 9)	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Très mauvais (indice 10)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Part de jours avec une bonne à une très bonne qualité de l'air (en %)									
2007	87	92	83	86	89	83	90	83	90
2006	93	91	88	92	87	86	92	87	89
2005	94	93	93	93	89	87	91	88	90

Tableau 4 : fréquence des indices de la qualité de l'air

Source : <http://www.airbreizh.asso.fr>

A Saint Brieuc, la qualité de l'air est bonne 86 % de l'année (données 2007). Les indices de qualité de l'air forts qui reflètent un air dégradé sont la conséquence de la pollution à l'ozone en début d'été et de poussières fines en début d'année.

La station de la Balzac à Saint Brieuc (20 kilomètres à l'est de Ploumagoar) fait partie du réseau MERA (Mesure des Retombées Atmosphériques) visant à évaluer la qualité de l'air dans les zones rurales loin de toute source de pollution humaine. Des mesures d'ozone, d'oxyde d'azote, de particules fines, de dioxyde de soufre, sont prises sur ce site. La qualité de l'air est bonne mais six dépassements ont eu lieu au niveau des particules fines (PM10) sur 35 autorisés, ainsi que deux dépassements en Ozone ce qui reste relativement faible comparé aux autres communes des départements bretons.

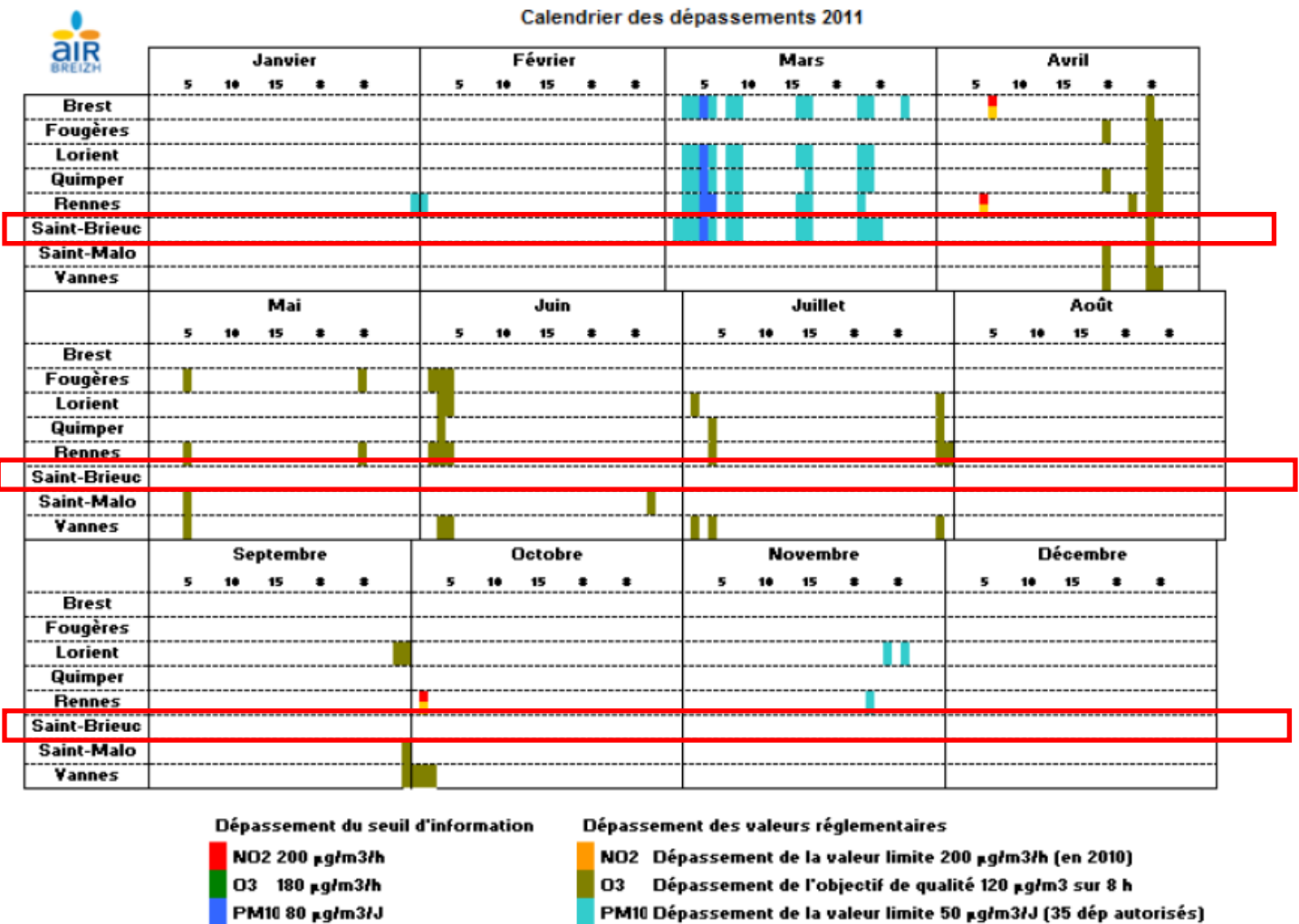


Figure 5 : Calendrier des dépassements des valeurs de références

Source : Bilan d'activité 2011 Airbreizh

Il n'y aura pas de détérioration de la qualité de l'air suite à la réalisation d'un parc éolien sur la commune de Ploumagoar car les éoliennes ne dégagent pas de gaz types NO2, O3....

### 3. IMPACTS DU PROJET SUR LA SANTÉ, LE CLIMAT, L'AIR

#### 3.1. Impact sur la santé au niveau local

##### 3.1.1. Pollution

**Aucun impact négatif sur la santé n'est mesurable, positivement ou négativement, à l'échelle locale ou régionale.**

L'impact positif sur la santé, du fait de la réduction de polluants rejetés ou stockés, n'est mesurable qu'à l'échelon planétaire et sur une longue durée. On peut cependant estimer les polluants générés si l'énergie électrique produite par les éoliennes l'avait été par des énergies conventionnelles.

Le tableau ci-dessous reprend la pollution évitée par rapport à trois sources conventionnelles d'énergie. Les quantités évitées par unité sont calculées en fonction de la production nette d'électricité en kWh, en utilisant l'énergie éolienne.

La production nette du site éolien, estimée à 22 millions de kilowattheures par an (5 \* 2 MW \* 2200h), correspond à la consommation moyenne en électricité (incluant le chauffage) de 7 850 personnes (la consommation électrique annuelle par habitant est voisine de 2800 kWh). Si on ne prend pas en compte le chauffage électrique dans cette consommation (consommation alors estimée de 700 à 800 kWh par personne et par an), cela correspond à la consommation de 27 500 personnes environ.

**Ainsi le parc éolien de Ploumagoar, fort de ses 22 millions de kWh produits annuellement, pourrait répondre aux besoins en électricité de 27 500 personnes voire plus (chauffage non-compris).**

Il est également intéressant de noter la pollution annuelle évitée, du fait du projet, par rapport à une utilisation des énergies fossiles et par rapport au mix énergétique français.

Production d'énergie par :	Charbon	Pétrole	Gaz	Mix énergétique français
Pollution annuelle évitée en tonnes Gaz Carbonique (CO2)	20 900 tonnes (950g/kWh en moyenne)	17 600 tonnes (800g/kWh en moyenne)	9 988 tonnes (454g/kWh en moyenne)	1870 tonnes (85g/kWh en moyenne)

Tableau 5 : Pollution évitée

Source : IEL Développement

Au-delà des gaz à effet de serre, il existe d'autres polluants atmosphériques. Les polluants considérés sont le SO<sub>2</sub>, les NO<sub>x</sub>, les COV, les métaux lourds et les polluants organiques persistants.

- Le SO<sub>2</sub> est principalement émis lors de la combustion des combustibles fossiles. Les composés soufrés peuvent être transportés sur de très longues distances mais sont néanmoins ramenés au sol par les précipitations en raison de leur solubilité. Ils participent significativement au phénomène des pluies acides.
- Les oxydes d'azote sont formés à haute température, lors de toute combustion, par l'oxydation d'une partie de l'azote contenu dans l'air ou dans le carburant. Le NO est émis majoritairement mais est très rapidement oxydé en NO<sub>2</sub> en présence de l'oxygène de l'air. Les NO<sub>x</sub> sont impliqués dans les réactions de formation de l'ozone troposphérique et présentent un potentiel important d'acidification des pluies. Le NO<sub>2</sub> est un gaz toxique irritant pour l'homme. En exposition aiguë, les effets se portent surtout sur le système respiratoire, en

particulier chez les enfants, les personnes âgées et les asthmatiques. Il n'existe pas à l'heure actuelle d'étude sur l'exposition chronique (à long terme).

- Les émissions de composés organiques volatils (COV) liées au processus énergétiques, sont dues au raffinage du pétrole et à la distribution des produits pétroliers, à l'évaporation de carburants liquides ou solides, aux pertes des réseaux de distribution du gaz, aux combustions incomplètes ou aux recombinaisons de produits de combustion. Les COVNM (COV non méthanique) regroupent les composés organiques volatils et gazeux et les composés organiques persistants (COP) présents dans l'atmosphère. Il s'agit principalement des hydrocarbures (y compris aromatiques tels que le benzène), des composés carboxylés, nitrés ou soufrés.
- Les métaux lourds proviennent principalement d'impuretés présentes dans les combustibles solides.
- Les poussières sont des particules minérales (Si, ...) principalement issues de la combustion des combustibles liquides et solides pouvant adsorber d'autres polluants tels que les COV ou les métaux lourds.

**Dans le tableau suivant, nous calculons l'économie annuelle de polluants pour une quantité d'énergie produite de 22 GWh pour le parc éolien concerné, étant entendu que les éoliennes en exploitation ne génèrent aucune émission atmosphérique.**

SO <sub>2</sub> : 22 GWh X 2 g/kWh	44 tonnes
NO <sub>x</sub> : 22 GWh X 2 g/kWh	44 tonnes
Poussières : 22 GWh X 0,29 g/kWh	6,38 tonnes
Métaux Lourds : 22 GWh X 0,002 g/kWh	44 kilos

Tableau 6 : Pollution évitée

Source : IEL Développement

**En prenant la totalité du parc éolien de Ploumagoar, ce sont plus de 27 500 personnes au total qui pourront être alimentées en électricité.**

##### 3.1.2. CO<sub>2</sub> et Forêt

**Les éoliennes du parc éolien de Ploumagoar seront implantées sur des parcelles non restituées de résineux ou qui seront coupées, conformément au plan de gestion de la forêt de Malaunay : l'emprise au sol des éoliennes est de 7520 m<sup>2</sup> (en considérant les plateformes, les fondations et les chemins d'accès créés compris), soit 0.12% de la surface de la forêt de Malaunay (0.7520ha/620ha). L'impact du projet sur les zones boisées de la forêt est donc mineur.**

Il nous est toutefois possible de calculer à titre de comparaison, l'évitement des dégagements annuels de CO<sub>2</sub> du fait de l'exploitation du parc éolien, et de le comparer à la capacité d'absorption de CO<sub>2</sub> de la forêt.

*En considérant qu'un hectare d'arbres permet d'absorber jusqu'à 6 tonnes de CO<sub>2</sub> par an et qu'une éolienne, quant à elle, permet d'éviter 85 g de CO<sub>2</sub>/kWh<sup>1</sup>, on peut en déduire que 374 tonnes de CO<sub>2</sub> par an seront évitées pour une éolienne de 2MW produisant 4400MWh/an.*

**Le parc éolien permettra donc d'éviter le dégagement de 1870 tonnes de CO<sub>2</sub> par an.**

La mise en place d'un parc éolien de cinq machines nécessite, comme indiqué précédemment, 0,7520 hectare d'emprise au sol, évitant ainsi le stockage potentiel de 4.5 tonnes de CO<sub>2</sub> par an.

**Cela sera cependant très largement compensé par les 1870 tonnes de CO<sub>2</sub> par an que le parc permet d'éviter.**

<sup>1</sup> Source : <http://www.unep.org/billiontreecampaign/french/factsfigures/fastfacts/index.asp>





### 3.2. Impact sur le climat local

Une perturbation des vitesses locales des masses d'air (augmentation de la turbulence) et des paramètres atmosphériques peut être ressentie à une distance de 3 à 4 fois le diamètre du rotor (de 300 à 400 mètres) des éoliennes. Mais le flux d'air se reconstitue sur 300-400 mètres environ.

**La perturbation d'air n'est pas ressentie au niveau du sol et de la végétation. L'impact positif sur l'évolution du climat est également mesurable à l'échelle planétaire et sur une période longue.**

### 3.3. Impact sur l'odeur

Un parc éolien a pour fonction de produire de l'électricité à partir du vent. Il n'émet pas d'odeurs car il n'utilise pas de matières combustibles.

### 3.4. Impacts du projet lié à l'effet d'ombrage

#### 3.3.1. Détermination de l'aire concernée par l'effet d'ombrage

L'aire géographique de l'étude est définie en ne considérant l'ombre qu'à partir d'une élévation solaire (angle formé par le soleil et l'horizon) de 3°.

Pour des valeurs d'angle d'élévation inférieure, l'éclairement incident est trop faible pour produire une incidence significative. De cette manière, la longueur maximale de l'ombre portée en terrain plat par un point localisé à 150 mètres d'altitude (sommet des pales) est de l'ordre de 2671 mètres, le rayon définissant l'aire géographique.

#### 3.3.2. Modélisation de la topographie

La présente modélisation permet de déceler d'éventuels problèmes d'ombrage des éoliennes en tenant compte de la topographie. Le logiciel utilisé est le logiciel professionnel Windpro version 2.6.0.235

#### 3.3.3. Résultats

Le plan d'exposition du territoire à l'ombre des éoliennes est illustré à la figure suivante. Il représente pour un point donné le nombre d'heures auquel ce point est soumis à l'ombre des cinq éoliennes pendant une année entière. Les courbes colorées indiquent ce nombre en heures. Les hypothèses de simulation sont les suivantes :

- Pas de prise en compte de la végétation pouvant exister à proximité immédiate des habitations.
- Prise en compte d'une hauteur des arbres de seulement de 10 mètres.
- Présence permanente de vent en période diurne
- Présence permanente de soleil sur les 4380 heures correspondant à la période diurne

Rappelons que les éoliennes étant implantées dans le bois de Malaunay, nous modéliserons les arbres par des obstacles de 10m de haut. En réalité, les arbres atteignent plutôt une hauteur de 20 mètres. Nous nous situons alors dans un cas défavorable.

Le nombre d'heures issu de la simulation représente donc le nombre d'heures d'exposition au phénomène d'ombre portée sur la base des hypothèses ci-dessus. Pour s'approcher de la réalité, il est nécessaire de prendre en considération le niveau d'ensoleillement de la région concernée.

Pour le calcul de l'ombrage, chaque habitation est modélisée par un récepteur d'ombrage (voir carte aérienne ci-dessous) correspondant à une lettre, on peut alors estimer le nombre d'heures d'ombrage annuel pour chaque point.



La correspondance entre les points et le nom des hameaux est présentée dans le tableau ci-dessous :

Identification	Nom du hameau
A	Malaunay
B	Parkou Louch
C	Kerguez
D	Le Louch
E	Le Run
F	Kerbescont
G	Rubry
H	La Sapinière
I	Beaupré
J	Keriu
K	La Ville Neuve-1
L	La Ville Neuve-2
M	La Ville Neuve-3
N	Kerdommage

Identification	Nom du hameau
O	Park Corn-1
P	Park Corn-2
Q	Kerhuélen
R	Kerbouillon
S	Rumorvezen
T	Palais Romain
U	Kerleino-1
V	Kerleino-2
W	Kerleino-3
X	Parc Plougesnou
Y	Toul Ar Hoat
Z	Guern Ar Punso
AA	La Ville Neuve Malaunay



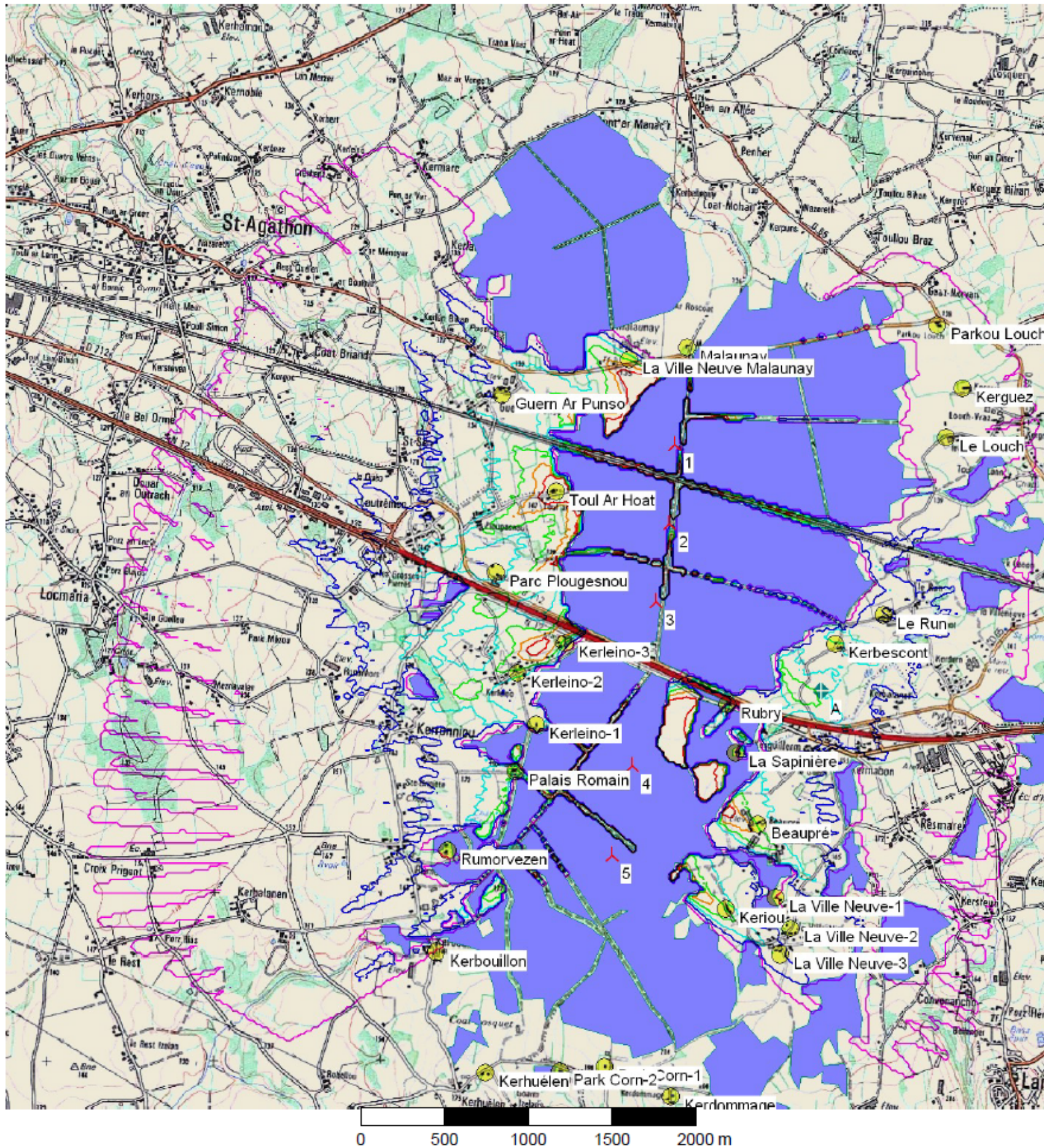


Figure 7 : carte des ombrages avec V90 105m et obstacles à 10m

Source : WIND PRO

### Légende :

- Carte: carte IGN 18km , Echelle d'impression 1:35 000, Centre de la carte NTF Lambert zone II et Est: 200 493 Nord: 2 407 453
- ▲ Nouvelle éolienne    ● Récepteur d'ombre
  - ⊕ Objet surface (ZVI) : ZVI\_REGIONS\_bois Malaunay\_étude Ombres.w2r (22)
  - Lignes d'ombre dans Heures d'ombre par an... Calcul de la durée d'ombre astronomique, cas le plus défavorable
  - 0    10    20    30    40    50
  - Modélisation de la forêt de Malaunay : obstacles de 10m de haut



### 3.5. Interprétation des résultats

Au vu des simulations réalisées, l'exposition prévisible avec un ensoleillement diurne permanent serait, pour tous les riverains du site inférieur ou égal à 75 heures par an dans le pire des cas (vent permanent ensoleillement maximal) pour le site de Ploumagoar.

En prenant en compte l'ensoleillement annuel du département soit environ 1600 heures sur 4380 heures, soit un ensoleillement de 36.5%, on arrive à un nombre d'heures d'exposition au phénomène d'ombre portée d'environ 27 heures par an pour le site de Ploumagoar. Vous trouverez ci-dessous le nombre annuel d'exposition prévisible aux ombres portées et le calendrier graphique par récepteur qui précisent les périodes potentielles d'exposition pour les différents hameaux, dans le pire des cas (vent permanent, ensoleillement maximal).

En dépit de ces faibles niveaux d'exposition, si une éventuelle gêne apparaissait nous programmerions alors les éoliennes pour les arrêter durant ces périodes d'exposition.

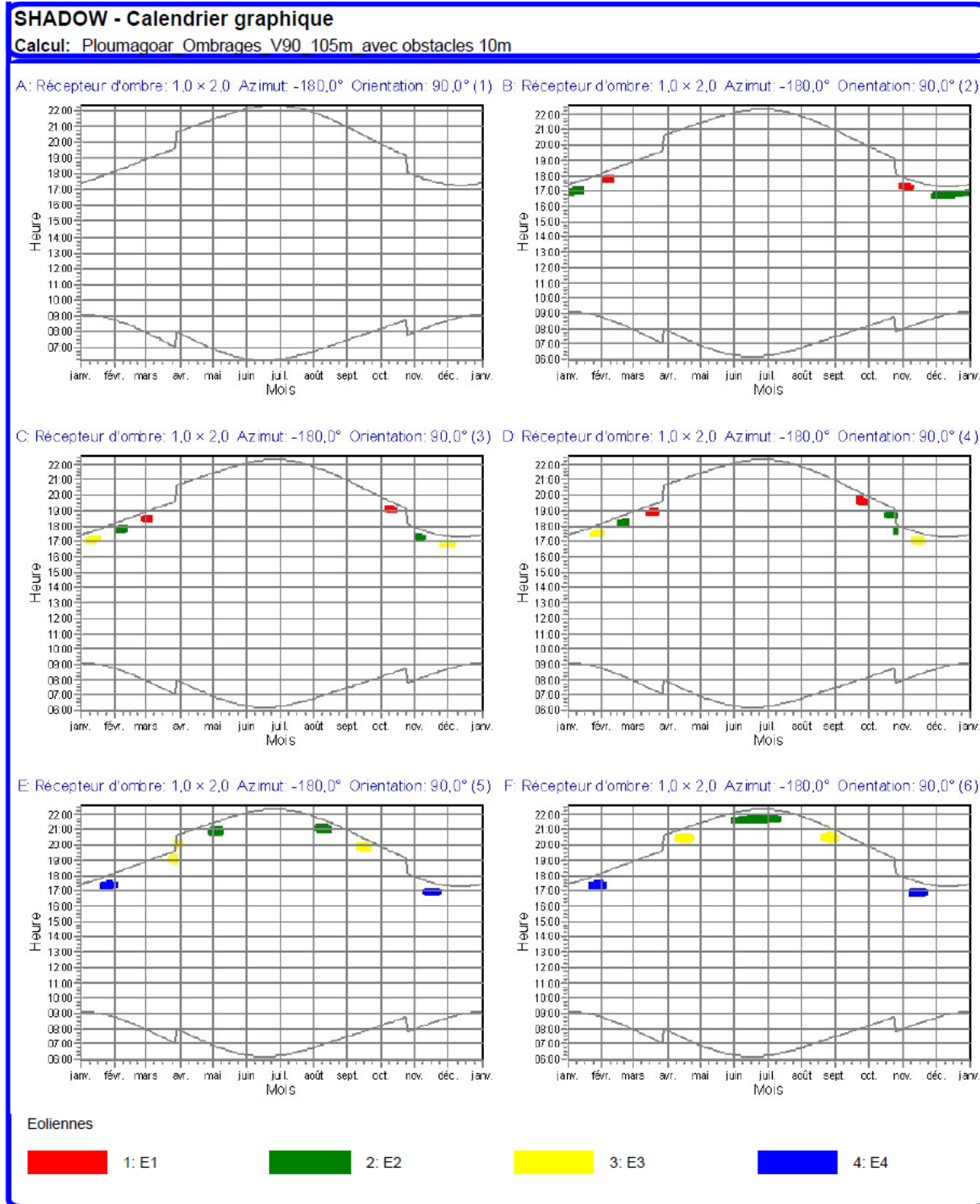
**L'ombre portée cumulée pour le site éolien de Ploumagoar serait d'environ 27 heures par an.**

Concernant l'incidence de l'ombre portée des éoliennes E3 et E4 sur la RN12, le nombre d'heures d'ombre portée par an est de 20 heures dans le pire des cas (les points G et W situés à proximité de la RN 12 sont les points de références pour étudier l'incidence de l'ombre portée sur la RN12). En prenant en compte l'ensoleillement annuel du département, le nombre d'heure d'ombre portée sur la RN12 sera de 7 heures par an. Vous trouverez en annexe les périodes incriminées pendant lesquelles les éoliennes E3 et E4 pourront être arrêtées.

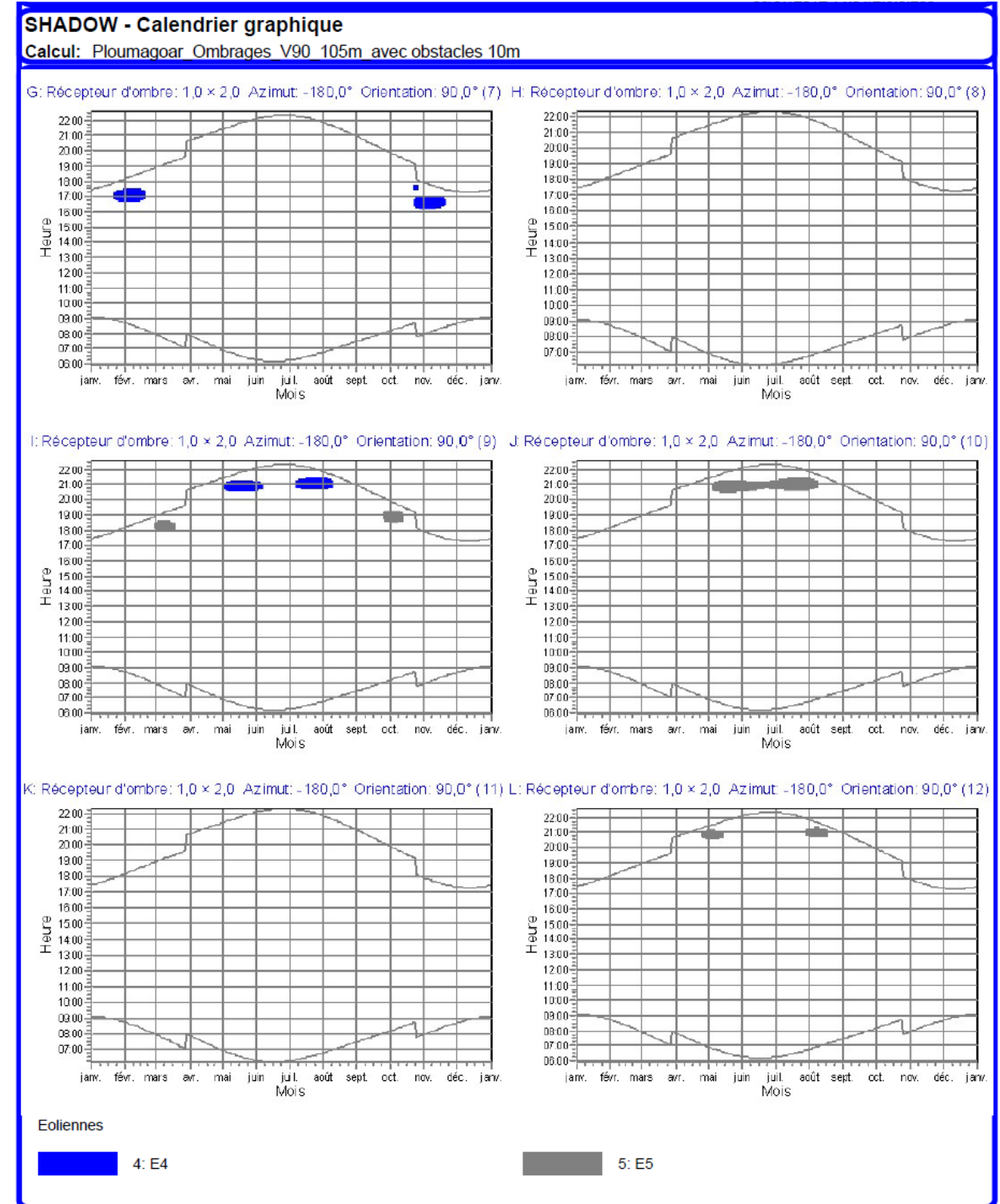
Identification	Nom du hameau	Résultats du calcul (nombre d'heures d'ombre par an en considérant un ensoleillement permanent)
A	Malaunay	0 :00
B	Parkou Louch	5 :11
C	Kerguez	4 :20
D	Le Louch	5 :27
E	Le Run	11 :08
F	Kerbescont	24 :00
G	Rubry	19 :26
H	La Sapinière	0 :00
I	Beaupré	27 :40
J	Keriu	30 :40
K	La Ville Neuve-1	0 :00
L	La Ville Neuve-2	7 :44
M	La Ville Neuve-3	13 :41
N	Kerdommage	0 :00
O	Park Corn-1	0 :00
P	Park Corn-2	0 :00
Q	Kerhuélen	0 :00
R	Kerbouillon	0 :00
S	Rumorvezen	0 :00
T	Palais Romain	17 :01
U	Kerleino-1	19 :35
V	Kerleino-2	27 :43
W	Kerleino-3	19 :41
X	Parc Plougesnou	18 :06
Y	Toul Ar Hoat	74 :40
Z	Guern Ar Punso	13 :30
AA	La Ville Neuve Malaunay	27 :59

**Tableau 7 : nombre annuel d'exposition prévisible aux ombres portées par récepteur dans le pire des cas**

Source : WIND PRO

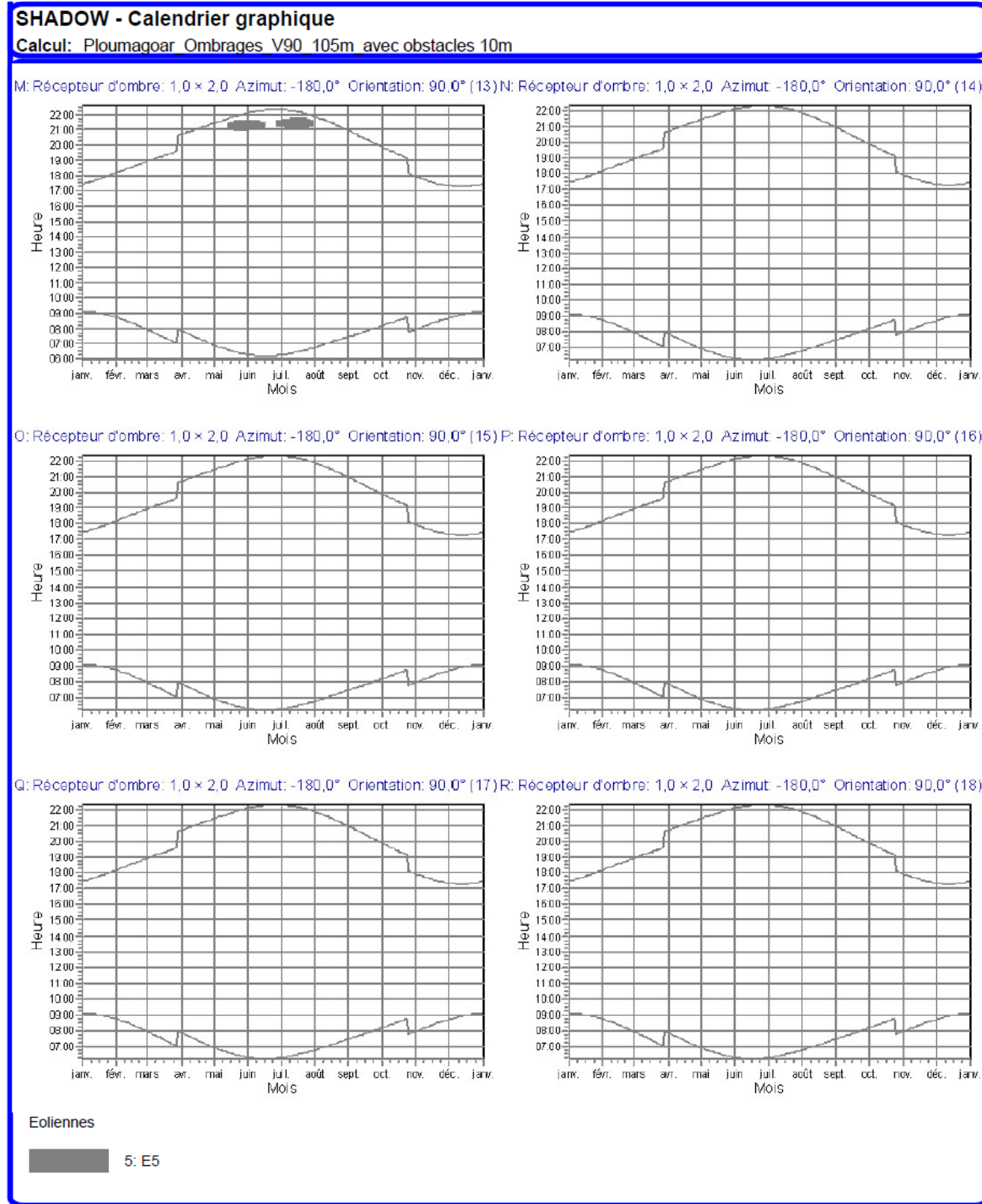


**Figure 8 : Calendrier graphique (1)**  
Source : WIND PRO

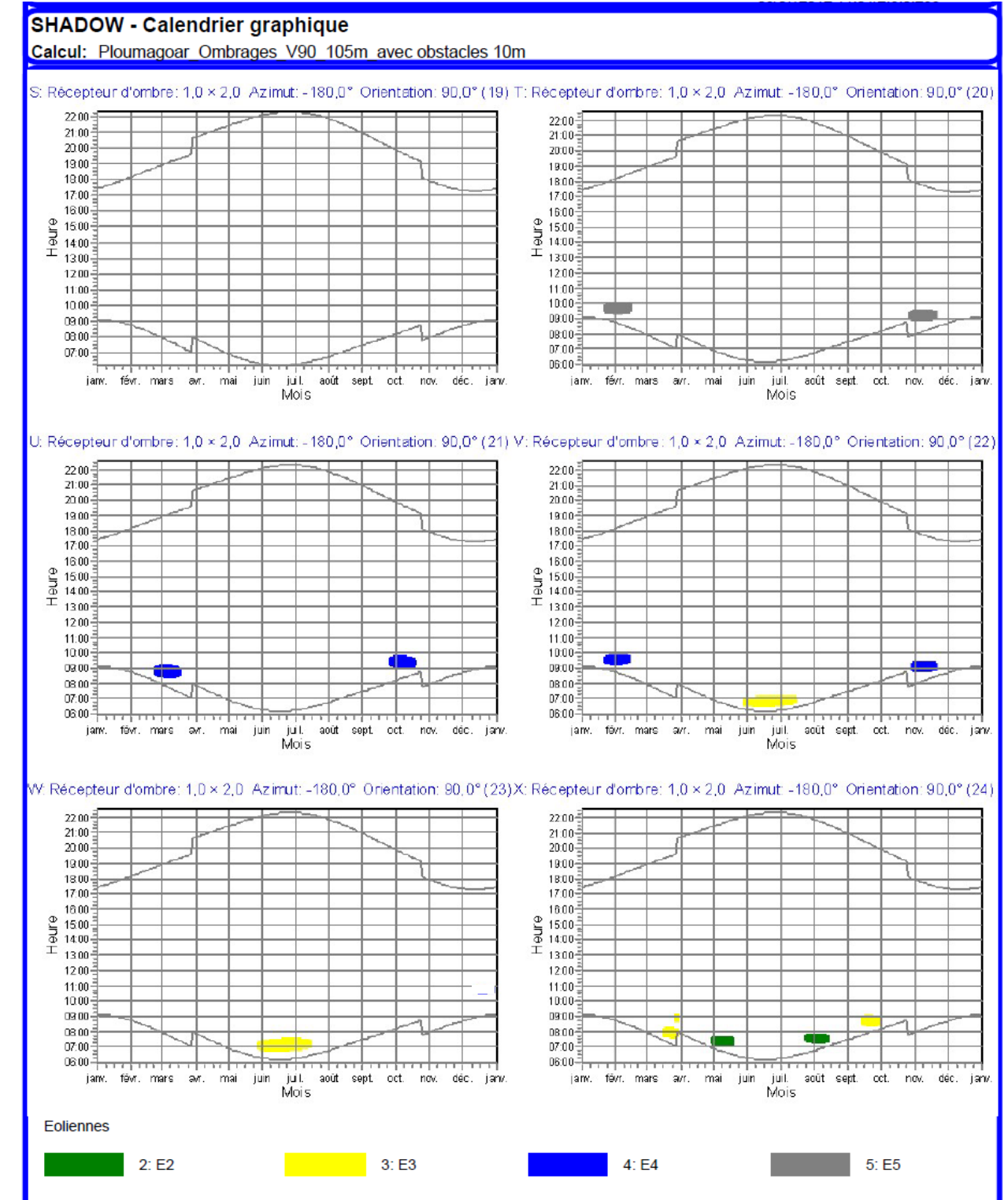


**Figure 9 : Calendrier graphique (2)**  
Source : WIND PRO





**Figure 10 : Calendrier graphique (3)**  
 Source : WIND PRO



**Figure 11 : Calendrier graphique (4)**  
 Source : WIND PRO

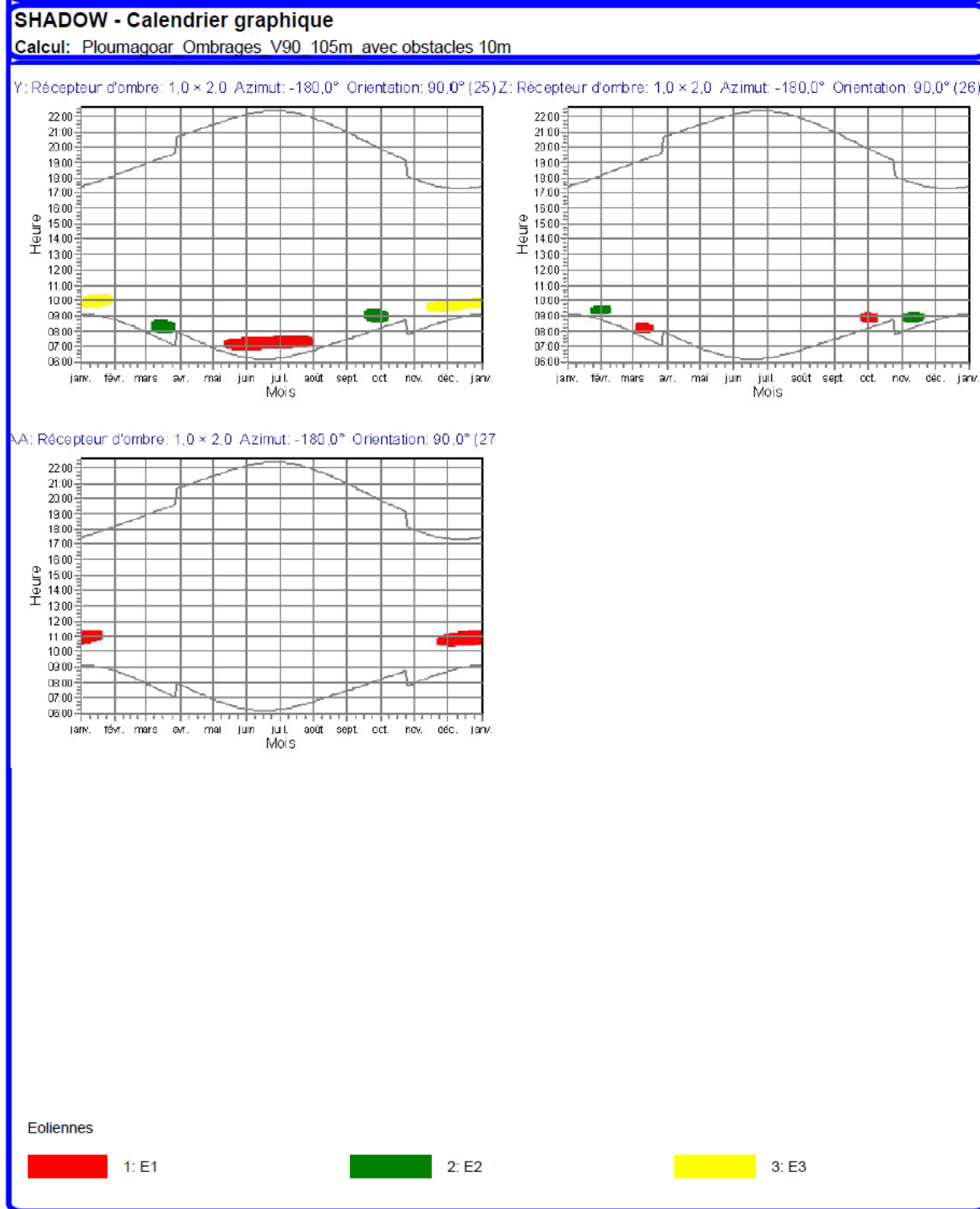


Figure 12 : Calendrier graphique (5)

Source : WIND PRO

### 3.6. Analyse du cycle de vie

Une analyse du cycle de vie (ACV) de vie permet d'évaluer l'impact sur l'environnement d'un produit tout au long de sa vie « du berceau à la tombe ».

L'ACV peut être décomposé en 4 grandes étapes :

- La fabrication (Manufacturing) : elle comprend la production de la matière première et la fabrication des composants de l'éolienne : nacelle, pâles, mâts, câbles...
- L'installation : cette étape inclut le transport de l'éolienne sur le site, la construction des infrastructures nécessaires à son implantation : routes, aires de levage...
- Maintenance : elle comprend le changement d'huile, la lubrification, le changement, la rénovation de pièces des éoliennes, le transport de ces pièces jusqu'au site.
- Fin de vie : à la fin de sa vie, l'éolienne est démantelée et le site remis en état. Les matériaux peuvent être recyclés, incinérés, placés en déchetterie.

Nous nous référons à une analyse du cycle de vie réalisée par Vestas sur un parc de 33 éoliennes V112. L'analyse de Vestas porte sur les 4 phases décrites précédemment et elle est réalisée grâce à un logiciel performant qui permet de démanteler l'éolienne en ses composants sources. La modélisation s'appuie également sur une liste des matériaux utilisés, leurs pays d'origine, leurs processus de fabrication.

Pour le parc éolien, nous évaluons ci-après le bilan énergétique, le bilan carbone et le recyclage du parc éolien.

#### 3.5.1. Bilan énergétique

**L'énergie nécessaire mesurée en mégajoule, de la fabrication au démantèlement du parc éolien, est faible par rapport à l'énergie produite par le parc éolien.** Une étude Vestas portant sur un parc de 33 éoliennes V112 3MW montre que seulement huit mois sont nécessaires pour compenser les dépenses énergétiques lors de ce cycle de vie.

D'après l'étude de Vestas, la consommation énergétique totale d'un parc éolien est égale **0,12 MégaJoule<sup>1</sup>/kWh produit** (somme de la consommation d'énergie renouvelable (0,03 MJ/Wh-figure 6) et celle non renouvelable (0,09 MJ/kWh-figure 7)).

<sup>1</sup> 1 mégajoule = 278 Wh

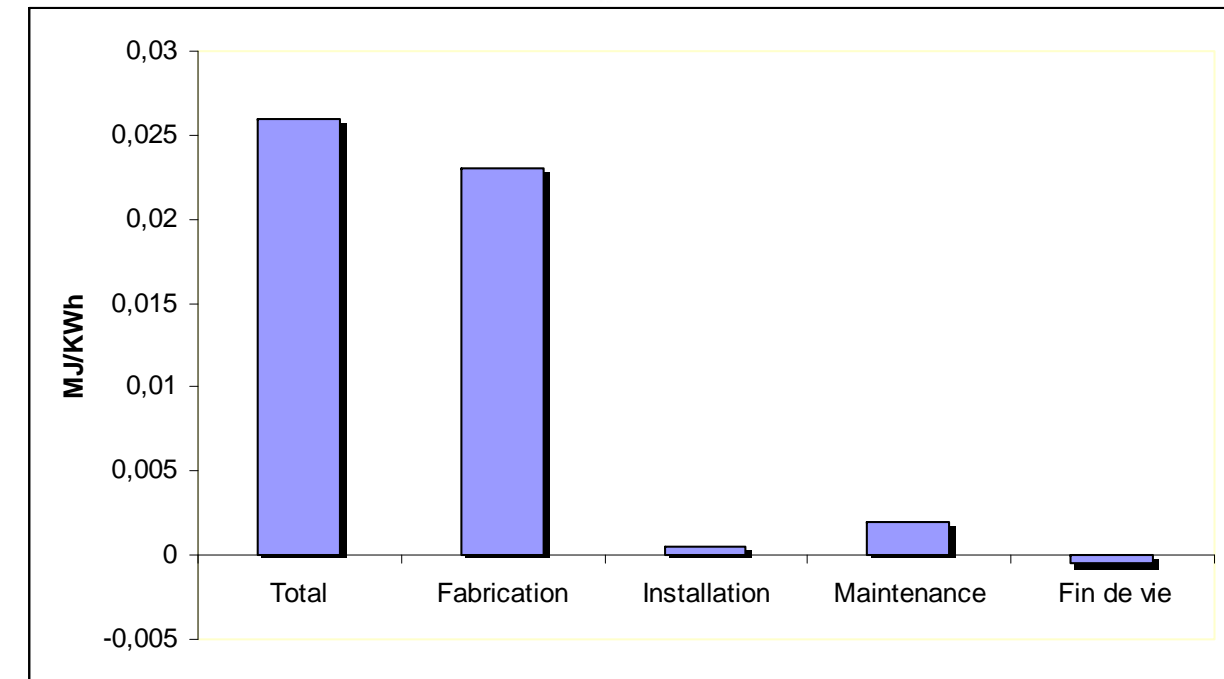


Figure 13 : Consommation d'énergie renouvelable par phase du cycle de vie

Source: LCA V112 Study report 2011

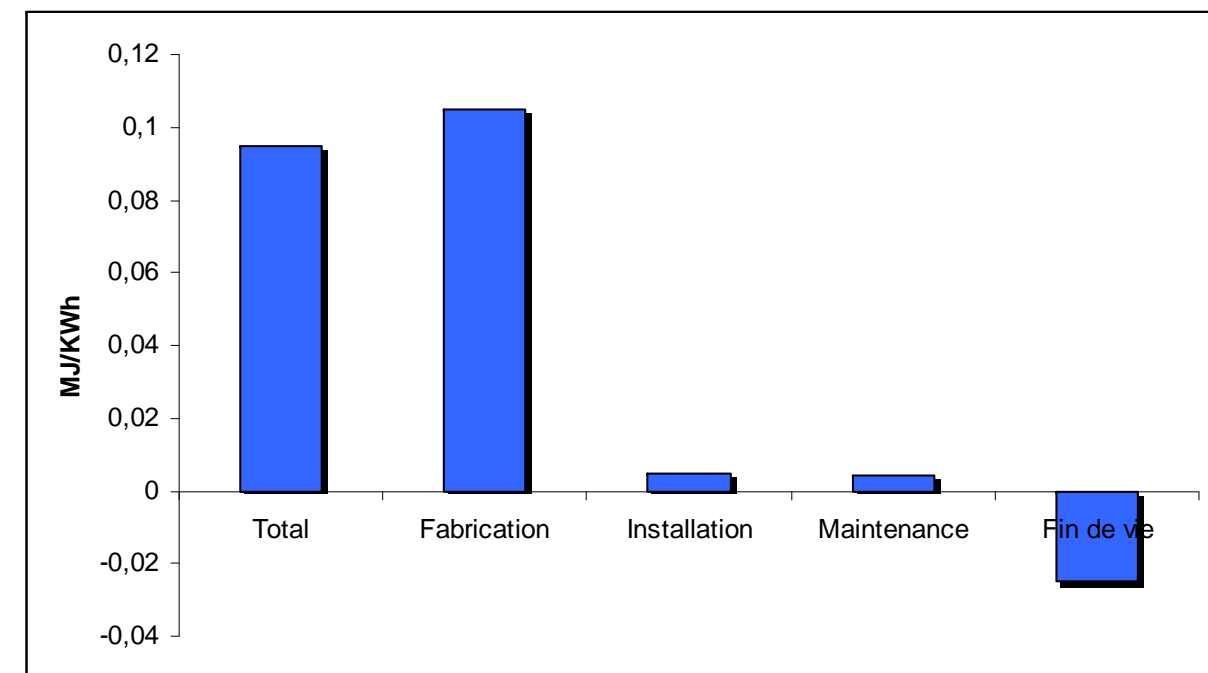


Figure 14 : Consommation d'énergie fossile par phase du cycle de vie

Source: LCA V112 Study report 2011



Le parc éolien de Ploumagoar produira 22 millions de kWh d'énergie électrique annuellement soit 79 136 690 MJ. En parallèle, l'énergie totale dépensée sur 20 ans sera de 22 millions de kWh X 20 X 0,12 = 52 800 000 MJ.

**Le parc éolien produira en 8 mois l'équivalent de la dépense énergétique utilisée par sa mise en place jusqu'à son démantèlement.**

<b>Production en MJ du parc éolien en une année</b>	79 136 690 MJ
<b>Consommation en MJ du parc éolien sur 20 années</b>	52 800 000 MJ
<b>Temps de retour énergétique</b>	8 mois

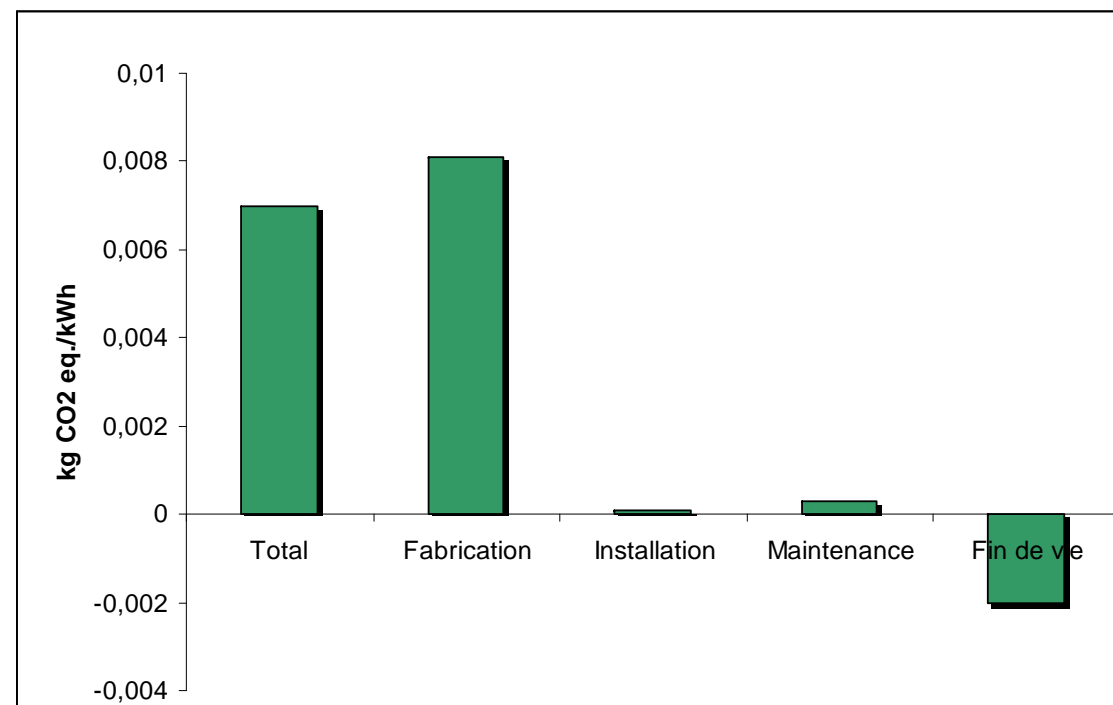
**Tableau 7 : Temps de retour énergétique d'un parc éolien**

Source : IEL Développement

La consommation d'énergie est largement due à la fabrication des turbines. Pour la consommation d'énergie non-renouvelable la fabrication de la tour compte 26% de cet impact, suivi par la fabrication des pâles (18%) et celle de la nacelle (11%). Les sources utilisées sont le gaz naturel à 34%, le pétrole à 29%, l'uranium à 16% et le charbon à 15%. La fabrication de la tour compte également pour 19 % de l'énergie d'origine renouvelable consommée.

### 3.5.2. Bilan Carbone

Le CO2 produit provient majoritairement de la fabrication des éléments de la tour (29%) et des composants des pâles (16%). Le transport a un impact mineur sur l'émission des gaz à effet de serre (GES) (environ 1%) et l'augmentation des distances n'impacte que de très peu la part de cette émission. On estime que l'émission de CO2 liée à la fabrication, à l'acheminement, à l'installation, et la maintenance (relative aux déplacements des camionnettes de maintenance) d'une éolienne est égale à **1600 tonnes de CO2 sur 20 ans**.



**Figure 15: Production de CO2 selon le cycle de vie**

Source : Vestas

La production d'un kWh d'électricité engendre des émissions de GES plus ou moins importantes dans les différents pays selon le poids des différentes énergies (charbon, pétrole, gaz,...). Ainsi en France, la production d'un kWh représente l'émission de 85g de CO2. **Ces chiffres ne prennent en compte que les émissions liées à la combustion et non pas à la construction de la centrale (à la différence de l'analyse en cycle de vie employée pour l'éolien).**

Le tableau ci-dessous présente alors les différents types d'énergies utilisés en Europe.

Prenant en compte le cycle de vie des éoliennes (de la phase de construction à la phase du démantèlement), au total le parc de Ploumagoar générera **8000 tonnes de CO2 en 20 ans**.

Production d'énergie par :	Charbon	Pétrole	Gaz	Mix Energétique français
Pollution annuelle évitée en tonnes Gaz Carbonique (CO2)	20 900 tonnes (950g/kWh en moyenne)	17 600 tonnes (800g/kWh en moyenne)	9 988 tonnes (454g/kWh en moyenne)	1870 tonnes (85g/kWh en moyenne)
<b>Temps de retour CO2</b>	<b>4,6 mois</b>	<b>5,4 mois</b>	<b>12 mois</b>	<b>51,3 mois</b>

**Tableau 8 : Bilan des émissions de CO2 économisées**

Source : IEL Développement

**Il faudra entre 138 et 1539 jours (soit 4,3 ans) de fonctionnement du parc éolien pour compenser les émissions de CO2 émises lors du cycle de vie.**



### 3.7. Recyclage

Il a été calculé que 81% d'une éolienne est recyclable, une analyse plus détaillée est présentée dans le tableau suivant : 87% de la nacelle est recyclable, 38% du rotor est recyclable, 97% de la tour est recyclable, 47% des éléments restants sont recyclables.

<b>Nacelle (% du poids de la turbine)</b>	32	<b>Rotor (% du poids de la turbine)</b>	20%
% recyclable	87%	% recyclable	38%
<b>Boîte de vitesse (% nacelle)</b>	44%	<b>Pales (% rotor)</b>	11%
Fer et acier	99%	Polymères et laques	40%
Métaux non ferreux	<1%	céramique/ verre	52%
polymères	<1%	Autres matériaux	8%
électronique	<1%	<b>Moyeu (% rotor)</b>	9%
autres matériaux	1%	Fer et acier	95%
<b>transformateur (% nacelle)</b>	8%	Métaux non-ferreux	<1%
Fer et acier	82%	polymères	2%
Métaux non ferreux	10%	autre matériaux	3%
polymères	8%	<b>Tour (% du poids de la turbine)</b>	46%
autres matériaux	<1%	% recyclable	97%
<b>Générateur (% nacelle)</b>	7%	Fer et acier	99%
Fer et acier	85%	Métaux non-ferreux	<1%
Métaux non ferreux	9%	autres matériaux	<1%
polymères	<1%	<b>Autres (% poids de la turbine)</b>	2%
électronique	3%	% recyclable	47%
autres matériaux	3%	Fer et acier	28%
<b>Autres (% nacelle)</b>	41%	Métaux non-ferreux	23%
Fer et acier	80%	polymères	28%
Métaux non ferreux	10%	électronique	5%
polymères	1%	autres matériaux	16%
électronique	3%		
autre matériaux	6%		





#### 4. CONCLUSION

L'impact d'un projet éolien sur le climat et la qualité de l'air est positif. En effet les éoliennes ne génèrent aucune pollution durant leur fonctionnement.

Au niveau de la santé, l'impact des ombres portées peut être gênant pour le voisinage. Néanmoins dans le cadre de ce projet éolien nous avons adopté un scénario d'implantation minimisant les ombres sur les habitations riveraines du site. En prenant en compte un ensoleillement annuel de 1600 h, l'ombre portée cumulée du site éolien serait de 27 heures par an dans le pire des cas.

Le nombre d'heure d'ombre portée sur la RN12, en prenant en compte l'ensoleillement annuelle, sera de 7 heures par an.

#### 5. MESURES PRÉVENTIVES ET COMPENSATOIRES

La principale mesure préventive concerne l'effet d'ombrage potentiel. La mesure a consisté à éloigner le plus possible le parc éolien des habitations, de manière à ce que l'impact sur celles-ci soit réduit à un impact très faible. En cas de gêne avérée, nous programmerions les éoliennes pour les arrêter durant les périodes incriminées. Concernant la RN12, deux éoliennes pourront être stoppées durant 7 heures par an selon les périodes incriminées.