

► DIRECTION DES ETUDES ECONOMIQUES ET DE L'EVALUATION ENVIRONNEMENTALE

► DOCUMENT DE TRAVAIL

ESTIMATION DES NUISANCES POUR LA COLLECTIVITE GENEREES PAR LES EOLIENNES DE SIGEAN

Sébastien TERRA

Série Etudes

N° 04 - E09



Site internet : <http://www.ecologie.gouv.fr>

20 avenue de Ségur - 75302 Paris 07 SP

► RESUME

ESTIMATION DES NUISANCES POUR LA COLLECTIVITE GENEREES PAR LES EOLIENNES DE SIGEAN

Sébastien TERRA

L'étude "Les dommages visuels et sonores causés par les éoliennes : une évaluation par le consentement à payer des ménages dans le cas des éoliennes de Sigean", réalisée par Sylvie Scherrer, a permis de déterminer la valeur individuelle de la nuisance causée par ces installations éoliennes.

Ce document de travail vise à déterminer les nuisances pour la collectivité causées par ces éoliennes. Cette estimation soulève plusieurs questions d'ordre méthodologique.

D'abord, il convient de déterminer le champ et le type de la population victime des nuisances : périmètre de l'enquête (nombre et localisation des communes enquêtées) et choix entre population totale et nombre de ménages. Dans ce document de travail, c'est le nombre de ménages des dix communes enquêtées qui est retenu.

Ensuite, il est nécessaire d'identifier et de traiter, à l'aide de moyennes winsorisées par exemple, les valeurs extrêmes des consentements à payer (ou à recevoir).

Dans une troisième étape, parmi les différents scénarii proposés aux personnes interrogées, un scénario doit être retenu afin de déterminer les dommages pour la collectivité. Dans l'enquête sur les éoliennes de Sigean, le scénario relatif au consentement à recevoir (scénario 1) est écarté en raison notamment d'un comportement stratégique opportuniste pour la majorité des personnes exprimant leur volonté de percevoir un dédommagement.

Le scénario retenu est le scénario 3 reposant sur un consentement à payer versé une fois pour toutes. Sa formulation recèle moins de problèmes méthodologiques que le scénario 2 posant d'emblée l'idée d'un démantèlement des éoliennes. Dans ce cadre, les dommages pour la collectivité causés par le parc éolien de Sigean/Port-la-Nouvelle sont évalués à 1,730 millions d'euros (avec un intervalle de confiance égal à [1 600 000 ; 1 900 000]), ce qui représente environ 20 % du coût d'investissement du projet.

Constitué notamment au début des années 1990, le parc éolien de Sigean n'est pas nécessairement représentatif des parcs éoliens en cours de construction. Pour étayer les possibilités d'un transfert de valeurs et résorber certaines difficultés méthodologiques révélées

par l'exploitation des données, les résultats de l'étude sur Sigean doivent donc être complétés par une étude sur un site plus récent (par exemple). Par ailleurs, une étude ultérieure pourrait permettre de relier de façon plus explicite les dommages à la production d'électricité d'origine éolienne.

Ce document n'engage que ses auteurs et non les institutions auxquelles ils appartiennent. L'objet de cette diffusion est de stimuler le débat et d'appeler des commentaires et des critiques.

SOMMAIRE

1. Introduction	5
2. Une évaluation contingente pour mesurer les dommages causés par les éoliennes de Sigean	5
2.1. Le site de Sigean (Aude)	5
2.2. Présentation de l'étude	6
3. Comment déterminer la population concernée ?	7
3.1. Périmètre d'enquête et population	7
3.2. Population et sondage	8
4. Comment traiter les valeurs extrêmes ?.....	9
5. Comment comparer les valeurs obtenues par les différents scénarii ?..	10
5.1. Paiement annuel et paiement une fois pour toutes	11
5.2. Privilégier le consentement à payer par rapport au consentement à recevoir	12
5.3. Quel scénario retenir : les limites dues aux non-réponses et à la formulation	13
6. Estimation des dommages pour la collectivité causés par les éoliennes de Sigean	14
6.1. Calcul des dommages totaux	16
6.2. Commentaire	17
7. Conclusion et perspective	17
8. Annexe 1 – Scénario 1 : calcul des dommages sans retraitement des valeurs extrêmes	19
8.1. Calcul des dommages totaux	19
8.2. Calcul des intervalles de confiance	19
8.3. Les valeurs extrêmes	20
9. Annexe 2 – Profils des personnes interrogées pour le scénario 3	21

1. Introduction

L'étude "Les dommages visuels et sonores causés par les éoliennes : une évaluation par le consentement à payer des ménages dans le cas des éoliennes de Sigean" (document de travail n°03-E01), réalisée par Sylvie Scherrer, a permis de déterminer la valeur moyenne des nuisances visuelles et sonores causées par les installations éoliennes de Sigean (Aude).

L'étape suivante dans la démarche de valorisation de ces dommages consiste à déterminer les nuisances pour la collectivité causées par ces éoliennes. Cette estimation soulève plusieurs difficultés :

- quelle est la taille de la population victime des nuisances ?
- comment traiter les valeurs extrêmes ?
- comment comparer des consentements à payer et des consentements à recevoir ?
- comment comparer des valeurs renvoyant à des horizons temporels différents ?
- quel scénario faut-il retenir parmi les trois scénarii de valorisation proposés aux personnes interrogées ?

2. Une évaluation contingente pour mesurer les dommages causés par les éoliennes de Sigean

2.1. Le site de Sigean (Aude)

Le parc éolien des Corbières Maritimes (Aude) regroupe les projets de Port-la-Nouvelle (réalisé en 1993 dans le cadre du programme Thermis) et de Sigean (réalisé en 2000 dans le cadre d'EOLE 2005). Les 15 aérogénérateurs (1 machine de 200 kW, 4 machines de 500 kW et 10 de 660 kW) de ce parc sont implantés sur la colline de la Castanière, en limite des communes de Port-la-Nouvelle et Sigean. Cette centrale de 8,8 MW de puissance totale est composée d'éoliennes disposant de rotors de 25 à 47 m de diamètre montés sur des mâts de 30 à 40 m.

Le parc des Corbières Maritimes a été mis en service en trois phase : première éolienne V25 en 1991, 4 éoliennes V39 en 1993 et 10 éoliennes V47 en 2000. Il est installé à 3 km au Sud-Est de Sigean. Ce parc fournira annuellement environ 25 millions de kWh d'énergie électrique, soit l'équivalent de la consommation annuelle de 10 000 personnes (hors chauffage). Comparativement à une centrale fonctionnant au gaz naturel, le parc de

Sigean/Port-la-Nouvelle permettra d'éviter le rejet annuel de 12 500 tonnes de CO₂ dans l'atmosphère.

L'investissement total du projet est de 9 millions d'euros, pour des coûts annuels d'exploitation de 260 000 euros.

2.2. Présentation de l'étude

L'IFOP a réalisé, pour le compte du Ministère une enquête téléphonique auprès de **2004 personnes**, habitant dans dix communes voisines du parc éolien de Sigean/Port-la-Nouvelle. L'enquête s'est déroulée du 27 octobre au 3 novembre 2001. Le tableau 1 présente les différentes communes concernées, avec les informations démographiques de base pour chacune d'elles.

L'échantillon interrogé est représentatif de la population du Languedoc-Roussillon, sur la base des quotas suivants : sexe, âge et profession.

L'objectif de l'enquête était notamment de valoriser les nuisances visuelles et sonores causées par les installations éoliennes de Sigean, par la méthode d'évaluation contingente, à l'aide de trois scénarii.

Le **premier scénario** part de la situation actuelle (présence de quinze éoliennes) et considère l'hypothèse de la mise en œuvre d'un dédommagement, prenant la forme d'une réduction annuelle d'impôts locaux, pour compenser les éventuelles gênes occasionnées. Le but est d'évaluer le **consentement à recevoir** (CAR) des ménages.

Le **deuxième scénario** vise à appréhender le **consentement à payer** (CAP) des individus pour ne pas subir les éventuelles nuisances causées par les éoliennes. Il part également de l'observation de la situation actuelle et évoque l'idée d'un **démantèlement** des éoliennes, **financé en partie** par les habitants de la région **sur une base volontaire**, par l'intermédiaire de **dons** à un fonds spécifique.

Un **troisième scénario** place toutes les personnes interrogées dans la même situation fictive. On leur a ainsi demandé d'imaginer que soit envisagée l'implantation d'un **nouveau champ d'éoliennes**, semblable à celui de Sigean, à un kilomètre de chez eux, de telle sorte qu'elles soient très visibles de leur domicile. L'alternative serait de les implanter en mer, où elles ne généreraient aucune gêne visuelle ou auditive. **Pour aider à financer le surcoût très important de cette alternative**, on leur a demandé de supposer qu'il soit proposé aux habitants de la région d'apporter volontairement une **contribution à un fonds** destiné à financer une partie de ce surcoût (**consentement à payer**).

3. Comment déterminer la population concernée ?

3.1. Périmètre d'enquête et population

Lors de la réalisation de cette enquête, les habitants de dix communes ont été interrogés. L'hypothèse sous-jacente est donc que seuls les habitants de ces communes souffrent des nuisances causées par les éoliennes de Sigean/Port-la-Nouvelle. **Le choix du périmètre d'enquête est ainsi crucial pour l'estimation des dommages pour la collectivité.** Par exemple, si le périmètre est trop étroit (c'est-à-dire si des personnes habitant d'autres communes sont gênées), alors le montant total des dommages est sous-estimé. Néanmoins, c'est justement l'enquête qui nous apporte une connaissance de la gêne ressentie par les habitants d'une commune donnée. La causalité est donc circulaire, il faut connaître les niveaux de gêne pour déterminer le périmètre de l'étude ; l'étude nous apporte des renseignements sur ces niveaux de gêne. Par conséquent, il est utile de disposer, dans la mesure du possible, d'informations auxiliaires sur les niveaux de gêne dans les différentes communes (en fonction, dans le contexte de l'éolien, du nombre de plaintes ou de recours déposés, de l'existence d'un débat local sur les éoliennes).

Ces différentes remarques ne s'appliquent que si l'on cherche à estimer les dommages causés par les éoliennes. Si l'objectif de l'enquête est de mesurer des dommages mais aussi des avantages procurés par les éoliennes, exclure les communes dont les habitants ne sont pas gênés (a priori) conduirait à biaiser les résultats de l'étude.

Une fois le périmètre de l'étude délimité, il reste encore à déterminer le champ et le type de la population concernée. Par exemple, faut-il considérer la population totale, la population d'âge adulte ou le nombre de ménages de chaque commune ? Une première réponse à la question est fournie par le support de paiement utilisé dans les questions de valorisation. S'il s'agit d'un support fondé sur les impôts locaux ou d'un droit de stationnement par exemple, ceux-ci sont acquittés au niveau de la famille (ou du ménage). La population à considérer pourrait alors être la population des ménages de la commune. Si le support de paiement fait référence à un paiement plus individualisé comme le versement de don, la population totale de la commune pourrait être pertinente (ou les personnes âgées de plus de 18 ans).

Une seconde réponse consiste à retenir l'hypothèse la plus conservatrice, c'est-à-dire celle fournissant la valeur des dommages la plus faible (ou des aménités, suivant les cas). Le nombre de ménages serait alors à retenir.

Dans la suite de ce document, on considérera que la population concernée par les nuisances engendrées par les éoliennes de Sigean est le nombre de ménages de dix communes enquêtées.

Dans l'échantillon enquêté, **235 personnes** (11,7 % des personnes interrogées) **ont déclaré n'avoir jamais vu les éoliennes de Sigean. Ces personnes seront exclues de l'analyse. On suppose que, dans la population** des dix communes concernées par l'enquête, **la proportion de personnes n'ayant jamais vu les éoliennes est la même** (11,7 %). La véritable population concernée (et gênée par les éoliennes de Sigean) est donc de 25 725 ménages, comme l'indique le tableau 1.

Tableau 1 – La population des différentes communes

Commune	Population*	Nombre de ménages*	Echantillon	Population concernée	Personnes gênées (%)
Bages	755	320	24	320	20,8
Caves	357	152	10	152	10,0
Gruissan	3 061	1 472	88	1 304	2,6
Lapalme	1 151	488	36	488	11,1
Leucate	2 732	1 356	63	1 291	6,7
Narbonne	46 510	20 916	1 457	17 886	4,0
Peyriac-de-Mer	828	356	26	356	15,4
Port-la-Nouvelle	4 859	2 120	153	1 981	2,8
Roquefort des Corbières	664	284	21	284	14,3
Sigean	4 049	1 676	126	1 663	5,6
Total	64 966	29 140	2 004	25 725	4,7

* Recensement de la population 1999

Lecture : La commune de Bages compte 755 habitants composant 320 ménages. 24 habitants de la commune ont été interrogés lors de l'enquête de l'IFOP. La population concernée (personnes qui ont déjà vu les éoliennes) est de 320 ménages. 20,8 % des personnes interrogées ont indiqué que les éoliennes les gênaient.

3.2. Population et sondage

L'enquête téléphonique IFOP/MEDD a été réalisée par sondage, à l'aide de la méthode des quotas. On ne connaît donc pas les probabilités d'inclusion ; on ne peut donc pas calculer des variances et des intervalles de confiance sans hypothèse supplémentaire. **Néanmoins, la méthode des quotas permet d'obtenir un échantillon représentatif de la population générale** (ici, la population âgée de 18 ans et plus du Languedoc-Roussillon¹) sur la base des quotas suivants : sexe, âge et profession. En effet, la proportion de personnes dans

¹ Lors de la conception de l'enquête, les quotas ont été déterminés par rapport à la région Languedoc-Roussillon. Une autre démarche aurait consisté à fixer les quotas à partir des données observées pour le département de l'Aude ou pour les différentes communes enquêtées.

l'échantillon présentant l'une des modalités des variables précédentes est identique à leur proportion dans la population générale.

En première approximation, on fera donc comme si l'enquête avait été réalisée selon un plan de sondage aléatoire simple², en supposant que chaque ménage avait une probabilité identique d'être interrogé.

Pour un plan de sondage aléatoire simple de taille fixe n , la probabilité d'inclusion d'un individu (c'est-à-dire la probabilité qu'il soit interrogé) est n/N où N est la taille de la population concernée.

L'estimateur de Horvitz-Thompson du total pour une variable Y est :

$$\hat{Y} = \frac{N}{n} \sum_{i=1}^n y_i = N \cdot \bar{y}$$

Pour estimer le total des dommages pour la collectivité, il suffit donc de multiplier le dommage moyen estimé sur l'échantillon par l'effectif de la population totale (ici, le nombre de ménages).

La variance de l'estimateur du total est estimée par :

$$\hat{V}(\hat{Y}) = N^2 \frac{1-f}{n} s_y^2 = N^2 \frac{1-f}{n} \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

4. Comment traiter les valeurs extrêmes ?

Les données sur le consentement à payer ou le consentement à recevoir sont fréquemment caractérisées par la présence de valeurs extrêmes (ou aberrantes).

D'un point de vue économique, le consentement à payer est borné par le revenu. Un test simple pour identifier des valeurs aberrantes est donc de s'assurer que le revenu est toujours supérieur au consentement à payer déclaré. En revanche, le consentement à recevoir n'est pas borné par le revenu de sorte que ce test simple ne permet pas de détecter les valeurs aberrantes.

D'un point de vue statistique, on peut identifier les valeurs extrêmes (ou aberrantes) en observant la distribution des réponses (consentements à payer ou consentements à recevoir). Pour le calcul des dommages, on peut retraiter les valeurs aberrantes en calculant des moyennes winsorisées d'ordre 1 % (par exemple). Le calcul de ces moyennes repose sur le

² Une piste intéressante pour des travaux ultérieurs serait d'approfondir la question de l'échantillonnage et le calcul de la variance dans le cas de sondage par quotas.

principe suivant : on affecte aux 1 % plus faibles valeurs la valeur du 1^{er} centile et aux 1 % valeurs plus élevées la valeur du 99^{ème} centile. Il s'agit d'un calcul de moyenne robuste par rapport aux valeurs aberrantes. En notant x les valeurs observées et $x_{(k)}$ les k plus petites valeurs (où k correspond au nombre de valeurs affectées par la winsorization), alors la moyenne winsorisée se calcule en utilisant la formule suivante :

$$\bar{x}_{wk} = \frac{1}{n} \left((k+1)x_{(k+1)} + \sum_{i=k+2}^{n-k-1} x_{(i)} + (k+1)x_{(n-k)} \right)$$

La somme des carrés des écarts à la moyenne est définie par :

$$s_{wk}^2 = (k+1)(x_{(k+1)} - \bar{x}_{wk})^2 + \sum_{i=k+2}^{n-k-1} (x_{(i)} - \bar{x}_{wk})^2 + (k+1)(x_{(n-k)} - \bar{x}_{wk})^2$$

et l'écart-type de la moyenne winsorisée par

$$STDERR(\bar{x}_{wk}) = \frac{n-1}{n-2k-1} \frac{s_{wk}}{\sqrt{n(n-1)}}$$

Un intervalle de confiance pour la moyenne est ainsi calculé, à partir du fractile d'une loi de Student à $n-2k-1$ degrés de liberté :

$$\bar{x}_{wk} \pm t_{(1-\alpha/2)} STDERR(\bar{x}_{wk})$$

En règle générale, il est utile de calculer les moyennes robustes par rapport aux valeurs extrêmes. Dans la suite de ce document, toutes les moyennes présentées sont des moyennes winsorisées d'ordre 1 %. L'annexe 1 montre, en effet, que les données relatives au consentement à recevoir se caractérisent par la présence de valeurs extrêmes.

5. Comment comparer les valeurs obtenues par les différents scénarii ?

La troisième étape dans l'estimation des dommages pour la collectivité (après la détermination du champ et du type de la population concernée et ,la question des valeurs extrêmes) consiste à retenir le (ou les) scénario qui servira à estimer les dommages totaux. Or, dans l'enquête sur les nuisances causées par les éoliennes de Sigean, trois scénarii de valorisation coexistent. Le premier fait référence à un consentement à recevoir annuel alors que les deux autres mentionnent un consentement à payer versé une fois pour toutes.

La comparaison entre les scénarii est rendue inextricable par la coexistence de deux difficultés : la comparaison entre un paiement une fois pour toutes et un paiement

annuel et la comparaison entre un consentement à recevoir et un consentement à payer. L'objectif de ces comparaisons est d'examiner la validité relative des différents scénarii.

5.1. Paiement annuel et paiement une fois pour toutes

Une première étape dans la comparaison des divers scénarii consiste à mettre en relation les valeurs obtenues dans le cadre d'horizons temporels différents (Paiement annuel et paiement une fois pour toutes). En raison d'hypothèses liés (CAR et paiement annuel vs CAP et paiement une fois pour toutes), cette comparaison n'est pas possible pour l'enquête sur les éoliennes de Sigean.

En revanche, une autre enquête réalisée par la D4E, l'enquête sur les aménités récréatives procurées par une zone humide intérieure (le lac du Der) rend possible cette comparaison et en révèle les difficultés. En effet, dans cette étude, deux scénarii de consentements à payer renvoient à des horizons temporels différents : un scénario envisage un supplément d'impôts locaux annuel (pendant cinq ans pour l'enquête téléphonique, sans précision pour l'enquête sur place), alors qu'un autre évoque un don volontaire à un fonds sous la forme d'un don unique.

Dans le cas du lac du Der, le consentement à payer moyen qui ressort de l'enquête téléphonique est de 33,17 € pour le scénario "impôts locaux" et de 19,10 € pour le scénario "don à un fonds". Le montant d'impôts locaux représente le flux annuel de dommages (pendant 5 ans pour l'enquête téléphonique) alors que le don à un fonds représente la valeur actualisée des dommages sur une période indéterminée avec un taux d'actualisation inconnu. On s'attendrait donc à ce que la valeur actualisée soit au moins égale à la valeur des dommages pour un an. Or, les consentements à payer moyens montrent que la moyenne des CAP pour le scénario "don à un fonds" est inférieure à celle des CAP pour le scénario "impôts locaux". Cela peut signifier que **les personnes interrogées ne perçoivent pas de différence dans les deux horizons temporels proposés et/ou qu'elles ont des difficultés à actualiser pour proposer une valeur actualisée des dommages**³.

³ Deux autres explications sont envisageables : la formulation des questions n'insiste pas sur la différence des horizons temporels ; cela pourrait aussi révéler un rejet de l'un des scénarii.

5.2. Privilégier le consentement à payer par rapport au consentement à recevoir

Indépendamment du montant du consentement à payer, les comparaisons des les réponses fournies par une même personne aux questions de valorisation des scénarii 1 et 3⁴ permet de privilégier le consentement à payer.

Pour chaque scénario, quatre catégories de réponses peuvent être identifiées:

- les vrais zéros : ce sont des personnes qui ne souhaitent pas recevoir un dédommagement (scénario 1) ou payer (scénario 3) et pour qui la présence des éoliennes n'entraîne aucune variation du niveau d'utilité.
- es faux zéros correspondent à des personnes qui ne souhaitent pas recevoir un dédommagement (scénario 1) ou payer (scénario 3) mais dont on sait qu'elles sont en réalité gênées par les éoliennes de sorte que la présence des éoliennes entraîne en réalité une variation négative de leur niveau d'utilité.
- les consentements à payer (recevoir) strictement positifs (y compris les non-réponses à la question sur le consentement à payer ou recevoir) correspondent à des personnes qui souhaitent recevoir un dédommagement (scénario 1) ou sont prêtes à payer (scénario 3)
- les personnes qui ne fournissent aucune réponse autre que "ne sait pas" aux questions de valorisation.

Parmi les personnes classées comme vrais zéros pour la question relative au consentement à recevoir (traduisant l'absence de gêne ressentie), 60 % sont encore classées comme vrais zéros pour le scénario 3 (consentement à payer), 14 % sont des faux zéros et 23 % déclarent être prêtes à payer.

Parmi les personnes qui désirent percevoir un dédommagement (qu'elles parviennent ou non à formuler le montant que devrait atteindre la compensation), 32 % sont prêtes à payer pour que les éoliennes ne soient pas implantées près de leur domicile, mais 64 % refusent de payer dans le scénario 3, ce qui correspond alors dans deux cas sur trois à une absence de gêne. Quelle que soit la motivation de cette réponse nulle (vraie valorisation ou réponse de protestation devant l'exercice proposé), cela suggère qu'une forte proportion (64 %) des personnes exprimant un consentement à recevoir strictement positif ont un comportement opportuniste dans leur réponse la question sur le consentement à recevoir.

⁴ La comparaison n'inclut pas le scénario 2 pour des raisons explicitées dans la partie 4.3.

Cela incite à ne pas utiliser les valeurs obtenues dans le cadre du scénario 1 relatif au consentement à recevoir, dans le cas de l'enquête sur les éoliennes de Sigean. Cette méfiance vis-à-vis du consentement à recevoir est conforme aux enseignements que l'on peut tirer d'autres études de valorisation présentées dans la littérature.

5.3. Quel scénario retenir : les limites dues aux non-réponses et à la formulation

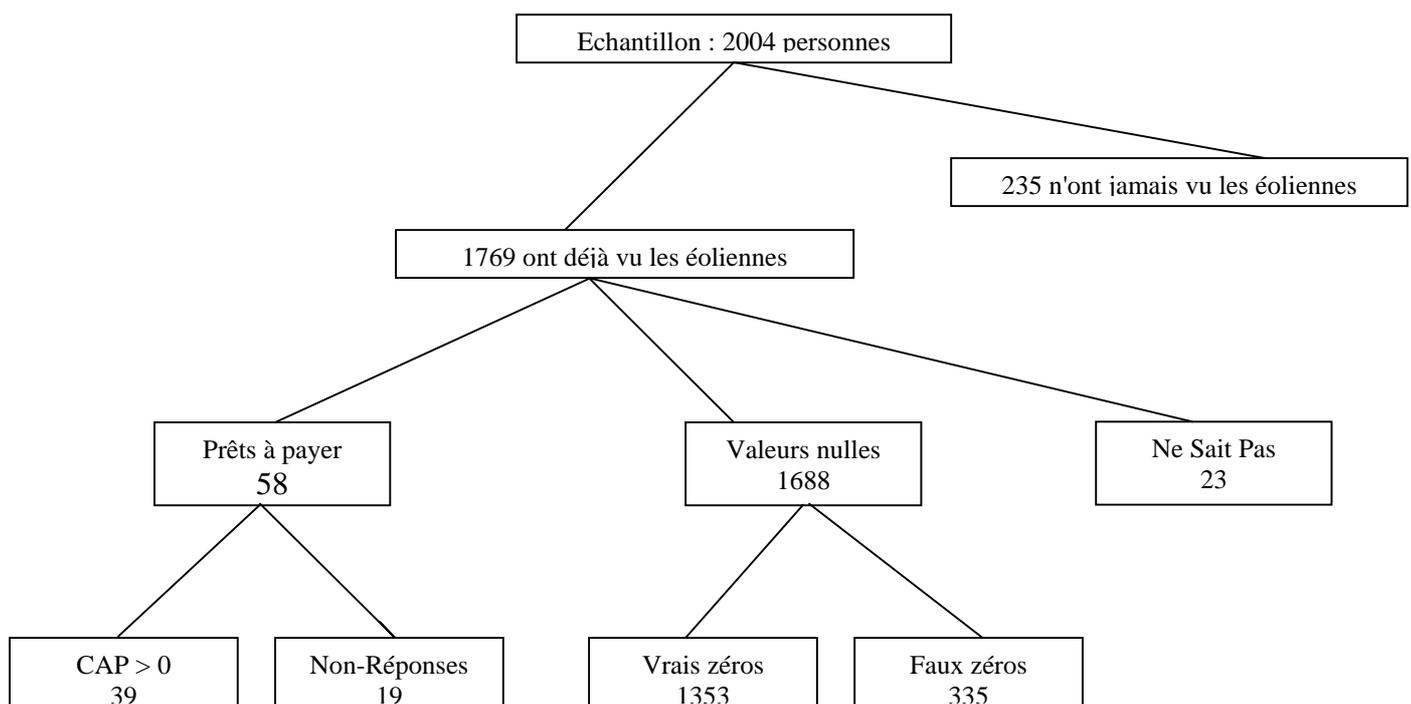
D'un point de vue opérationnel, le **scénario 1** (consentement à recevoir) **n'est pas utilisable pour estimer les dommages** pour la collectivité des éoliennes de Sigean, en raison de comportements stratégiques opportunistes.

Le rejet du scénario 1 dans l'étude sur les éoliennes de Sigean conduit aussi à rejeter le dédommagement (paiement) annuel alors qu'ici, à partir des données disponibles, rien ne permet de privilégier le paiement une fois pour toutes par rapport au paiement annuel.

Une fois écarté le scénario relatif au consentement à recevoir, il reste encore à choisir par les deux scénarii de consentement à payer, correspondant à un paiement une fois pour toutes.

Pour le scénario 2, le graphique 1 ci-dessous présente la structure de l'échantillon.

Graphique 1 – Structure de l'échantillon pour le scénario 2



Pour estimer les dommages moyens à partir du scénario 2 (ou du scénario 3), la démarche suivie (détaillée dans la section suivante) consiste à envisager deux cas possibles :

- toutes les réponses autres les consentements à payer strictement positifs sont considérées comme des valeurs nulles ;
- on affecte aux non-réponses et aux faux-zéros la moyenne des consentements à payer strictement positifs. Les vrais zéros et les "ne sait pas" correspondent à des valeurs nulles.

Or, la deuxième approche paraît la plus pertinente (voir infra). Dans le cas du **scénario 2**, elle consisterait à calculer la **moyenne des 39 consentements à payer** strictement positifs et à utiliser cette valeur **pour** déterminer le "véritable" consentement à payer des **354 non-réponses et faux zéros**. Les limites de cet exercice sont évidentes. **Cela conduit aussi à rejeter le scénario 2 pour un calcul opérationnel des dommages totaux.**

De plus, **la formulation même de la question dans le scénario 2 soulève des difficultés d'interprétation** qui peuvent avoir engendré l'abondance de valeurs nulles. En posant d'emblée l'existence d'un démantèlement, la question n'incite pas à se déclarer prêt à payer.

Ceci milite pour porter une grande attention à la formulation des scénarii proposés et à en tester l'interprétation.

Compte tenu de l'ensemble de ces remarques, **le scénario 3**, qui semble le plus robuste, **sera donc utilisé pour estimer les dommages totaux.**

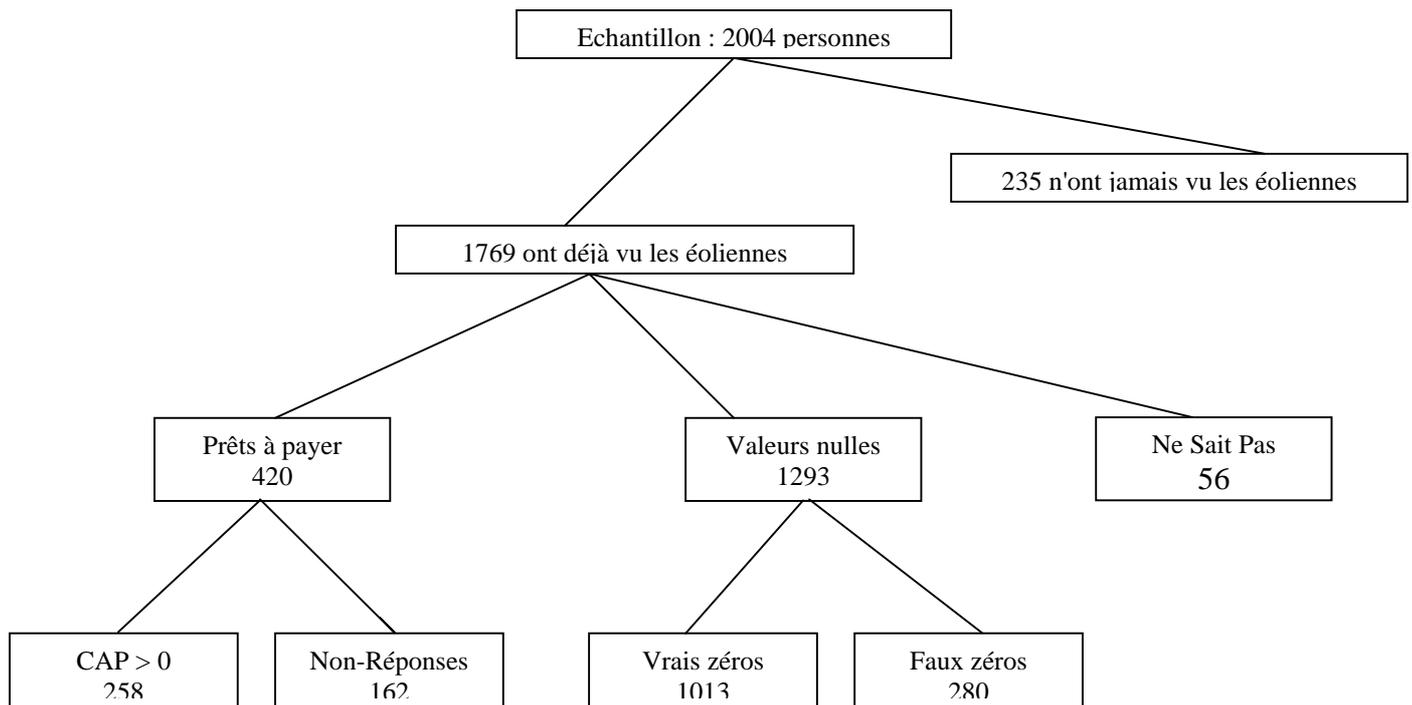
6. Estimation des dommages pour la collectivité causés par les éoliennes de Sigean

Le scénario 3 mesure le consentement à payer des ménages pour qu'un parc éolien semblable à celui de Sigean ne s'installe pas à moins de 1 km de leur domicile. Il s'agit d'une contribution volontaire à un fonds spécifique, versée une fois pour toutes.

Ce consentement à payer mesure ainsi la valeur actualisée nette des dommages présents et futurs.

Le graphique 2 résume la structure de l'échantillon pour le scénario 3.

Graphique 2 – Structure de l'échantillon pour le scénario 3



Le graphique 2 permet de distinguer deux cas (ou hypothèses de calcul) selon la manière de traiter les non-réponses et les faux zéros pour évaluer les dommages moyens, comme l'indique le tableau 2. Seules les moyennes robustes par rapport aux valeurs extrêmes sont présentées.

Dans le cas n°1, les dommages associés aux non-réponses et aux faux zéros sont considérés comme nuls.

Dans le cas n°2, pour le calcul des dommages moyens, les valeurs des consentements à payer strictement positifs sont conservées telles quelles. Les non-réponses à la question sur le CAP pour les personnes qui sont prêtes à payer sont remplacées par la moyenne des CAP strictement positifs ; il en va de même pour les faux zéros. Les personnes qui n'ont pas vu les éoliennes sont exclues du calcul.

Dans les deux cas, ont une valeur nulle : les vrais zéros et les personnes qui ne se prononcent pas.

Tableau 2 – Différents cas pour calculer les dommages totaux

Cas	CAP > 0	CAP > 0 NR	Vrais zéros	Faux zéros	NSP	Pas vu	Echantillon
1	CAP	0	0	0	0	Exclus	1769
2	CAP	CAP moyen	0	CAP moyen	0	Exclus	1769
Effectif	258	162	1013	280	56	235	

6.1. Calcul des dommages totaux

- *Cas 1*

On considère que les personnes qui ne fournissent pas un consentement à payer strictement positif ne sont pas gênées par les éoliennes. Le consentement à recevoir moyen pour l'ensemble de l'échantillon est de 22,58 euros. La valeur des dommages pour la population s'établit donc à :

$$\text{Valeur des dommages} = 22,58 * 25\,725 = 581\,000 \text{ euros}$$

L'intervalle de confiance de niveau 95 % pour le total est : [465 840 ; 696 156].

- *Cas 2*

Par rapport au cas précédent, on affecte aux faux zéros et aux non-réponses à la question sur le consentement à payer la moyenne des consentements à payer strictement positifs⁵.

Le consentement à payer moyen pour l'ensemble de l'échantillon est de 67,34 euros. La valeur des dommages pour la population s'établit donc à :

$$\text{Valeur des dommages} = 67,34 * 25\,725 = 1\,732\,361 \text{ euros}$$

L'intervalle de confiance de niveau 95 % pour le total est : [1 593 610 ; 1 871 110].

⁵ Ce calcul suppose, implicitement, que les faux-zéros, les non-réponses à la question sur le consentement à payer et les consentements à payer strictement positifs correspondent à des personnes interrogées de profils similaires (voir annexe 2).

6.2. Commentaire

La valeur obtenue dans le cas 1 (580 000 euros) est une valeur minimale, très prudente. La valeur du cas 2 est vraisemblablement une valeur plus proche de la réalité. En effet, il est peu vraisemblable que les personnes qui manifestent leur désir de payer mais ne parviennent pas à formuler un montant aient un consentement à payer nul. Le raisonnement est similaire pour les faux zéros. **Le cas 2 du scénario 3 permet donc de proposer la valeur la plus fiable des dommages pour la collectivité causés par les éoliennes de Sigean. Ces dommages seraient donc de l'ordre de 1,730 millions d'euros, ce qui représente environ 20 % des coûts d'investissement.**

7. Conclusion et perspective

L'évaluation des dommages pour la collectivité est un exercice nécessaire mais délicat. Il convient en particulier d'être particulièrement attentif à la détermination de la population (dès le lancement de l'étude), à l'identification et au traitement des valeurs extrêmes et à la comparabilité des scénarii.

Dès la conception de l'enquête et du questionnaire, il est nécessaire de garder à l'esprit les différents points évoqués dans ce document de travail. En particulier, les comportements stratégiques de type opportuniste avec des questions relatives au consentement à recevoir suggèrent que les études futures devraient éviter, dans la mesure du possible, d'utiliser le consentement à recevoir. Par ailleurs, la coexistence de scénarii reposant sur des horizons temporels différents (valeur annuelle versus valeur une fois pour toutes) semble peu souhaitable, mais rien ne permet de privilégier l'une ou l'autre des formules. La formulation de chaque scénario est aussi à peser attentivement.

Les dommages totaux causés par les éoliennes de Sigean sont estimés à 1,730 millions d'euros, soit 20 % du coût d'investissement. Néanmoins, il est utile de rappeler que cette valeur a été déterminée dans un cadre particulier, celui du parc éolien de Sigean/Port-la-Nouvelle, composé de 15 aérogénérateurs.

En effet, constitué notamment au début des années 1990, ce parc n'est pas nécessairement représentatif des parcs éoliens en cours de construction (à la fois en termes de nuisances sonores, mais aussi de hauteur des éoliennes). Par conséquent, les résultats de cette étude ne peuvent pas être généralisés à des sites plus récents, sans être consolidés par des études complémentaires.

Par ailleurs, une étude ultérieure pourrait permettre de relier de façon plus explicite les dommages à la production d'électricité d'origine éolienne. Exprimer les dommages pour la collectivité en fonction de la production du parc de Sigean est délicate pour au moins deux

raisons. D'abord, les dommages obtenus (1,730 millions d'euros) représentent la valeur actualisée des dommages, et il est difficile de les comparer à une production annuelle d'électricité puisque le taux d'actualisation et la période d'actualisation sont inconnues. Ensuite, cette mise en relation suppose que les dommages varient avec le volume de la production. Ceci est peut-être valable pour les nuisances sonores ; en revanche, une fois que les éoliennes sont installées, les nuisances visuelles dépendent peu de la production.

8. Annexe 1 – Scénario 1 : calcul des dommages sans retraitement des valeurs extrêmes

8.1. Calcul des dommages totaux

Pour estimer les dommages totaux, une approche possible consiste à suivre la démarche proposée dans le document de travail de Sylvie Scherrer sur les éoliennes de Sigean en ne retraitant pas les valeurs très élevées. Chacun des cas présenté dans le tableau 2 permet de proposer plusieurs estimations des dommages totaux.

- *Cas 1*

Le consentement à recevoir moyen sur l'échantillon est de 33,5 euros. La valeur des dommages pour la collectivité est donc de

$$\text{Valeur des dommages} = 33,5 * 25\,725 = 861\,790 \text{ euros}$$

- *Cas 2*

La moyenne pour l'ensemble de l'échantillon est de 68,65 euros. La valeur des dommages pour la collectivité est donc :

$$\text{Valeur des dommages} = 68,65 * 25\,725 = 1\,766\,000 \text{ euros}$$

8.2. Calcul des intervalles de confiance

- *Cas 1*

Dans le cas 1 du paragraphe précédent, la moyenne des consentements à recevoir pour l'ensemble de l'échantillon est de 33,5 euros avec un écart-type de 279,2. La variance estimée de l'estimateur du total est calculée en appliquant la formule du paragraphe 1.3.

L'intervalle de confiance de niveau 95 % pour le total est : [527 000 ; 1 197 000].

- *Cas 2*

Dans le cas 4 du paragraphe précédent, la moyenne des consentements à recevoir pour l'ensemble de l'échantillon est de 68,65 euros avec un écart-type de 302,38. La variance estimée de l'estimateur du total est calculée en appliquant la formule du paragraphe 1.3.

L'intervalle de confiance de niveau 95 % pour le total est : [1 403 000 ; 2 128 900].

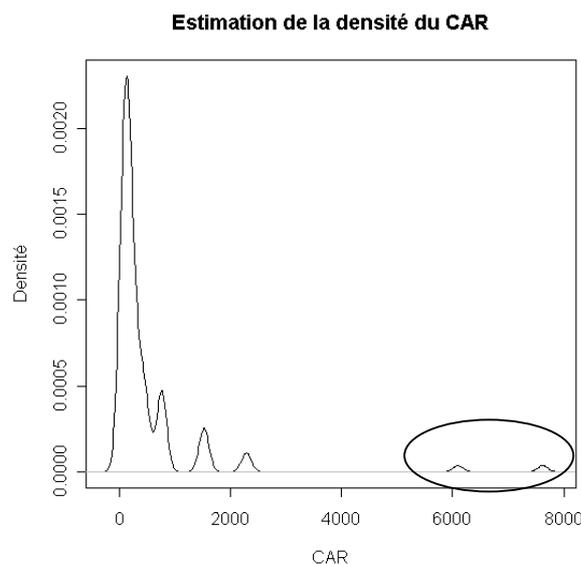
8.3. Les valeurs extrêmes

Le graphique 2 représente la densité estimée (par la méthode du noyau de convolution) du consentement à recevoir.

Ce graphique montre clairement qu'il existe des valeurs extrêmes du consentement à recevoir. Certaines des personnes interrogées estiment à plus de 6000 euros la compensation financière annuelle perçue sous forme de réduction d'impôts locaux nécessaire pour les dédommager de la gêne subie. Vraisemblablement, le montant acquitté chaque année par ces personnes est bien inférieur⁶. Il est possible qu'il s'agisse de valeurs aberrantes.

Face à ce problème, plusieurs attitudes sont possibles. La première consiste à écarter de l'analyse ces valeurs extrêmes au motif qu'il ne s'agit pas de valeurs fiables. La seconde consiste à dire que les personnes interrogées ont commis une erreur en indiquant cette valeur et à remplacer les valeurs aberrantes par la valeur non aberrante la plus élevée.

Graphique 2 – Estimation de la densité du consentement à recevoir



⁶ Pour la majorité d'entre elles, le revenu mensuel du ménage est inférieur à 2000 euros.

9. Annexe 2 – Profils des personnes interrogées pour le scénario 3

Variable	NSP	Vrais zéros	CAP > 0	Faux zéros	Non-réponses
Revenu familial (FF)	11793,48	11493,15	12948,20	12589,63	12764,07
18-24 ans	0,05	0,08	0,09	0,08	0,06
25-34 ans	0,09	0,14	0,22	0,17	0,14
35-49 ans	0,27	0,26	0,33	0,28	0,27
50-64 ans	0,29	0,23	0,19	0,24	0,24
65 ans et plus	0,30	0,30	0,18	0,24	0,28
Agriculteur	0,04	0,03	0,04	0,03	0,01
Artisan/commerçant	0,09	0,08	0,10	0,08	0,08
Prof libérale/cadre supérieur	0,05	0,07	0,12	0,10	0,10
Profession intermédiaire	0,05	0,13	0,18	0,13	0,14
Employé	0,05	0,09	0,12	0,11	0,08
Ouvrier	0,23	0,21	0,18	0,21	0,19
Retraité	0,36	0,32	0,21	0,30	0,33
Autre inactif	0,13	0,07	0,05	0,05	0,06
Homme	0,39	0,49	0,49	0,56	0,51
Nombre d'enfants	1,52	1,54	1,70	1,69	1,60

Un test non-paramétrique de Kruskal-Wallis (analyse de la variance non paramétrique) est réalisé pour chacune des variables présentes dans le tableau suivant. L'hypothèse nulle est : il n'y a pas de différence entre les moyennes des réponses pour les personnes exprimant un consentement à payer strictement positif, une non-réponse ou un faux zéro.

Dans deux cas (65 ans et plus et retraité), ce test indique une différence significative entre les différentes catégories.

Par conséquent, on considérera que les personnes exprimant un CAP strictement positif, une non-réponse ou un faux zéro ont des profils similaires en termes de variables socio-économiques.