



anses

Imputabilité à un champ d'éoliennes d'effets rapportés dans deux élevages bovins

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Octobre 2021



CONNAÎTRE, ÉVALUER, PROTÉGER

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 13 octobre 2021

AVIS **de l'Agence nationale de sécurité sanitaire** **de l'alimentation, de l'environnement et du travail**

relatif à « l'imputabilité à la présence d'un champ d'éoliennes de troubles rapportés dans deux élevages bovins »

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.

L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part à l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).

Ses avis sont publiés sur son site internet.

L'Anses a été saisie le 3 mai 2019 par le Ministère de la Transition écologique et solidaire et le Ministère de l'agriculture et de l'alimentation pour la réalisation de l'expertise suivante : « imputabilité à la présence d'un champ d'éoliennes de troubles rapportés dans deux élevages bovins ».

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

Selon la saisine, des troubles dans deux élevages bovins ont été rapportés comme concomitants à la construction en 2012 du parc éolien des Quatre Seigneurs, constitué de huit éoliennes situées sur quatre communes de Loire-Atlantique, à respectivement 800 et 1 300 mètres des deux élevages bovins. Sont décrits « *des troubles du comportement des animaux, une diminution de la qualité et de la quantité de lait, des cas de mammites, un problème de vêlage (mort de veau ante partum ou in utero) et/ou des pertes de bétail* ».

Plusieurs expertises ont été réalisées, en lien notamment avec la mise en place d'un protocole du groupe permanent de sécurité électrique en milieu agricole (GPSE) en 2015. Les expertises ont porté sur les volets zootechniques, vétérinaires et électriques, ainsi que sur des mesures d'infrasons, une évaluation du contexte géologique et une analyse des eaux de forage.

La saisine indique qu'« *une étude comportementale et d'analyses bactériologiques va être confiée à l'Ecole vétérinaire Oniris de Nantes en vue de compléter les audits vétérinaires déjà effectués* ».

La saisine précise par ailleurs qu'un autre élevage de vaches laitières en Loire-Atlantique connaît depuis un peu plus d'un an (par rapport à la date de la saisine) des troubles de production de lait que l'exploitant attribue à la mise en service du parc éolien de Conquereuil situé à 1,5 km ; il n'a pas fait l'objet d'investigations à la date de la saisine.

Selon les termes de la saisine, celle-ci « *intervient dans un contexte de tension au niveau local, sur un sujet politiquement sensible et alors que le besoin d'objectivation est particulièrement prégnant* ».

Il est demandé à l'Anses :

- a. « *D'échanger dans un premier temps avec les experts d'Oniris pour l'élaboration du protocole d'étude qui sera mis en œuvre pour documenter les cas avec l'ensemble des informations susceptibles d'alimenter le travail d'expertise de l'Agence.* »
Cette étape n'a pas pu être réalisée, le protocole ayant déjà été mis en œuvre à la date de réception de la saisine.
- b. « *De procéder à la recherche et l'analyse documentaire en vue d'établir le score bibliographique de l'étude d'imputabilité.*
- c. « *D'analyser, sur la base des résultats des différentes études, l'imputabilité aux éoliennes des troubles rapportés dans les deux élevages bovins* ».

L'analyse de l'imputabilité étant exclusivement demandée pour les fermes de M. et Mme Potiron (EARL du Lody) et de Mme Bouvet, comme précisé avec le demandeur, le troisième élevage cité dans la saisine, situé près du parc de Conquereuil, ne rentre pas dans le champ de l'expertise.

En outre, l'expertise porte exclusivement sur les aspects relatifs à la santé des bovins de ces deux élevages, l'Anses n'étant pas ici saisie sur des questions liées à d'autres élevages, à la santé humaine ou à la santé d'autres espèces animales.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'Anses a confié l'instruction de cette saisine au groupe de travail (GT) « Imputabilité éoliennes », constitué après appel public à candidatures et rattaché au Comité d'experts spécialisé (CES) « Santé et Bien-être des Animaux » (SABA). Le GT s'est réuni 18 fois entre le 22 avril 2020 et le 16 juin 2021. Les travaux d'expertise du GT ont été présentés au CES SABA, tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques, les 6/10/2020, 12/01, 04/04 et 11/05/2021. Ces travaux ont également été présentés au CES « Agents physiques et nouvelles technologies » (AP) pour information et commentaires les 15/04 et 17/06/2021. Le rapport produit par le GT tient compte des observations et éléments complémentaires transmis

par les membres des deux CES. Ces travaux ont été validés par le CES SABA réuni le 06/07/2021.

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise. Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet : <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ». Elle a porté sur les points suivants, détaillés dans le rapport du GT :

- une sollicitation des points focaux de l'EFSA¹, afin de savoir si d'autres pays européens disposaient d'informations sur d'éventuels troubles en élevage (bovin et autres espèces) en lien avec des parcs éoliens ;
- une analyse approfondie d'une cinquantaine de documents transmis à l'Anses (cf. liste détaillée en annexe 2 du rapport associé au présent avis), portant sur des aspects sanitaires et zootechniques dans les deux élevages, ainsi que sur des mesures d'agents physiques sur le site, aussi bien dans les bâtiments que dans les pâtures des deux élevages. Les données d'intérêt issues de ces documents ont été utilisées par les experts ;
- les auditions de plusieurs personnalités extérieures, en lien avec la problématique de ces deux élevages et de parties prenantes, listées dans le rapport du GT. Des informations issues de ces auditions ont été prises en compte pour les travaux du GT ;
- une recherche bibliographique, en vue d'identifier les connaissances scientifiques disponibles sur les agents physiques étudiés et les effets associés chez les animaux. L'objectif n'était cependant pas de réaliser une revue de littérature (approfondie ou systématique) relative aux éventuels liens entre éoliennes et troubles chez les animaux ;
- une évaluation de l'analyse statistique réalisée dans deux des rapports transmis, ayant suscité des interrogations du GT sur leurs approches et interprétations statistiques. Cette évaluation a été réalisée avec l'appui statistique de l'Unité Méthodologie et études (UME) de l'Anses ;
- l'analyse de méthodes d'imputabilité existantes, en vue d'élaborer une méthode d'imputabilité permettant de prendre en compte le contexte temporel d'exposition, d'une part, et les agents physiques considérés, d'autre part ;
- la mise en œuvre de la méthode d'imputabilité ainsi développée et l'analyse des résultats obtenus.

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES SABA ET DU GT

Ce chapitre présente une synthèse des résultats du GT, ainsi qu'une synthèse de la réponse à la question et des recommandations issues de l'expertise collective du GT et du CES SABA, chargés de répondre à la saisine. Pour les détails de cette expertise, il convient de se reporter au rapport associé au présent avis.

Dans le présent avis, comme dans le rapport d'expertise collective associé, il convient d'attirer l'attention du lecteur sur l'importance de ne pas extraire de son contexte tout ou partie de phrase, paragraphe ou chapitre, au risque d'altérer le sens donné aux propos des experts.

¹ Le réseau des points de contact (ou points focaux) auprès de l'EFSA est composé de membres issus des 27 Etats membres de l'UE, plus l'Islande et la Norvège, ainsi que d'observateurs représentant la Suisse et les pays en phase de préadhésion à l'UE.

3.1. Historique de la situation et des interventions effectuées dans les deux élevages bovins et le parc éolien

L'élevage de Mme Bouvet était composé, en 2012, d'une trentaine de vaches Prim'Holstein en production, entretenues alternativement au pâturage et dans une stabulation avec aire paillée intégrale, et de jeunes animaux de renouvellement. L'élevage de M. et Mme Potiron était constitué en 2012 de 70 à 75 vaches de race Normande en lactation, de vaches allaitantes de race Charolaise et de jeunes bovins d'élevage et d'engraissement.

L'historique de la situation à l'origine de la saisine (cf. Figure 2, Annexe 1), détaillé dans le rapport, est en lien avec les travaux de construction du parc éolien des Quatre Seigneurs, qui ont débuté en août 2012 pour aboutir à des tests de mise en service et de démarrage des éoliennes en juin 2013, suivis par leur mise en service progressive à partir du 28 juin 2013. Deux élevages ont rapporté des troubles chez leurs bovins en octobre 2012, suivis d'une aggravation en juillet 2013. Après information et réunion avec la préfecture en 2014, plusieurs études ont été conduites entre 2015 et 2019 :

- mai 2015 : mise en place d'un protocole GPSE, pour une durée d'un an, comprenant trois audits des élevages (sanitaire, zootechnique et installations électriques), ainsi que des investigations complémentaires (mesures d'infrasons, contrôle et essai de déconnexion de câbles, tests de déconnexion d'écrans², évaluation géologique) ;
- début 2017 : mesures de tensions, de courants de fuite, de champs électromagnétiques (CEM) et de vibrations ;
- début 2019 : vérification des installations électriques dans les deux élevages, tests de coupures des lignes équipotentielles inter-éoliennes, mesures de champs électriques (CE) et magnétiques (CM) et de courants parasites, évaluations technico-économique, sanitaire et comportementale des deux élevages bovins, évaluation par des géobiologues.

3.2. Description du site de l'étude. Agents physiques générés par les éoliennes

3.2.1. Description du site

Le parc des Quatre Seigneurs est composé de huit éoliennes, dont chacune développe une puissance maximale de 2 MW, soit un total de 16 MW. Les éoliennes sont raccordées entre elles par des câbles électriques souterrains HTA (Haute tension A) de 20 kV vers un unique poste de livraison (PdL) installé à proximité de l'éolienne E4. Ce PdL est relié au poste source de Nort-sur-Erdre par une liaison HTA 20 kV dédiée construite sous la maîtrise d'ouvrage d'Enedis.

La ferme de Mme Bouvet se situe au sud du parc éolien des Quatre Seigneurs, à environ 1 500 m des éoliennes les plus proches (E4 et E8). Plusieurs parcelles se répartissent à proximité immédiate des bâtiments d'élevage, pour les vaches laitières (VL), et à distance des bâtiments, notamment, selon les informations transmises par Mme Bouvet :

- une parcelle à proximité de E4, dédiée uniquement à des cultures,
- une parcelle entre E3 et E7, plus proche de E3, et une parcelle à l'est de E7, toutes dédiées aux génisses, vaches taries et cultures.

Les bâtiments de la ferme de M. et Mme Potiron se situent à l'ouest du parc éolien, à 700 m des éoliennes les plus proches (E1 et E2). Le parcellaire est morcelé, comprenant notamment, selon les informations transmises par M. et Mme Potiron :

- des parcelles à proximité immédiate des bâtiments d'élevage pour les vaches laitières,
- des parcelles proches de E1 où vont pâturer des bœufs et des génisses. Les animaux à l'engraissement se situent également à proximité de E1,
- une parcelle à proximité immédiate de E6, dédiée aux bœufs,
- une parcelle incluant E3 dédiée à des vaches allaitantes.

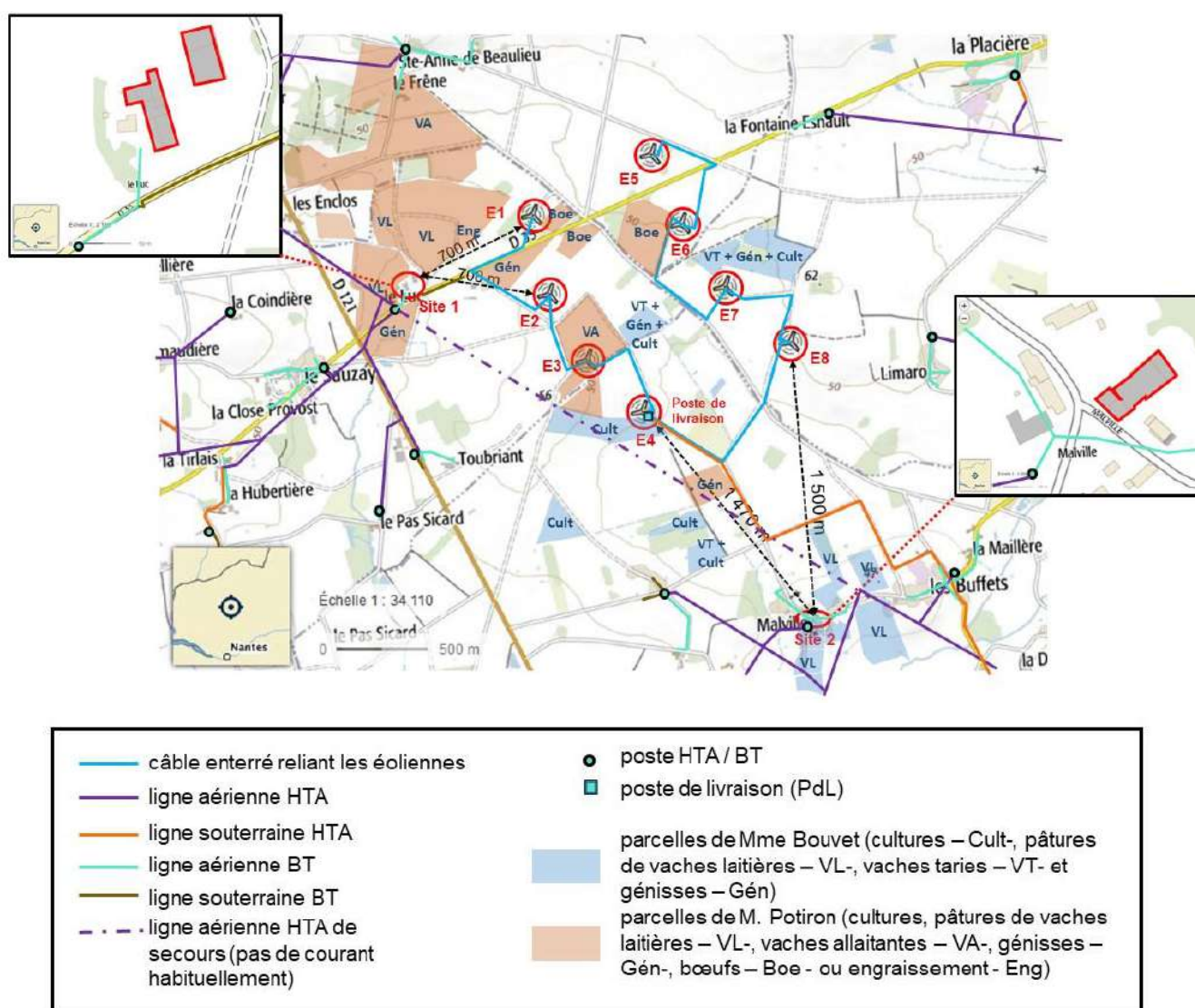
² Dispositif, métallique magnétique ou non, destiné à confiner un champ électromagnétique à l'intérieur d'un câble électrique

La ferme de Mme Bouvet est raccordée à un poste de transformation HTA/BT (basse tension) lui-même relié au poste source de Nort-sur-Erdre, tandis que la ferme de M. et Mme Potiron est rattachée à un autre poste source plus au nord.

Le parc éolien des Quatre Seigneurs repose sur une couche de schistes relativement homogène. L'exploitation de M. et Mme Potiron se situe sur la même couche tandis qu'une grande faille de chevauchement s'interpose avec l'exploitation de Mme Bouvet. L'étude géotechnique à l'endroit de chaque éolienne a montré que la perméabilité de la roche est faible et ne favorise pas l'écoulement rapide des eaux souterraines. Le GT rappelle également que ce type de roche est électriquement un milliard de fois plus résistant que le cuivre des câbles.

La Figure 1 ci-dessous, réalisée par l'Anses sur la base des données disponibles³, synthétise la localisation (1) du parc éolien des Quatre Seigneurs, (2) des deux élevages, les bâtiments, les parcelles et le type de bovins y pâturent, et (3) le réseau électrique environnant.

Figure 1 : Localisation du parc éolien, des deux fermes et du réseau électrique environnant



³ Documents transmis à l'Anses, service de cartographie Enedis, RTE, géoportail.gouv.fr et données fournies par les éleveurs et ABO Wind / KGAL

3.2.2. Agents physiques générés par les éoliennes

Le GT n'a pas retenu les aspects visuels liés aux éoliennes du fait des capacités visuelles des bovins, à la fois myopes, presbytes et astigmates, qui perçoivent les mouvements avec une précision moindre que l'être humain.

Les experts ont retenu :

- Les champs électromagnétiques (CEM), présents au niveau des éoliennes, en liaison avec les équipements de production et de transformation, situés dans la nacelle à une centaine de mètres de hauteur, et de transport de l'électricité ;
- Les courants parasites, qui peuvent être induits par les CEM, mais également liés à des pertes électriques, des couplages entre des installations électriques et des éléments métalliques, des défauts de mise à la terre, etc. Deux types de trajet du courant doivent être pris en compte : (1) les « tensions de contact » d'un élément métallique (abreuvoir, cornadis...) pour lesquelles le courant traverse l'animal et retourne au sol par les membres, et (2) les « tensions de pas », qui surviennent lorsqu'un courant s'établit entre les membres antérieurs et postérieurs d'un animal ;
- Les ondes acoustiques audibles et non audibles (infrasons), dont les éoliennes constituent l'une des sources, du fait du fonctionnement de tous les éléments présents dans la nacelle et du mouvement de l'air autour de chaque pale ;
- Les vibrations du sol, liées à l'éolienne elle-même (massif de fondation, mât, nacelle et pales) et au mouvement du rotor.

Le GT souligne que, pour chacun de ces quatre agents physiques, il existe d'autres sources potentiellement présentes dans l'environnement du site et susceptibles de contribuer aux expositions. À titre d'exemple, des CEM sont émis par les installations électriques des bâtiments, les appareils électriques utilisés, les clôtures électrifiées, les lignes électriques, etc. Les courants parasites peuvent résulter d'une mise à la terre défectueuse, d'une mauvaise isolation ou de mauvais branchements électriques. Des infrasons sont émis par le vent, la végétation (sous l'effet du vent), les trains, le trafic routier ou les activités agricoles motorisées. Des vibrations peuvent provenir des trafics routier et ferroviaire, des engins et véhicules agricoles, de la machine à traire et du robot de traite, etc. Ces sources sont prises en compte au travers des niveaux d'exposition à chaque agent physique mesurés dans les divers rapports retenus, niveaux auxquels sont ensuite comparées les contributions associées aux éoliennes pour chacun de ces agents.

En résumé, compte tenu de la description du site de l'étude, de la localisation des éoliennes et des câbles qui les relient jusqu'au PdL, d'où part un câble enterré vers le poste source, ainsi que des deux élevages (bâtiments, pâtures, répartition des bovins sur ces pâtures, etc.), il est apparu nécessaire aux experts que l'application de la méthode d'imputabilité porte non seulement sur les éoliennes elles-mêmes, mais également sur les câbles inter-éoliennes, le PdL et le câble d'Enedis qui relie le PdL du parc éolien au poste source et longe une partie des parcelles de Mme Bouvet.

Concernant les agents physiques générés par les éoliennes, les experts ont retenu : les CEM, les courants parasites, les infrasons et les vibrations, qui sont tous pris en compte dans l'analyse de l'imputabilité aux éoliennes des troubles rapportés dans ces deux élevages bovins.

3.3. Troubles rapportés et/ou objectivés dans les deux élevages

À partir de l'analyse approfondie des documents mis à sa disposition, le GT a répertorié les différents troubles rapportés et/ou objectivés dans les deux élevages. En dépit de leur qualité souvent inégale, plusieurs documents ont permis aux experts de disposer de données utiles et nécessaires pour :

- poser les bases de ces troubles ;
- connaître éventuellement l'historique, la chronologie et le développement au cours du temps ;

- déterminer si d'éventuelles investigations pour en connaître la cause avaient été conduites et quels en avaient été les résultats ;
- connaître les conclusions et/ou mesures correctives qui avaient pu être apportées à ces troubles.

Les experts se sont également appuyés sur les différents témoignages et éléments rapportés par les éleveurs, repris textuellement dans certains rapports, sur des enregistrements vidéo fournis par Mme Bouvet, sur les auditions des éleveurs, ainsi que sur celles conduites auprès de différents intervenants.

Certains troubles sont communs aux deux élevages, tout en présentant des spécificités propres à chacun, alors que d'autres ne se manifestent que dans l'une ou l'autre des deux exploitations. Il convient d'ailleurs de considérer sur ce point que chacun des élevages présente ses propres particularités, qui relèvent d'une manière générale de la typologie et de la structure de chacun et, d'une manière plus particulière, de la conduite du troupeau, sa gestion et les pratiques individuelles mises en œuvre par les éleveurs. Si un certain nombre de données sanitaires sont accessibles pour l'élevage de Mme Bouvet, les données sanitaires objectives et leur historique sont lacunaires chez M. et Mme Potiron, qui ont moins recours à l'assistance de leur vétérinaire traitant et interviennent davantage eux-mêmes sur leurs animaux.

Pour chaque élevage, l'ensemble des troubles évoqués a donc été repris, détaillé et analysé à partir de données souvent disparates et de fiabilité variable. Pour certains troubles, les mêmes données étaient parfois disponibles dans différents documents, ce qui a permis au GT de les croiser et de les vérifier, afin de ne conserver que celles qui s'avéraient fiables et objectives. Ainsi, le GT a pu caractériser deux grandes catégories de troubles : d'une part, les troubles objectivés et/ou confirmés, tout en rappelant que le degré d'objectivation peut être variable selon les cas et, d'autre part, les troubles rapportés.

Plusieurs troubles ne sont confirmés ni par des témoignages de tiers, ni par des documents fournis au GT : il s'agit des troubles cardiaques, du franchissement des barbelés par les bovins chez Mme Bouvet, des troubles du comportement en pâture et des troubles de reproduction des vaches allaitantes chez M. et Mme Potiron. En l'absence complète de données sur ces troubles, il n'est pas possible d'appliquer la méthode d'imputabilité et ils n'ont donc pas été retenus par le GT.

Les troubles retenus par le GT pour l'attribution d'un score d'imputabilité sont les suivants :

- chez Mme Bouvet, mammites et altération de qualité du lait, baisse de production de lait, troubles de la reproduction, troubles du comportement (refus d'avancer sur la route, évitement d'un quai de traite), retards de croissance des veaux,
- chez M. et Mme Potiron, mammites et altération de qualité du lait, baisse de production de lait, troubles de la reproduction chez les vaches laitières, troubles du comportement, retards de croissance, mortalités et boiteries.

3.4. Élaboration d'une méthode d'imputabilité au parc éolien des Quatre Seigneurs de troubles observés dans deux élevages bovins

Afin d'évaluer un lien de causalité entre une exposition à une substance et des effets, il convient d'avoir recours à une méthode d'imputabilité basée sur différents critères qui, considérés conjointement, conduisent à une conclusion objective et reproductible allant, selon les cas, de l'exclusion à une probabilité plus ou moins élevée de lien de cause à effet. Ces critères reprennent en particulier les principales conditions de Hill et Evans reliant deux événements, qui caractérisent une relation de cause à effet : (1) l'antériorité du facteur sur l'effet, (2) une association facteur – effet suffisamment forte, et (3) l'absence d'autres facteurs (de confusion).

Pour répondre à la question de la saisine, le GT a élaboré, dans un délai très contraint, une méthode spécifique d'imputabilité adaptée au cas étudié. En effet, les méthodes d'imputabilité existantes portent toutes sur l'effet de substances et non sur celui d'agents physiques. Après analyse de trois méthodes de vigilance disponibles et appliquées en France en nutrivigilance,

pharmacovigilance vétérinaire et en toxicovigilance, cette méthode spécifique a été construite par les experts du GT et présentée aux CES SABA et AP. Elle permet d'attribuer une imputabilité, allant d'exclue (I0) à très probable (I4)⁴, à un couple agent physique – trouble(s). Pour cela, elle s'appuie sur un arbre décisionnel, inspiré de la méthode de toxicovigilance, dans lequel sont évalués, de manière indépendante, l'exposition à l'agent physique considéré (niveau d'exposition et part attribuable de l'exposition aux éoliennes), la chronologie des troubles, le diagnostic différentiel et la documentation dans la bibliographie du lien entre agent physique et trouble(s) (cf. Tableau 1 et Figure 3 Annexe 2). Plus précisément :

- l'exposition aux agents physiques est un phénomène quasi permanent, correspondant à un bruit de fond ou niveau ambiant. L'exposition à un même agent physique provient de diverses sources, naturelles ou non. Pour une source donnée, l'exposition pourra varier en fonction du niveau d'émission du(des) agent(s) physique(s) et de la distance par rapport à la source. Dans ce contexte, il peut s'avérer difficile de caractériser spécifiquement l'exposition aux éoliennes et aux agents physiques qu'elles génèrent. Pour tenir compte de ces particularités, le GT a identifié deux déterminants : le niveau d'exposition (à l'agent physique considéré) et la part attribuable aux éoliennes dans le cas de la saisine ;
- la chronologie, entre exposition et apparition d'effets, constitue un déterminant essentiel pour attribuer une imputabilité, quelle que soit la méthode considérée. Pour pouvoir établir un score chronologique, il est ainsi indispensable de disposer de données fiables antérieures et postérieures à l'exposition à l'agent considéré et, le cas échéant, de données de réexposition à cet agent ;
- le diagnostic différentiel (ou autres causes possibles des troubles) : dans une méthode d'imputabilité, il est nécessaire de prendre en compte les différentes causes possibles des troubles observés et non de se restreindre à l'hypothèse causale des seuls agents incriminés. Dans le cas des élevages étudiés il s'agit des agents infectieux ou parasitaires, d'une origine alimentaire, etc.
- la bibliographie : elle peut appuyer l'imputabilité d'un cas lorsque le lien entre exposition à un agent et troubles observés a clairement été identifié et rapporté, *a fortiori* dans plusieurs publications aux conclusions convergentes. Néanmoins, l'absence de données bibliographiques sur un effet lié à un agent ne signifie pas que cet effet n'existe pas. Il peut en effet s'agir d'un phénomène émergent. De plus, tous les cas ne font pas l'objet de publications. Dans ce cadre, les différentes vigilances peuvent contribuer à identifier un problème émergent par l'enregistrement des cas, dont la répétition peut attirer l'attention.

Un niveau d'incertitude (*ii*) global a été associé à chaque score d'imputabilité par le GT, en s'appuyant sur les (*ii*) des principaux déterminants « niveaux d'exposition », « part attribuable aux éoliennes » et « chronologie ». Pour les déterminants « diagnostic différentiel » et « bibliographie », le GT a choisi de ne pas attribuer de niveau d'incertitude, inclus de fait dans leurs qualificatifs (options de réponse des déterminants). Ce niveau d'incertitude peut être faible *ii* = 1 / moyen = 2 / élevé = 3. Un (*ii*) de 4 correspond à un manque de données qui ne permet pas d'attribuer un score d'imputabilité (cf. Tableau 2 Annexe 2). Le cas échéant, il est précisé si cette incertitude est associée principalement à un déterminant, à un manque de données... ou dans quel sens l'incertitude a orienté une notation : a-t-elle conduit à surestimer, ou à sous-estimer le déterminant.

Il convient de souligner que, étant donné le délai contraint d'instruction de la saisine, cette méthode d'imputabilité n'a pas pu être testée pour des cas autres que celui du parc éolien des Quatre Seigneurs et des deux élevages objets de la saisine. Par conséquent, son application à d'autres sites où des animaux seraient exposés à des éoliennes pourrait nécessiter d'autres développements.

⁴ L'imputabilité peut être I0 = exclue, I1 = non exclue/douteuse, I2 = possible, I3 = probable, I4 = très probable

3.5. Application de la méthode au cas du parc éolien et des deux élevages objets de la saisine : réponse à la question

Pour répondre à la question de l'imputabilité objet de la saisine, le GT s'est appuyé sur les documents transmis à l'Agence, ainsi que sur les auditions des principaux acteurs de ce dossier. Les experts soulignent toutefois les difficultés à disposer, pour certains troubles rapportés et agents physiques étudiés, de données fiables, complètes et utilisables pour évaluer cette imputabilité, compte tenu de l'ancienneté du dossier (près de dix ans après les premières investigations) et du caractère morcelé des informations disponibles.

Les auditions des éleveurs concernés ont permis d'apporter un certain nombre d'informations complémentaires utiles au traitement de la saisine, et d'entendre la détresse de ces éleveurs face à cette situation qui dure depuis de nombreuses années.

Sur la base des données disponibles, les experts ont pu décrire les caractéristiques du parc éolien et identifier les troubles objectivés dans les deux élevages. Comme indiqué précédemment, certains troubles, peu nombreux, relevant des seules déclarations des éleveurs n'ont pas été retenus. Les documents ont également permis de disposer de mesures pour évaluer le niveau d'exposition aux agents physiques considérés et la part attribuable aux éoliennes. Des simulations réalisées par le GT ont permis de préciser cette part attribuable.

Il convient de noter que plusieurs rapports n'ont pas été retenus :

- Deux rapports d'analyse statistique (1) sur la relation entre la production électrique du parc éolien et les performances d'élevage, et (2) sur l'évolution des performances d'élevage – période 28 février / 8 mars 2017, i.e. lors d'un arrêt des éoliennes. Ces rapports ont fait l'objet d'une analyse critique par l'unité d'appui méthodologique de l'Anses, du fait d'interrogations du GT sur leurs approches et interprétations statistiques (cf. annexe 5 du rapport du GT) et n'ont pas été retenus du fait d'inexactitudes méthodologiques.
- Les trois rapports de géobiologues⁵, après analyse par le GT. Ces rapports présentent des limites méthodologiques majeures : objectifs et méthodes/protocoles non présentés, confusion entre les mesures de flux magnétique et de courant induits, manque de maîtrise des notions électromagnétiques élémentaires, forte incertitude sur les mesures, liée à la qualité limitée des instruments de mesures, erreurs de calcul sur les chutes de tension dans la câblette⁶. L'un d'eux présente des photos de « dispositifs correcteurs » non identifiés, sans texte, ni explication. Les deux autres s'appuient sur le ressenti de leurs auteurs, qu'ils ont eu du mal à expliciter lors de leur audition. Or un ressenti est difficilement contestable et objectivable, car il ne résulte pas d'une démarche scientifique. De plus, sur la base des informations disponibles, le GT indique que le massif sur lequel repose le parc éolien des Quatre Seigneurs présente des caractéristiques physiques homogènes. La circulation d'eau est donc assez faible dans la roche elle-même, contrairement à des visions présentées dans certains rapports, évoquant des « failles d'eau » : il s'agit plus d'une circulation d'eau particulière, i.e. d'une percolation, que d'une circulation dans « des rivières souterraines » ou des « failles ». Seule une étude géologique et hydrogéologique aurait néanmoins permis de caractériser précisément le sous-sol des élevages.

⁵ Comme indiqué dans un récent rapport de l'Office parlementaire des choix scientifiques et technologiques [OPECST, mars 2021], la géobiologie se présente « comme une discipline qui traite des relations entre le vivant d'une part et, d'autre part, l'environnement, les constructions et les modes de vie ». Elle y est mentionnée comme « une discipline non scientifique, reposant en partie sur des méthodes scientifiques [et faisant] aussi appel à la subjectivité et au ressenti ».

⁶ Nom donné par le constructeur du parc éolien au câble en cuivre nu réalisant une équipotentielle entre les différentes éoliennes et le poste de livraison

L'application de la méthode d'imputabilité élaborée par le GT au cas des deux élevages a fourni les résultats présentés ci-dessous, et dans les tableaux en Annexe 4.

■ **Élevage de Mme Bouvet**

L'imputabilité aux CEM générés par les éoliennes sur les troubles objectivés dans cet élevage est exclue (I0), en bâtiments comme en pâture, avec un niveau d'incertitude faible ($ii = 1$), compte tenu d'un niveau d'exposition estimé habituel et d'une part attribuable aux éoliennes minoritaire (Tableau 3 Annexe 3). En bâtiment, les CEM proviennent des installations et appareils électriques de l'exploitation.

L'imputabilité aux courants parasites générés par les éoliennes sur les troubles objectivés dans cet élevage est exclue (I0) en pâture, avec un niveau d'incertitude moyen ($ii=2$), compte tenu d'un niveau d'exposition estimé habituel et d'une part attribuable aux éoliennes minoritaire.

En bâtiment, le manque de données chronologiques sur les retards de croissance et les troubles du comportement n'a pas permis de leur attribuer un score d'imputabilité ($ii=4$). Pour les autres troubles (mammites et qualité du lait, baisse de production de lait, troubles de reproduction), l'imputabilité est exclue (I0) du fait d'une chronologie incompatible avec la construction et la mise en service des éoliennes, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$) (Tableau 4 Annexe 3).

L'imputabilité aux infrasons générés par les éoliennes en bâtiment est exclue (I0), les niveaux d'exposition étant habituels et la part attribuable aux éoliennes minoritaire, avec un niveau d'incertitude moyen ($ii=2$) du fait de plusieurs limites des mesures, en particulier l'intervalle des fréquences mesurées qui ne recouvre que partiellement le spectre d'émission infrasonore des éoliennes.

En pâture, le manque de données chronologiques sur les troubles du comportement n'a pas permis de leur attribuer un score d'imputabilité ($ii=4$). Pour les autres troubles (mammites et qualité du lait, baisse de production de lait, troubles de reproduction), l'imputabilité est exclue (I0) du fait d'une chronologie incompatible avec la construction et la mise en service des éoliennes, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$) (Tableau 5 Annexe 3).

L'imputabilité aux vibrations générées par les éoliennes est exclue (I0), en bâtiments comme en pâture, compte tenu d'un niveau d'exposition habituel et d'une part attribuable aux éoliennes minoritaire, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$) (Tableau 6 Annexe 3).

■ **Elevage de M. et Mme Potiron**

L'imputabilité aux CEM générés par les éoliennes est exclue (I0) en bâtiments et dans les pâtures des vaches laitières à proximité des bâtiments, compte tenu d'un niveau d'exposition habituel et d'une part attribuable aux éoliennes minoritaire, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$). Les CEM en bâtiment proviennent des installations et appareils électriques de l'exploitation.

Dans les pâtures au pied des éoliennes (i.e. pour les bœufs, génisses et vaches allaitantes), où la part attribuable aux éoliennes est majoritaire :

(a) le manque de données chronologiques pour les retards de croissance et l'absence de données sur les troubles du comportement en pâtures n'ont pas permis d'attribuer un score d'imputabilité ($ii=4$),

(b) l'imputabilité a été exclue (I0) pour les mortalités du fait d'une chronologie incompatible, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$) (Tableau 7 Annexe 3).

Concernant l'imputabilité aux courants parasites, elle est exclue (I0), en bâtiment et en pâture, pour les mammites et la qualité du lait, la baisse de production de lait, les troubles de la reproduction et les mortalités du fait d'une chronologie incompatible, avec un niveau d'incertitude moyen ($ii=2$) pour mammites et qualité du lait et faible ($ii=1$) pour les autres troubles.

L'imputabilité est exclue pour les boiteries en pâture pour les VL autour des bâtiments du fait du niveau d'exposition habituel et de la part attribuable aux éoliennes minoritaire, avec un niveau d'incertitude moyen ($ii=2$).

Pour les troubles du comportement en bâtiment, l'imputabilité est non exclue/douteuse (I1). Le GT a attribué un niveau d'incertitude élevé ($ii=3$) à ce score, en évaluant l'impact de cette incertitude, compte tenu des arguments suivants :

- pour les troubles du comportement, les incertitudes sont importantes car liées aux autres causes non étudiées (entretien robot, météorologie, mouches, primipares, etc.).
- pour l'exposition en bâtiment, la part attribuable aux éoliennes est, quasi certainement, nulle. L'incertitude est donc très faible sur la part négligeable attribuable aux éoliennes et sur le fait que les courants parasites à l'intérieur des bâtiments proviennent des installations électriques.

De ce fait, l'impact de cette incertitude se traduit par une surestimation du rôle des éoliennes. Le manque de données chronologiques pour les boiteries en bâtiment et les retards de croissance ainsi que l'absence de données sur les troubles du comportement en pâtures n'ont pas permis d'attribuer un score d'imputabilité ($ii=4$) (Tableau 8 Annexe 3).

L'imputabilité aux infrasons générés par les éoliennes est exclue (I0) en bâtiments, pour tous les troubles, compte tenu d'un niveau d'exposition habituel et d'une part attribuable aux éoliennes minoritaire, avec un niveau d'incertitude moyen ($ii=2$) du fait de plusieurs limites météorologiques, en particulier l'intervalle des fréquences mesurées qui ne recouvre que partiellement le spectre d'émission infrasonore des éoliennes.

En pâtures, pour les mammites et la qualité du lait, la baisse de production de lait, les troubles de la reproduction et la mortalités, l'imputabilité est exclue (I0) du fait d'une chronologie incompatible de ces troubles avec la construction et la mise en service des éoliennes ($ii=1$ ou 2). Pour les retards de croissance, les troubles du comportement et les boiteries, l'imputabilité n'a pas pu être déterminée ($ii=4$) par manque de données sur la chronologie de ces troubles (Tableau 9 Annexe 3).

L'imputabilité aux vibrations générées par les éoliennes est exclue (I0), en bâtiments comme en pâture, compte tenu d'un niveau d'exposition habituel et d'une part attribuable aux éoliennes négligeable/minoritaire, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$) (Tableau 10 Annexe 3).

En conclusion dans les deux élevages, l'imputabilité aux agents physiques générés par les éoliennes sur les troubles objectivés est majoritairement exclue. De plus, quel que soit l'agent physique considéré, la chronologie est incompatible avec les périodes de construction et de mise de service du parc éolien, pour les mammites et la qualité du lait, la baisse de production de lait et les troubles de reproduction dans les deux élevages, ainsi que les mortalités chez M. et Mme Potiron.

3.6. Recommandations du groupe de travail et du CES SABA

Dans la majorité des cas, le GT a exclu l'imputabilité au parc éolien des Quatre Seigneurs des troubles rapportés dans les deux élevages bovins étudiés. Dans les autres cas, l'imputabilité n'a toutefois pas pu être évaluée, du fait de manques en termes de coordination dans les études conduites, de méthodologie utilisée, de suivi des élevages et de traçabilité des données. Au-delà de l'expertise du cas particulier objet de la saisine, les experts ont formulé plusieurs recommandations plus générales en termes de suivi, de méthodologie, de surveillance et de recherche, issues des enseignements tirés de cette expertise.

3.6.1.Recommandations relatives aux cas particuliers de la saisine

Pour les deux élevages étudiés, l'imputabilité n'a pas pu être évaluée dans certains cas faute de données disponibles, en particulier sur la chronologie des troubles et du fait d'études incomplètes, notamment pour les infrasons dans le spectre des éoliennes, et de données lacunaires. Compte tenu de ces limites, le GT et le CES SABA préconisent, pour les deux élevages et les cas en question, la mise en place d'investigations multidisciplinaires complètes sur le terrain (i.e. compétences vétérinaires, zootechniques, et relatives aux agents physiques), fondées sur des échanges avec les différents interlocuteurs et sur une analyse de la situation, en vue de définir les différentes études et mesures à mettre en œuvre sur le terrain. Globale, indépendante et objective, cette démarche devrait prendre en compte tant les agents physiques que les volets sanitaires et zootechniques, sans a priori sur une cause particulière et disposer des financements suffisants et de toutes les informations nécessaires à sa réalisation.

Afin de compléter les investigations pour mieux comprendre la contribution de l'ensemble des sources possibles (autres que les éoliennes) et aider à résoudre les difficultés rencontrées par ces éleveurs, les experts considèrent qu'il serait pertinent d'envisager les mesures suivantes :

- réaliser des mesures de CEM et de courants parasites dans les deux élevages, dans des conditions variées, y compris sous la ligne HTA et à côté des transformateurs HTA/BT situés à proximité des élevages, afin de déterminer précisément leurs sources ;
- rechercher l'origine des courants parasites dans les bâtiments avec une cartographie fine autour des élevages. Ces investigations impliqueraient d'avoir un schéma précis des installations électriques des exploitations. La mise en évidence d'éventuelles anomalies devrait être suivie de mesures correctrices vérifiées et validées ;
- réaliser dans les deux élevages un état des lieux sanitaire et zootechnique fondé sur une démarche diagnostique cohérente et objective, notamment, pour le diagnostic différentiel, en inventoriant et en investiguant les hypothèses causales habituellement à l'origine de ces troubles. Il conviendrait également de contrôler/vérifier la conduite d'élevage et de réaliser, dans les deux élevages, une approche métabolique et une approche alimentaire, de vérifier l'équilibre de la ration alimentaire (qualités et valeurs nutritionnelles des aliments, profils métaboliques par exemple), notamment lors de la phase de tarissement (ou de pré-vêlage pour les primipares), approches logiques lors de dégradation de la production de lait ;
- chez M. et Mme Potiron, réaliser un audit du robot de traite, le cas échéant, corriger les anomalies, voire réaliser une analyse statistique des courbes de chute des gobelets trayeurs et une recherche de corrélation ou non avec certains paramètres : vaches concernées, hygrométrie ambiante, conditions météorologiques, etc. ;
- effectuer un suivi sanitaire rigoureux et continu sur un an ou plus des deux élevages avec les paramètres les plus pertinents, mis en perspective avec les variations météorologiques et les variations de production des éoliennes ;
- comparer l'évolution des paramètres sanitaires et de production des deux élevages avec ceux des autres élevages proches du parc éolien ;
- réaliser des mesures d'infrasons, notamment au pied des éoliennes et à proximité des élevages, en incluant des mesures inférieures à 12,5 Hz et pour tous les niveaux et directions de vent ;
- étudier plus précisément la géologie et l'hydrogéologie locale et mesurer expérimentalement la conductivité du sol.

3.6.2.Recommandations générales

- Concernant la méthode d'imputabilité

Pour répondre à la question de la saisine, le GT a élaboré, dans un délai très contraint, une méthode d'imputabilité adaptée au cas particulier du parc éolien des Quatre Seigneurs et des deux élevages rapportant des troubles attribués aux éoliennes, en l'absence d'une méthode préexistante appropriée. Par conséquent, pour pouvoir l'appliquer à d'autres sites où des animaux seraient exposés à des éoliennes, il conviendra de revenir au préalable sur cette méthode, qui pourrait requérir d'autres développements.

- Concernant les élevages de bovins ou d'autres espèces

Une réflexion pourrait être conduite sur les points suivants :

- Pour les installations électriques en élevage, il faudrait élaborer et valider des protocoles rigoureux permettant de les évaluer, au-delà de l'objectif de vérification de la conformité réglementaire, via notamment la recherche des CEM et de courants parasites avec des outils de mesure adaptés et performants. Lorsque des mesures révèlent des anomalie(s), il conviendrait de les analyser, d'en rechercher la(les) cause(s), liées aux installations elles-mêmes et/ou au fonctionnement des appareils de l'exploitation (après leur recensement exhaustif et leur localisation précise). Les anomalies identifiées devraient systématiquement faire l'objet de mesures correctrices (par exemple dans les bâtiments), vérifiées et validées après intervention.

- Concernant les demandes d'évaluation d'un éventuel impact sanitaire d'éoliennes sur des animaux dans les élevages, il conviendrait d'en lister les critères constituant des prérequis indispensables : respect des bonnes pratiques d'élevage, respect de la réglementation sanitaire, effectivité d'un suivi vétérinaire de l'élevage, mise en œuvre préalable de démarches diagnostiques rigoureuses par les vétérinaires, audit électrique de l'exploitation et modifications validées si nécessaire ...

En cas de problème décelé par des éleveurs, et, sous réserve de satisfaire aux critères évoqués ci-dessus, une expertise multidisciplinaire globale et concertée telle que décrite au § 3.6.1 *supra* devrait être proposée dans le cadre d'un protocole standardisé. Ainsi, des protocoles adaptés et standardisés de mesurage des différents agents physiques générés par les éoliennes pourraient être élaborés et validés, avec des appareils performants, dans et autour des élevages ainsi qu'à proximité et au pied des éoliennes y compris pour des mesures de courants dans les différents types de sol. À ce titre, il serait pertinent de déterminer au préalable les conditions de mesure (durée, présentation des résultats, moyennés ou non, conditions environnementales, domaines spectral et temporel pour les infrasons et BF, etc.). Pour une telle évaluation, le décloisonnement des interventions des différents acteurs (éleveurs, fabricant et gérant des éoliennes, distributeur de l'énergie, etc.) permettrait de mieux analyser toutes les sources d'agents physiques en présence.

- Il conviendrait également d'envisager :

1) une étude cas témoins d'élevages voisins, situés à proximité d'un parc éolien (cas = élevages avec troubles vs témoins = élevages sans troubles) et satisfaisant également aux critères identifiés, afin d'évaluer si des éléments objectifs de nature à incriminer les éoliennes sont significativement plus fréquents dans le cas des élevages avec troubles que dans celui des élevages sans troubles, et

2) une étude longitudinale, avant et après implantation d'éoliennes, avec recueil précis d'informations dans des élevages bovins ou d'autres espèces qui pourraient constituer des élevages sentinelles. Ces élevages feraient l'objet d'un bilan sanitaire, zootechnique (données mensuelles de productivité, contrôle de performance, données du robot...) et d'un audit complet de leurs installations

électriques (boucle de fond de fouille, contrôles de toutes les mises à la terre, mesures d'isolation, équipotentialité, etc.) avant implantation des éoliennes, puis d'un suivi après cette implantation, avec enregistrement et archivage informatisés des données obtenues. En particulier, le registre d'élevage devrait être convenablement rempli, et les données sanitaires correctement renseignées et enregistrées par les éleveurs et les praticiens vétérinaires, conformément à la réglementation.

- L'ensemble des données recueillies dans les études (cas-témoins ou longitudinales) pourrait être compilé dans une base de données pour constituer un référentiel « pré / post implantation d'éolienne ». Des seuils d'alerte zootechniques et/ou sanitaires pourraient y être associés. Une telle base serait susceptible de devenir un outil de surveillance vis-à-vis de phénomènes émergents potentiellement liés à un/des agents physiques. La réalisation des différentes études pour obtenir ces données devrait répondre à une exigence de qualité, d'impartialité, de neutralité et d'objectivité.

En tout état de cause, le GT et le CES SABA soulignent l'importance de la mise en place d'un pilotage de ces travaux permettant une approche globale intégrant les différentes causes possibles. En outre, si une approche statistique est envisagée pour certains paramètres, elle devra faire appel aux méthodes adaptées aux objectifs et aux données disponibles.

- En termes de recherche

Des recherches seraient à conduire sur :

- le développement d'outils de simulation / modélisation de l'exposition des animaux aux agents physiques générés par des parcs éoliens ;
- une recherche de la sensibilité des bovins et autres espèces aux agents physiques générés par les éoliennes, dans des conditions contrôlées, et de leur impact sur leur santé et/ou leur production ;
 - ✓ permettant la déduction d'analyses complémentaires exploitables sur les enquêtes d'impact de parcs éoliens sur les troubles de santé des animaux ;
 - ✓ intégrant les capacités auditives et visuelles des animaux ;
- la validation des protocoles d'évaluation du bien-être animal / de l'apparition de troubles du comportement, avec mise en place de caméras.

- En termes de surveillance

Un système de déclaration centralisée d'effets indésirables pourrait être développé, à l'échelle nationale (ou européenne), avec mise en place par exemple d'une plateforme de remontées des cas, à l'instar de la pharmacovigilance vétérinaire, permettant de formaliser les informations et de traiter les données enregistrées. Ce système pourrait permettre de mieux documenter l'évaluation de l'imputabilité, et possiblement contribuer à faire émerger des troubles ou des paramètres à rechercher systématiquement.

4. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

Deux élevages bovins de Loire Atlantique ont rencontré, sur une longue durée, des difficultés significatives pour la santé de leurs animaux et leur production laitière, concrétisées par différents troubles signalés par les éleveurs. Sur une période de près de 10 ans maintenant, un large panel d'investigations a été mené, investigations dispersées dans le temps et sans cohérence d'ensemble, quant aux méthodes mises en œuvre ou aux aspects étudiés. Face à cette situation qui s'est prolongée dans le temps et où aucune cause à la fois évidente et partagée n'était identifiée, les personnes concernées ont soutenu avec constance auprès des représentants de l'Etat, aux niveaux local puis national, la position que les troubles observés étaient associés à la mise en place d'août 2012 à août 2013 des éoliennes du Parc des 4 Seigneurs, à proximité de leurs exploitations.

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) a été saisie conjointement par les ministères chargés de l'agriculture et de l'écologie pour analyser la situation et plus spécifiquement pour évaluer l'imputabilité des troubles rapportés à la mise en place et au fonctionnement des éoliennes. Pour traiter la saisine, l'Anses a mobilisé tant ses travaux antérieurs sur les risques pour la santé animale associés à l'exposition à des agents physiques que ses méthodes et savoir-faire dans le domaine des dispositifs de vigilances que l'agence opère – nutrivigilance, toxicovigilance, vigilance des médicaments vétérinaires. En effet, ces vigilances visent à traiter d'effets indésirables signalés sans *a priori*.

Afin de mener à bien cette expertise, l'agence a mobilisé plusieurs collectifs d'experts. Un groupe de travail ad-hoc (GT « Imputabilité éoliennes ») a été constitué après appel public à candidature et a travaillé en lien avec deux comités d'experts spécialisés – Santé et bien-être des animaux, d'une part, Agents physiques et nouvelles technologies, d'autre part. L'expertise a mené de front une sollicitation des agences homologues au niveau européen pour identifier des cas similaires, une recherche bibliographique et l'adaptation à cette situation d'exposition environnementale des méthodes d'imputabilité qu'elle met en œuvre dans ses autres vigilances. De ce fait, la méthode élaborée bénéficie d'une longue pratique d'analyse de signalements, même si elle ne capitalise pas sur le même retour d'expérience que les méthodes de vigilance dont elle s'inspire. Cette méthode, décrite de manière explicite et appliquée de manière traçable, permet de définir un niveau d'imputabilité (coté de 0 à 4, i.e. d'une « imputabilité exclue » à une « imputabilité très probable ») à l'exposition aux agents physiques pouvant être générés par les éoliennes et leurs installations de raccordement électriques, pour chaque famille de trouble étudiée. L'Anses souligne à cet égard que, comme pour toutes les vigilances qu'elle met en œuvre, la cotation de l'imputabilité d'un effet indésirable isolé à une exposition ne constitue pas un élément suffisant pour établir, au plan scientifique, une causalité.

L'Anses endosse les conclusions et recommandations du GT Imputabilité éoliennes et du CES SABA.

L'Anses souligne tout d'abord que la vingtaine de retours obtenus d'acteurs homologues sollicités auprès des Etats Membres de l'Union Européenne n'a donné aucune identification de problème de ce type, y compris dans des pays ayant déployé de manière plus précoce et large que la France des parcs éoliens. En outre, l'analyse bibliographique conduit à constater un manque actuel de connaissances scientifiques concernant l'existence ou non d'effets sanitaires chez les animaux d'élevage imputables à la proximité de parc éolien en fonctionnement. Le peu de travaux disponibles sur le sujet ne mettent pas en évidence de tels effets, ni de mécanismes physiopathologiques, liés aux champs électromagnétiques, aux infrasons et aux vibrations générés par les éoliennes.

De plus, l'Anses relève que des difficultés ont été rencontrées au cours de l'expertise, liées à l'ancienneté des effets sanitaires rapportés et des rapports fournis ainsi qu'au caractère

morcelé et lacunaire des informations ou données obtenues, parfois peu argumentées, voire contradictoires.

Les experts ont examiné l'ensemble des éléments recueillis dans le cadre des études et des auditions. Après une analyse minutieuse, certains troubles insuffisamment documentés ou tracés n'ont pas pu être intégrés dans l'application de la méthode, ce qui laisse respectivement cinq et sept troubles analysés. Chaque trouble a été analysé pour quatre types d'agents physiques que les éoliennes et les installations électriques nécessaires à leur raccordement génèrent : champs électromagnétiques (CEM), courants parasites, infrasons et vibrations. Dans la mesure où les éoliennes ne sont pas les seules – dans les exploitations et leur environnement – à générer ces expositions, la contribution des éoliennes a été estimée par les experts ou par modélisation.

Chaque étude mise à disposition a fait l'objet d'une analyse spécifique. Quelques études se sont avérées peu robustes dans leur démarche scientifique, insuffisamment étayée ou documentée, voire traitant d'un autre parc : au total sept rapports ont été écartés car ne pouvant pas faire l'objet d'une exploitation dans le cadre de la méthode mise en œuvre.

Au-delà des données et résultats d'études, l'Agence note également une intervention sur un dispositif électrique, effectuée par une personne se déclarant géobiologue, dont le résultat a été considéré par les experts comme inadapté, voire dangereux dans le domaine des installations électriques.

Suite à l'analyse des données, études et auditions, et par l'application de l'ensemble de la méthode d'imputabilité aux données, études et publications retenues, les constats et conclusions suivant peuvent être tirés de l'expertise.

Tout d'abord, l'Agence observe que les bovins des deux exploitations ont effectivement manifesté différents types de troubles affectant leur santé et leur production laitière, et qu'un ensemble significatif de ces troubles a été suffisamment documenté pour être utilisé dans la méthode d'imputabilité. Pour faire face à ces deux situations, de nombreux intervenants ont été appelés à s'y pencher, des actions de remédiations ont été préconisées, pour certaines mises en œuvre. Celles mises en œuvre n'ont pas donné lieu à des vérifications documentées de leur efficacité sur le terrain.

L'Anses a constaté, par l'analyse des documents, de la chronologie des faits, et surtout par les auditions, la situation très dégradée qui continue de peser sur les personnes et les élevages. Cette situation appelle, selon l'agence, des mesures d'accompagnement appropriées.

Au final, s'agissant de la question posée par la saisine, l'application de la méthode aux données exploitables conduit à considérer comme hautement improbable voire exclue que la mise en place des éoliennes ait conduit à générer les troubles objectivés.

En effet, dès lors qu'elle a pu être établie, l'imputabilité était exclue (niveau I0) pour la quasi-totalité (78 sur 92) des couples troubles/agents physiques analysés, et non exclue/douteuse (niveau I1) pour un seul de ces couples. Pour treize couples troubles/agents, insuffisamment documentés, le niveau d'incertitude très élevé (ii = 4) a conduit à ne pas émettre de conclusion. Ces résultats d'imputabilité s'expliquent notamment par les éléments suivant :

- pour les agents physiques considérés, la plupart des troubles (mammites et qualité du lait, baisse de production de lait et troubles de reproduction dans les deux élevages, ainsi que mortalités dans un élevage) ne manifestent pas d'apparition ou d'évolution significative qui puisse être associée à la période de mise en service des éoliennes ;
- pour d'autres troubles, le niveau d'exposition aux agents physiques étudiés apparaît, dans de nombreux cas similaire à ce qui est observé dans d'autres exploitation, les éoliennes n'y contribuant que faiblement.

L'agence souligne par ailleurs que, dans les bâtiments des deux élevages, le niveau d'exposition aux courants parasites a été considéré comme tout à fait remarquable, mais avec une part attribuable aux éoliennes jugée faible. Ainsi, l'état des installations électriques des

deux exploitations, et par là même la possibilité d'émission de courants parasites (détectés en 2015 et 2017 à des endroits où des troubles sont rapportés), continue de poser question, dans la mesure où le protocole du GPSE n'a pas été suivi de mesures correctrices vérifiées et validées. À ce titre, l'Anses rappelle que son avis relatif à l'exposition des animaux d'élevage aux champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences (2015) avait souligné l'importance – pour la santé et le bien-être des animaux – de la conformité des installations électriques dans les élevages et de la réalisation de campagne de mesures régulières pour détecter d'éventuels courants parasites liés à des installations et/ou des appareils défectueux.

Plus généralement, au-delà de l'expertise particulière déployée autour du cas spécifique de ces deux exploitations, et dans un contexte de développements prévisibles de parcs éoliens pour accroître la part des énergies renouvelables nécessaire à la lutte contre le réchauffement climatique, l'agence formule les recommandations ci-après.

Tout d'abord l'Anses recommande qu'une éventuelle situation comparable soit traitée au plus tôt, en agissant avec méthode, de manière globale et concertée, et en veillant à la traçabilité des difficultés rencontrées. En particulier, elle souligne le besoin de faire élaborer et valider un protocole-type à dérouler et de doter un ou plusieurs acteurs de la capacité d'intervenir. Une telle intervention couvrirait la caractérisation de la situation au regard des principaux agents physiques (champs électromagnétiques, courants parasites en particulier), d'identification des actions de remédiation et le suivi de leur mise en œuvre, en parallèle et en lien avec les nécessaires investigations vétérinaires. A défaut, la dérive d'une situation qui tarde à être résolue peut amener la répétition d'une spirale de difficultés, de découragement, voire de détresse analogue à celles observées dans les exploitations faisant l'objet du présent avis.

L'agence formule également des recommandations que soient menés des travaux de recherche et d'études :

- pour améliorer les analyses de situations analogues par une meilleure connaissance de la sensibilité des bovins et autres animaux de rente aux agents physiques en fonction des niveaux d'exposition ;
- pour élaborer des protocoles d'évaluation du bien-être animal dans des troupeaux par des méthodes d'analyses d'image (caméras, dispositifs de suivi).

Enfin, et dans la mesure où la France n'est pas le seul pays qui intensifie la part du renouvelable dans son mix énergétique, alors qu'il compte une activité importante d'élevage d'animaux de rente, l'Anses préconise la mise en place d'un système de déclaration centralisé à l'échelle européenne, ou à défaut national, des effets indésirables survenant dans des troupeaux, permettant de documenter puis traiter les données enregistrées.

Dr Roger Genet

MOTS-CLÉS

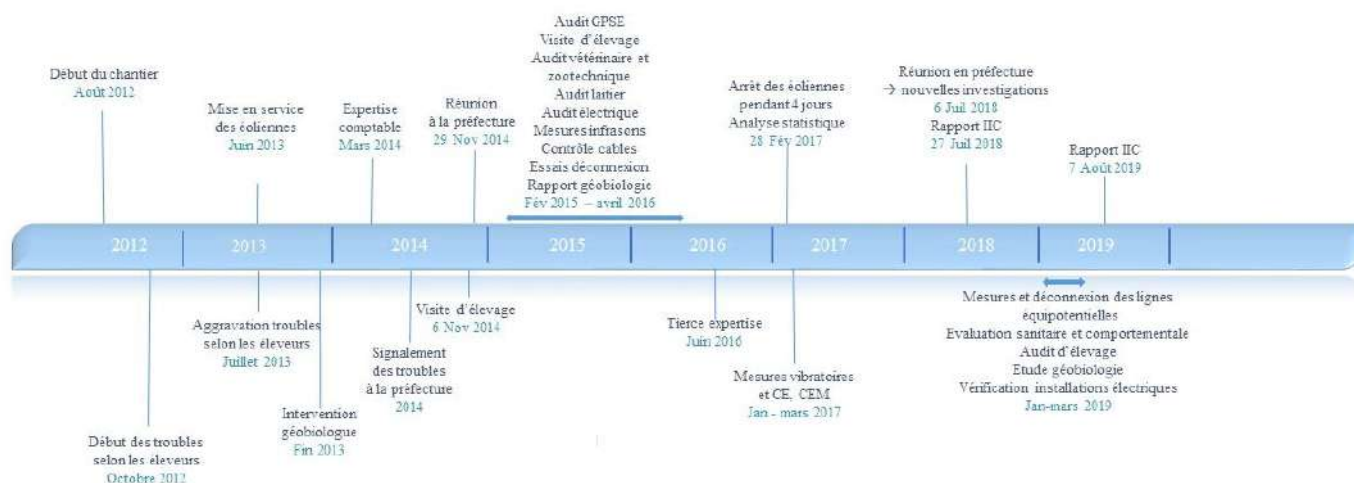
Eolienne, imputabilité, bovins, champ électromagnétique, courant parasite, infrason, vibration
Wind turbine, imputability, cattle, electromagnetic field, stray current, infrasound, vibration

CITATION SUGGÉRÉE

Anses. (2021). Avis relatif à l'imputabilité à la présence d'un champ d'éoliennes de troubles rapportés dans deux élevages bovins. (Saisine 2019-SA-0096). Maisons-Alfort: Anses, 29 p.

ANNEXE 1

Figure 2 : Frise chronologique des principales interventions entre 2012 et 2019



ANNEXE 2

Tableau 1 Déterminants et qualificatifs de la méthode d'imputabilité élaborée par le GT

Déterminant	Qualificatifs (exemples)
Exposition à l'agent physique étudié	Niveaux d'exposition habituellement rencontrés dans des environnements similaires
	Niveaux d'exposition remarquables par rapport à ceux mesurés dans des environnements similaires
Part attribuable de l'exposition à la source étudiée	Négligeable/ minoritaire (rapport 1 à 10, ou moins)
	Même ordre de grandeur que les autres sources
	Substantielle/ majoritaire (rapport 10 à 1, ou plus)
Chronologie (trouble par trouble)	Compatible (<i>Survenue des symptômes après le début de l'exposition dans un délai compatible ET/OU Symptômes disparaissant après l'arrêt de l'exposition ET/OU Reproduction des effets après une réexposition ET/OU Aggravation, après l'exposition, de symptômes présents antérieurement</i>)
	Possible (<i>Survenue des troubles après le début de l'exposition mais avec délai non compatible (cf. ci-dessous) OU BIEN Symptômes apparaissant encore après l'arrêt de l'exposition OU BIEN Symptômes ne réapparaissant pas après une réexposition OU BIEN Symptômes ne s'aggravant pas après exposition</i>)
	Incompatible (<i>Survenue des symptômes avant le début de l'exposition OU BIEN Survenue des symptômes trop précocement ou trop tardivement compte tenu de la nature des effets et de leur mécanisme lorsque celui-ci est connu ou vraisemblable</i>)
Autres causes possibles/ Diagnostic différentiel	Toutes causes fréquentes étudiées et exclues (<i>Aucune autre hypothèse diagnostique/cause ne peut être retenue</i>)
	Autres causes non étudiées ou étudiées et non confirmées (<i>Absence de confirmation formelle d'une autre hypothèse diagnostique</i>)
	Confirmation d'une autre cause possible (<i>Une hypothèse diagnostique tierce est retenue/confirmée</i>)
Bibliographie	Lien bien documenté (<i>Résultats convergents de plusieurs études scientifiques</i>)
	Lien peu documenté (<i>Nombre limité d'études scientifiques ET/OU Convergence de dires d'experts du GT</i>)
	Lien non documenté (<i>Pas de référence trouvée attestant du lien</i>)

Figure 3 Arbre décisionnel de la méthode d'imputabilité élaborée par le GT

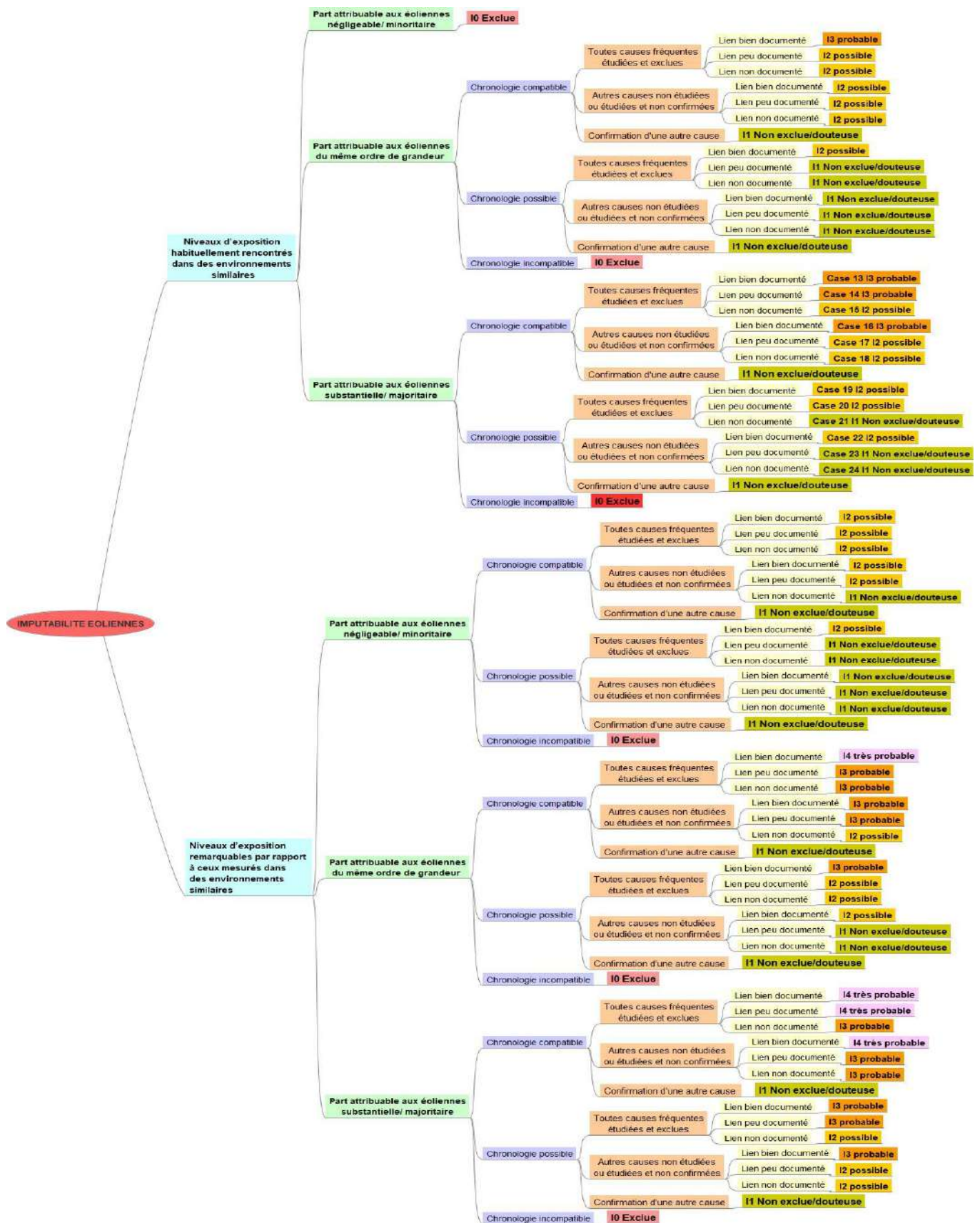


Tableau 2 : Modalités d'expression et d'attribution des indices d'incertitude

Expression de l'incertitude		Critères d'attribution des indices d'incertitude
Indice (i)	Qualification	
1	Faible	La note attribuée est fondée sur des résultats convergents d'études/rapports scientifiques
2	Moyen	La note attribuée est fondée sur un très petit nombre d'études/rapports scientifiques ET la présence de convergence entre auteurs et/ou experts.
3	Elevé	La note attribuée est fondée sur : - un très petit nombre d'études/rapports scientifiques ET l'absence de consensus entre auteurs et/ou experts ; - ou sur un avis d'experts en l'absence d'études/rapports scientifiques
4	Absence de données	Aucune note n'est attribuée du fait de l'absence totale de données et d'avis d'expert.

ANNEXE 3 DETAILS DES SCORES D'IMPUTABILITE ET IMPUTABILITE FINALE

Tableau 3 Scores d'imputabilité aux CEM des troubles dans l'élevage de Mme Bouvet

	Mammites et qualité du lait		Baisse de production de lait		Troubles de la reproduction		Troubles comportement		Retard de croissance	
	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures
Niveau d'exposition	Habituels* (ij=1)	Habituels (ij=1)	Habituels (ij=1)	Habituels (ij=1)	Habituels (ij=1)	Habituels (ij=1)	Habituels (ij=1)	Habituels (ij=1)	Habituels (ij=1)	Sans objet, les veaux ne sont pas en pâture
Part attribuable aux éoliennes	Négligeable / minoritaire (ij=1)	Négligeable / minoritaire (ij=1)	Négligeable / minoritaire (ij=1)	Négligeable / minoritaire (ij=1)	Négligeable / minoritaire (ij=1)	Négligeable / minoritaire (ij=1)	Négligeable / minoritaire (ij=1)	Négligeable / minoritaire (ij=1)	Négligeable / minoritaire (ij=1)	
Chronologie	Incompatible (ij=1)	Incompatible (ij=1)	Incompatible (ij=1)	Incompatible (ij=1)	Incompatible (ij=1)	Incompatible (ij=1)	Pas de données (ij=4)	Pas de données (ij=4)	Pas de données (ij=4)	
Diagnostic différentiel	Autres causes non étudiées**	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Confirmation d'une autre cause	
Bibliographie	Non documenté****	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	
Score d'imputabilité	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	
Incertitude***	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

*Niveaux d'exposition habituellement rencontrés dans des environnements similaires

** Autres causes non étudiées ou étudiées et non confirmées

***Incertitude sur l'imputabilité finale (1/2/3/4)

**** L'analyse bibliographique du lien entre la présence d'éoliennes et l'existence de troubles chez les animaux a permis de constater le manque d'études sur les troubles engendrés par les différents agents physiques étudiés, notamment chez les bovins.

Tableau 4 Imputabilité aux courants parasites des troubles dans l'élevage de Mme Bouvet

	Mammites et qualité du lait		Baisse de production de lait		Troubles de la reproduction		Troubles du comportement		Retard de croissance veaux	
	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures
Niveaux d'exposition	Remarquables* (ii=1)	Habituels** (ii=2)	Remarquables (ii=1)	Habituels (ii=2)	Remarquables (ii=1)	Habituels (ii=2)	Remarquables (ii=1)	Habituels (ii=2)	Remarquables (ii=1)	Sans objet, les veaux restent en bâtiment
Part attribuable aux éoliennes	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	
Chronologie	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)	
Diagnostic différentiel	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Confirmation d'une autre cause	
Bibliographie	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Peu documenté	Peu documenté	Non documenté	
Score d'imputabilité	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	Indéterminable	I0 exclue	Indéterminable	
Incertitude	1	1	1	1	1	1	4	2	4	

* Niveaux d'exposition remarquables par rapport à ceux rencontrés dans des environnements similaires

Tableau 5 Imputabilité aux infrasons et BF sonores des troubles dans l'élevage de Mme Bouvet

	Mammites et qualité du lait		Baisse de production de lait		Troubles de la reproduction		Comportement		Retards de croissance des veaux	
	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures
Niveau d'exposition	Habituels* (ii=2)	Habituels autour des bâtiments (ii=1)	Habituels (ii=2)	Habituels autour des bâtiments (ii=1)	Habituels (ii=2)	Habituels autour des bâtiments (ii=1)	Habituels (ii=2)	Habituels autour des bâtiments (ii=1)	Habituels (ii=2)	Sans objet, les veaux ne sont pas en pâture
Part attribuable aux éoliennes	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Manque de données autour des bâtiments (ii=4)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Manque de données autour des bâtiments (ii=4)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Manque de données autour des bâtiments (ii=4)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Manque de données autour des bâtiments (ii=4)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	
Chronologie	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)	
Diagnostic différentiel	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Confirmation d'une autre cause	
Bibliographie	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	
Score d'imputabilité	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	Indéterminable	I0 exclue	
Incertitude	1	1	1	1	1	1	2	4	2	

*Niveaux d'exposition habituellement rencontrés dans des environnements similaires

Tableau 6 Imputabilité aux vibrations du sol des troubles dans l'élevage de Mme Bouvet

	Mammites et qualité du lait		Baisse de production de lait		Troubles de la reproduction		Troubles du comportement		Retards de croissance des veaux	
	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures
Niveau d'exposition	Habituels* (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Sans objet, les veaux ne sont pas en pâture
Part attribuable aux éoliennes	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	
Chronologie	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)	
Diagnostic différentiel	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Confirmation d'une autre cause	
Bibliographie	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	
Score d'imputabilité	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	
Incertitude	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

*Niveaux d'exposition habituellement rencontrés dans des environnements similaires

Tableau 7 Imputabilité aux CEM des troubles dans l'élevage de M. et Mme Potiron

En fonction des troubles rapportés, différentes catégories de bovins sont concernées, qui n'occupent pas les mêmes parcelles : les VL pâturent autour des bâtiments ; les génisses, bœufs et VA peuvent pâturent à proximité des éoliennes.

	Mammites et qualité du lait (VL)		Baisse de production de lait (VL)		Troubles de la reproduction (VL)		Troubles du comportement (VL)		Retards de croissance (génisses)		Mortalités (tous bovins)		Boiteries (VL)	
	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures
Niveau d'exposition	Habituels* (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Pas de données	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)
Part attribuable aux éoliennes	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)		Négligeable / minoritaire (ii=1)	Majoritaire au pied des éoliennes (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Majoritaire au pied des éoliennes (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)
Chronologie	Incompatible (ii=2)	Incompatible (ii=2)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Possible (ii=3)		Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)
Diagnostic différentiel	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Sans objet (pas de troubles)	Sans objet (pas de troubles)	Autres causes non étudiées		Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause
Bibliographie	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté		Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté
Score d'imputabilité	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	Indéterminable	I0 exclue	Indéterminable	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue
Incertitude	1	1	1	1	1	1	1	4	1	4	1	1	1	1

*Niveaux d'exposition habituellement rencontrés dans des environnements similaires

Tableau 8 Imputabilité aux courants parasites des troubles dans l'élevage de M. et Mme Potiron

En fonction des troubles rapportés, différentes catégories de bovins sont concernées, qui n'occupent pas les mêmes parcelles : les VL pâturent autour des bâtiments ; les génisses, bœufs et VA peuvent pâturer à proximité des éoliennes

	Mammites et qualité du lait (VL)		Baisse de production de lait (VL)		Troubles de la reproduction (VL)		Troubles du comportement (VL)		Retards de croissance (génisses)		Mortalités (tous les bovins)		Boîtieries (VL)	
	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures
Niveau d'exposition	Remarquables** (ii=1)	Habituels* (ii=2)	Remarquables (ii=1)	Habituels (ii=2)	Remarquables (ii=1)	Habituels (ii=2)	Remarquables (ii=1)	Pas de données	Remarquables (ii=1)	Habituels (ii=2)	Remarquables (ii=1)	Habituels (ii=2)	Remarquables (ii=1)	Habituels (ii=2)
Part attribuable aux éoliennes	Négligeable / Minoritaire (ii=1)	Négligeable / Minoritaire autour des bâtiments (ii=2)	Négligeable / Minoritaire (ii=1)	Négligeable / Minoritaire autour des bâtiments (ii=2)	Négligeable / Minoritaire (ii=1)	Négligeable / Minoritaire autour des bâtiments (ii=2)	Négligeable / Minoritaire (ii=1)		Négligeable / Minoritaire (ii=1)	Majoritaire au pied des éoliennes (ii=1)	Négligeable / Minoritaire (ii=1)	Majoritaire au pied des éoliennes (ii=1) Négligeable / Minoritaire autour des bâtiments (ii=2)	Négligeable / Minoritaire (ii=1)	Négligeable / Minoritaire autour des bâtiments (ii=2)
Chronologie	Incompatible (ii=2)	Incompatible (ii=2)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Possible (ii=3)		Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)
Diagnostic différentiel	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Sans objet (pas de troubles)	Sans objet (pas de troubles)	Autres causes non étudiées		Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause
Bibliographie	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Peu documenté		Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté
Imputabilité	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I1 non exclue/douteuse	Indéterminable	Indéterminable		I0 exclue	I0 exclue	Indéterminable	I0 exclue
Incertitude	1	2	1	1	1	1	3	4	4	4	1	1	4	2

*Niveaux d'exposition habituellement rencontrés dans des environnements similaires

** Niveaux d'exposition remarquables par rapport à ceux rencontrés dans des environnements similaires

Tableau 9 Imputabilité aux infrasons et BF sonores des troubles dans l'élevage de M. et Mme Potiron

	Mammites et qualité du lait		Baisse de production de lait		Troubles de la reproduction (VL)		Troubles du comportement		Retards de croissance		Mortalités		Boiteries	
	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures:	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures
Niveau d'exposition	Habituels* (ii=2)	Remarquables** autour des bâtiments (ii=3)	Habituels (ii=2)	Remarquables autour des bâtiments (ii=3)	Habituels (ii=2)	Remarquables autour des bâtiments (ii=3)	Habituels (ii=2)	Pas de données	Habituels (ii=2)	Remarquables à proximité des éoliennes (ii=1)	Habituels (ii=2)	Remarquables à proximité des éoliennes (ii=1) et autour des bâtiments (ii=3)	Habituels (ii=2)	Remarquables autour des bâtiments (ii=3)
Part attribuable aux éoliennes	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Equivalente autour des bâtiments (ii=3)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Equivalente autour des bâtiments (ii=3)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Equivalente autour des bâtiments (ii=3)	Négligeable / minoritaire (ii=2)		Négligeable / minoritaire (ii=2)	Majoritaire au pied des éoliennes (ii=1) (bœufs - génisses au pied des éoliennes)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Majoritaire au pied des éoliennes (ii=1) Equivalente autour des bâtiments (ii=3)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Equivalente autour des bâtiments (ii=3)
Chronologie	Incompatible (ii=2)	Incompatible (ii=2)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Possible (ii=3)		Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)
Diagnostic différentiel	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Sans objet (pas de troubles)	Sans objet (pas de troubles)	Autres causes non étudiées		Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause
Bibliographie	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté		Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté
Score d'imputabilité	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	Indéterminable	I0 exclue	Indéterminable	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	Indéterminable
Incertitude	2	2	1	1	1	1	2	4	2	4	1	1	2	4

*Niveaux d'exposition habituellement rencontrés dans des environnements similaires

** Niveaux d'exposition remarquables par rapport à ceux rencontrés dans des environnements similaires

Tableau 10 Imputabilité aux vibrations du sol des troubles dans l'élevage de M. et Mme Potiron

	Mammites		Baisse de production de lait		Troubles de la reproduction (VL)		Comportement		Retards de croissance		Mortalités		Boiteries	
	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures:	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures
Niveau d'exposition	Habituels* (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Pas de données	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)
Part attribuable aux éoliennes	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)		Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)
Chronologie	Incompatible (ii=2)	Incompatible (ii=2)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Possible		Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)
Diagnostic différentiel	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Sans objet (pas de troubles)	Sans objet (pas de troubles)	Autres causes non étudiées		Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause
Bibliographie	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté		Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté
Score d'imputabilité	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	Indéterminable	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue
Incertitude	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1

*Niveaux d'exposition habituellement rencontrés dans des environnements similaires

Imputabilité à la présence d'un champ d'éoliennes de troubles rapportés dans deux élevages bovins

**Saisine « 2019-SA-0096 – Imputabilité à la présence d'un champ d'éoliennes
de troubles rapportés dans deux élevages bovins »**

RAPPORT d'expertise collective

« CES SABA »

« GT Imputabilité Eoliennes »

Juillet 2021

Citation suggérée

Anses. (2021). Rapport d'expertise collective relatif à l'imputabilité à la présence d'un champ d'éoliennes de troubles rapportés dans deux élevages bovins. (Saisine 2019-SA-0096). Maisons-Alfort : Anses, 219 p.

Mots clés

Eolienne, imputabilité, bovins, champ électromagnétique, courant parasite, infrason, vibration
Wind turbine, imputability, cattle, electromagnetic field, stray current, infrasound, vibration

Présentation des intervenants

PRÉAMBULE : Les experts membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

GROUPE DE TRAVAIL

Président

M. Yves MILLEMANN – Professeur de pathologie bovine, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort (ENVA) + pathologie bovine, élevage bovin, effets zootechniques et sanitaires des CEM-EBF sur les élevages bovins

Membres

M. Cyrille BALLAND – Géophysicien, INERIS Nancy + Vibrations, ondes électromagnétiques, champs électriques, champ gravitationnel

Fabrice GIRAUDET - Maître de Conférences - HDR, Faculté de Médecine - Université Clermont-Auvergne, sons + ultrasons+ fonction auditive et fonction neurale associée

M. Lionel GRISOT – Vétérinaire praticien + Pathologie bovine, élevages bovins laitiers

M. Jean-François LABBE – Vétérinaire praticien + Pathologie bovine, élevages bovins laitiers

M. James ROUDET – Enseignant-chercheur, Université Grenoble-Alpes + Electronique de puissance, compatibilité électromagnétique, interactions des CEM sur des systèmes physiques

M. Stéphane TIRLEMONT – Contrôleur de sécurité au centre de mesures physiques (vibrations, CEM, rayonnements...) de la CARSAT (caisses d'assurance retraite et de la santé au travail) des Hauts de France + Métrologie, risques liés aux expositions aux rayonnements électromagnétiques, et à l'exposition au bruit

M. Damien VOYER – Enseignant-chercheur en génie électrique, EIGSI (Ecole d'Ingénieurs Généralistes La Rochelle) + bioélectromagnétisme, CEM - étude des rayonnements et des sources parasites, chaînes de conversion d'électricité

COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

Les travaux, objets du présent rapport ont été suivis et adoptés par le CES suivant :

- CES SABA – 6 octobre 2020, 12 janvier 2021, 6 avril 2021, 11 mai 2021, 6 juillet 2021

Président

M. Gilles MEYER – Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - Virologie, immunologie, vaccinologie, maladies des ruminants

Membres

Mme Catherine BELLOC – Professeur, Oniris - Ecole Vétérinaire de Nantes - Infectiologie, approche intégrée de la santé animale, maladies des monogastriques.

M. Stéphane BERTAGNOLI – Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - Virologie, immunologie, vaccination, maladies des lagomorphes.

M. Alain BOISSY – Directeur de Recherche INRA Clermont-Ferrand – Theix - Bien-être animal

M. Henri-Jean BOULOUIS – Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort - Bactériologie, diagnostic de laboratoire, immunologie, vaccinologie

M. Eric COLLIN – Vétérinaire libéral - médecine vétérinaire, médicament vétérinaire, maladies vectorielles, maladies à prion, épidémiologie, maladies des ruminants.

M. Jean-Claude DESFONTIS – Professeur Oniris - Ecole Vétérinaire de Nantes – Physiologie animale, bien-être animal, médicament vétérinaire

Mme Maria-Eleni FILIPPITZI – Vétérinaire épidémiologiste, SCIENSANO (B) – épidémiologie quantitative, évaluation de risque.

M. David FRETIN – Chef du service zoonoses bactériennes des animaux de rente. SCIENSANO (B) - Bactériologie, zoonoses, diagnostic de laboratoire

Mme Emmanuelle GILLOT-FROMONT – Professeur, VetAgro Sup – Campus vétérinaire de Lyon – Epidémiologie quantitative, évaluation de risque, interface faune sauvage-animaux domestiques, maladies réglementées.

M. Etienne GIRAUD – Chargé de recherche, INRA Toulouse – Bactériologie, antibiorésistance, maladies des poissons.

M. Lionel GRISOT – Vétérinaire libéral - Médecine vétérinaire, médicament vétérinaire, maladies des ruminants.

Mme Nadia HADDAD – Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort - Infectiologie, maladies réglementées, zoonoses.

Mme Viviane HENAU – Chargée d'activités de recherche, Anses Lyon – Epidémiologie quantitative, évaluation de risque.

Mme Elsa JOURDAIN – Chargée de recherche, INRA Clermont-Ferrand - Theix - Zoonoses, épidémiologie, interface faune sauvage-animaux domestiques.

Mme Sophie LE BOUQUIN – LE NEVEU – Cheffe d'Unité Adjointe, Unité Epidémiologie, Santé et Bien-Etre, Anses Ploufragan-Plouzané-Niort - Epidémiologie, évaluation de risque, approche intégrée de la santé animale

Mme Sophie LE PODER – Maître de conférences, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort - virologie, immunologie, vaccinologie

Mme Elodie MONCHATRE-LEROY – Directrice du Laboratoire de la rage et de la faune sauvage, Anses Nancy - Virologie, épidémiologie, évaluation de risques, faune sauvage

Mme Monique L'HOSTIS – Retraitée, Oniris - Ecole Vétérinaire de Nantes – Parasitologie, santé des abeilles.

M. François MEURENS – Professeur, Oniris - Ecole Vétérinaire de Nantes - Virologie, immunologie, vaccinologie, pathologie porcine.

M. Pierre MORMEDE – Directeur de recherche émérite INRA - Bien-être animal, stress.

M. Hervé MORVAN – Vétérinaire biologiste, Labocéa22 - Bactériologie, diagnostic de laboratoire (jusqu'à sa démission le 14 mai 2021)

Mme Carine PARAUD – Chargée de projet de recherche en parasitologie, Anses Ploufragan-Plouzané-Niort – Parasitologie, maladies des ruminants.

Mme Ariane PAYNE – Chargée d'étude, ONCFS - Epidémiologie, évaluation de risque, interface faune sauvage-animaux domestiques.

Mme Carole PEROZ – Maître de conférences, Oniris Ecole Vétérinaire de Nantes - Infectiologie, maladies réglementées, approche intégrée de la santé animale.

Mme Claire PONSART – Chef de l'unité des zoonoses bactériennes, Laboratoire de Santé Animale, Anses Maisons-Alfort - Bactériologie, zoonoses, diagnostic de laboratoire.

M. Claude SAEGERMAN – Professeur, Faculté de Médecine vétérinaire de l'Université de Liège - Epidémiologie, évaluation de risque.

Mme Gaëlle SIMON – Cheffe d'Unité Adjointe, Unité Virologie Immunologie Porcines, Anses Ploufragan-Plouzané-Niort - Virologie, immunologie, maladies des monogastriques.

M. Jean-Pierre VAILLANCOURT – Professeur, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal - Epidémiologie, biosécurité, zoonose, évaluation de risque.

■ CES Agents Physiques – 15 avril 2021, 17 juin 2021

Mandat 2017-2020

Présidente

Mme Anne PEREIRA DE VASCONCELOS – Chargée de recherche, Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), Laboratoire de neurosciences cognitives et adaptatives - UMR 7364, CNRS – Université de Strasbourg.

Membres

M. Thomas CLAUDEPIERRE – Enseignant chercheur à l'université de Lorraine.

Mme Brigitte DEBUIRE – Professeur des universités émérite.

M. Jean-François DORÉ – Directeur de recherche émérite à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm).

M. Thierry DOUKI – Chercheur / Ingénieur docteur en chimie, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA).

M. Jack FALCÓN – Chercheur émérite du Centre national de la recherche scientifique (CNRS), spécialisé en chronobiologie animale, Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques (BOREA), CNRS 7208, Muséum National d'Histoire Naturelle.

M. Emmanuel FLAHAUT – Directeur de recherche au Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

M. François GAUDAIRE – Ingénieur au Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB).

Mme Irina GUSEVA-CANU – Epidémiologiste, Professeur des universités, Université de Lausanne.

Mme Martine HOURS – Médecin épidémiologiste, Directeur de recherche à l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (Ifsttar).

M. Chaker LARABI – Enseignant chercheur à l'université de Poitiers.

M. Joël LELONG – Directeur adjoint de laboratoire / Docteur en physique à l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (Ifsttar).

Mme Frédérique MOATI – Maître de conférences en biophysique et médecine nucléaire à l'Université Paris Sud XI / Praticien hospitalier / Radiopharmacienne / Biologiste, AP-HP Hôpital Bicêtre retraitée.

Mme Catherine MOUNEYRAC – Directrice de l'Institut de biologie et d'écologie appliquée et Professeur en écotoxicologie aquatique à l'Université catholique de l'ouest (UCO).

M. Fabien NDAGIJIMANA – Professeur des universités, Université Grenoble Alpes, Grenoble.

Mme Anne-Lise PARADIS – Chargée de recherche au Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

Mme Marie-Pierre ROLS – Directrice de recherche au Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

Mme Valérie SIMONNEAUX – Chercheuse en neurobiologie des rythmes au Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

M. Alain SOYEZ – Responsable de laboratoires, Ingénieur conseil, Caisse d'assurance retraite et de santé au travail Nord Picardie.

M. Esko TOPPILA – Professeur, Directeur de recherche à l'Institut finlandais de santé au travail.

Mme Alicia TORRIGLIA – Médecin, Directeur de recherche en ophtalmologie, Centre de Recherches des Cordeliers, Institut National de la Santé et de la recherche médicale (Inserm).

Mme Françoise VIÉNOT – Professeur émérite - Centre de Recherche sur la Conservation (CRC), Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS, Ministère de la Culture, 36 rue Geoffroy Saint Hilaire, 75005 Paris, France.

Mme Catherine YARDIN – Professeur, chef de service, médecin généticien à l'Hôpital Dupuytren, CHU de Limoges.

Mandat 2021-2024

Présidente

Mme Anne PEREIRA DE VASCONCELOS – Chargée de recherche, Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), Laboratoire de neurosciences cognitives et adaptatives - UMR 7364, Centre national de la recherche scientifique (CNRS) – Université de Strasbourg.

Membres

Mme Valentina ANDREEVA - Maître de conférences à l'université Sorbonne Paris Nord, Équipe de recherche en épidémiologie nutritionnelle.

M. Serge BOARINI - Professeur agrégé en Philosophie, Bourgoin-Jallieu.

Mme Anne BOURDIEU - Médecin du travail, experte au pôle des risques physiques et psychosociaux, domaine des rayonnements ionisants et non ionisants, INRS, Département Études et assistance médicales, Paris.

M. Jean-Marie BURKHARDT - Directeur de recherche en Psychologie, Ergonomie Cognitive à l'université Gustave Eiffel (ex-IFSTTAR) - Laboratoire de Psychologie et d'ergonomie appliquée.

M. Philippe CHAUMET-RIFFAUD - Professeur des universités – Praticien hospitalier, spécialiste en médecine nucléaire à l'université Paris-Saclay

M. Thomas CLAUDEPIERRE – Enseignant chercheur à l'université de Lorraine.

M. Pierre DEGAUQUE - Professeur émérite à l'université de Lille Institut d'Electronique, Microélectronique et Nanotechnologies (IEMN – UMR CNRS 8520), Groupe Télécommunications, Interférences et Compatibilité Electromagnétique (TELICE).

M. Thierry DOUKI – Chercheur / Ingénieur docteur en chimie, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA).

M. Didier DULON - Directeur de Recherche à l'INSERM, en Neurosciences, Institut de l'Audition, Institut Pasteur, Paris.

M. Guillaume DUTILLEUX - Professeur acoustique de l'environnement à l'université de sciences et techniques de Norvège, Trondheim, Département des Systèmes Électroniques.

M. Jack FALCÓN – Chercheur émérite du Centre national de la recherche scientifique (CNRS), spécialisé en chronobiologie animale, Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques (BOREA), CNRS 7208, Muséum National d'Histoire Naturelle.

M. Nicolas FELTIN - Responsable du Département matériaux au laboratoire national de métrologie et d'essais, direction de la métrologie scientifique et industrielle, Paris.

M. Luc FONTANA - Professeur de Médecine et santé au travail à l'université Jean Monnet Faculté de médecine, Consultation de pathologies professionnelles et environnementales, Saint-Etienne.

M. Pierre-Marie GIRARD - Chargé de Recherche au Centre national de la recherche scientifique (CNRS) en biologie des radiations, Institut Curie – Centre de Recherche – UMR3347, Centre Universitaire, Orsay.

M. Fabrice GIRAUDET - Maître de Conférences - HDR, Faculté de Médecine - Université Clermont-Auvergne, UMR INSERM 1107 - NEURO-DOL, Clermont-Ferrand.

M. Pascal GUENEL - Directeur de recherche, directeur de l'équipe cancer et environnement, INSERM, Centre de recherche en épidémiologie et santé des populations (CESP Inserm U1018), Villejuif.

Mme Irina GUSEVA-CANU – Epidémiologiste, Professeur des universités, Université de Lausanne.

M. Thierry LETERTRE - Enseignant Chercheur, CentraleSupélec, Laboratoire SONDRRA, Gif-sur-Yvette.

Mme Frédérique MOATI – Maître de conférences en biophysique et médecine nucléaire à l'Université Paris Sud XI / Praticien hospitalier / Radiopharmacienne / Biologiste, AP-HP Hôpital Bicêtre retraitée.

M. Jean-Luc MOREL - Chargé de recherche au Centre national de la recherche scientifique (CNRS), Institut des Maladies Neurodégénératives, Bordeaux.

Mme Catherine MOUNEYRAC – Directrice de l'Institut de biologie et d'écologie appliquée et Professeur en écotoxicologie aquatique à l'Université catholique de l'ouest (UCO).

Mme Anne-Lise PARADIS – Chargée de recherche au Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

Mme Marie-Pierre ROLS – Directrice de recherche au Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

Mme Valérie SIMONNEAUX – Chercheuse en neurobiologie des rythmes au Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

Mme Alicia TORRIGLIA – Médecin, Directeur de recherche en ophtalmologie, Centre de Recherches des Cordeliers, Institut National de la Santé et de la recherche médicale (Inserm).

Mme Françoise VIÉNOT – Professeur émérite - Centre de Recherche sur la Conservation (CRC), Muséum national d'Histoire naturelle, Centre national de la recherche scientifique (CNRS), Ministère de la Culture, 36 rue Geoffroy Saint Hilaire, 75005 Paris, France.

PARTICIPATION ANSES

Coordination scientifique

Mme Catherine COLLIGNON – Chef de projet scientifique – Anses Direction de l'évaluation des risques (DER), Unité d'évaluation des risques liés à la santé, à l'alimentation et au bien-être des animaux (UERSABA)

Mme Florence ÉTORÉ – Adjointe de la cheffe d'unité – Anses DER, UERSABA

M. Anthony CADENE – Chef de projet scientifique – Anses DER, Unité d'évaluation des risques liés aux agents physiques (UERAP)

Secrétariat administratif

M. Régis MOLINET – Anses

Contribution scientifique

M. Aymeric DOPTER – Adjoint au chef d'unité – Anses DER, Unité d'évaluation des risques liés à la nutrition (UERN)

M. Paul KENNOUCHE – Coordinateur d'étude et d'appuis scientifique – Anses Direction de l'évaluation des risques (DER), Unité Méthodologie et études (UME)

Mme Sonia POISSON – Scientifique – Anses Direction de l'évaluation des risques (DER), Unité Méthodologie et études (UME)

Mme Sandrine ROUGIER – Expert pharmacovigilance, DISP (Département inspection, surveillance, pharmacovigilance), Unité surveillance du marché et pharmacovigilance – Anses Agence nationale du médicament vétérinaire (ANMV)

Mme Sandra SINNO-TELLIER – Adjointe à la directrice des Alertes et des Vigilances sanitaires / Coordinatrice de la Toxicovigilance, Direction des Alertes et des Vigilances Sanitaires

SOMMAIRE

Présentation des intervenants	3
Glossaire	14
Sigles et abréviations	16
Liste des tableaux.....	17
Liste des figures	18
 1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise.....	 21
1.1 Contexte.....	21
1.2 Objet de la saisine.....	21
1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation.....	22
1.3.1 Sollicitation des points focaux de l'EFSA.....	22
1.3.2 Analyse des documents fournis à l'Anses pour répondre à la question de l'imputabilité	23
1.3.3 Auditions	23
1.3.4 Recherche bibliographique	24
1.3.5 Appui statistique de l'Anses	24
1.3.6 Méthodes d'imputabilité	25
1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts.	25
 2 Historique de la situation et des interventions effectuées dans les deux élevages bovins et le parc éolien.....	 26
 3 Description du site de l'étude.....	 30
3.1 Caractéristiques du parc éolien des Quatre Seigneurs.....	30
3.1.1 Description générale du parc éolien	30
3.1.2 Description du fonctionnement d'une éolienne de forte puissance	30
3.1.3 Raccordement au réseau d'énergie électrique	32
3.1.3.1 Distribution de l'électricité en France.....	32
3.1.3.2 Principe du raccordement d'éoliennes au réseau d'énergie électrique HTA	33
3.1.3.3 Cas des éoliennes du parc des Quatre Seigneurs	33
3.1.4 Câbles souterrains HTA 20 kV pour le transport du courant électrique	34
3.1.4.1 Description d'un câble souterrain HTA 20 kV	34
3.1.4.2 Système de mise à la terre des câbles souterrains HTA 20 kV dans le parc éolien des Quatre Seigneurs ..	35
3.2 Description de l'environnement du parc éolien et des fermes	36
3.2.1 Localisation des fermes autour du parc éolien	36
3.2.2 Description du réseau électrique local.....	36
3.2.2.1 Cartographie du réseau électrique local HTA/HTB.....	36
3.2.2.2 Distribution de l'énergie électrique vers les fermes de Mme Bouvet et M. et Mme Potiron	37
3.2.3 Caractéristiques du sous-sol	38
3.2.3.1 Géologie	38
3.2.3.2 Nappe phréatique.....	39
3.2.3.3 Résistivité électrique	39
3.2.3.4 Propagation des vibrations	40
3.3 Agents physiques générés par les éoliennes	41
3.3.1 Perturbation visuelle des éoliennes	41

3.3.2 Champs électromagnétiques (CEM).....	41
3.3.3 Courants parasites.....	45
3.3.4 Ondes acoustiques audibles et non audibles (infrasons).....	46
3.3.4.1 Acoustique physiologique.....	46
3.3.4.2 Emissions acoustiques des éoliennes.....	47
3.3.4.3 Propagation des émissions acoustiques.....	48
3.3.4.4 Cas du parc éolien des Quatre Seigneurs.....	49
3.3.5 Vibrations du sol.....	49
3.3.5.1 Régimes vibratoires des éoliennes.....	49
3.3.5.2 Propagation des vibrations dans le sol.....	50
3.3.5.3 Cas du parc éolien des Quatre Seigneurs.....	50
3.3.6 Autres sources environnementales possibles d'agents physiques.....	50

4 Troubles rapportés et/ou objectifs dans les deux élevages bovins 51

4.1 Elevage de Mme Bouvet	51
4.1.1 Mammmites et qualité du lait.....	52
4.1.2 Baisse de production de lait.....	54
4.1.3 Troubles de reproduction.....	55
4.1.4 Troubles du comportement.....	56
4.1.5 Retard de croissance des jeunes.....	58
4.1.6 Autres troubles.....	59
4.2 Elevage de M. et Mme Potiron	60
4.2.1 Mammmites et qualité du lait.....	61
4.2.2 Baisse de production de lait.....	66
4.2.3 Troubles de reproduction.....	69
4.2.4 Troubles du comportement.....	70
4.2.5 Retard de croissance des jeunes.....	71
4.2.6 Mortalité.....	71
4.2.7 Boiteries.....	73

5 Elaboration d'une méthode d'imputabilité au parc éolien des Quatre Seigneurs de troubles observés dans deux élevages bovins..... 76

5.1 Présentation des méthodes d'imputabilité analysées par le groupe de travail	76
5.1.1 Méthode d'imputabilité en pharmacovigilance vétérinaire.....	76
5.1.2 Méthode d'imputabilité en nutrivigilance.....	77
5.1.2.1 Le score d'imputabilité intrinsèque.....	78
5.1.2.1.1 <i>Le score chronologique</i>	78
5.1.2.1.2 <i>Le score étiologique</i>	79
5.1.2.1.3 <i>Croisement des scores chronologique et étiologique : le score d'imputabilité intrinsèque</i>	79
5.1.2.2 Le score d'imputabilité extrinsèque.....	80
5.1.3 Méthode d'imputabilité en toxicovigilance.....	80
5.1.3.1 Déterminants.....	81
5.1.3.1.1 <i>Exposition</i>	81
5.1.3.1.2 <i>Symptomatologie</i>	81
5.1.3.1.3 <i>Chronologie</i>	81
5.1.3.1.4 <i>Éléments objectifs de caractérisation causale</i>	82
5.1.3.1.5 <i>Autres causes possibles, diagnostics différentiels</i>	83
5.1.3.1.6 <i>Lien extrinsèque (bibliographie)</i>	83
5.1.3.2 Imputabilité.....	83
5.2 Démarche d'élaboration de la méthode.....	84
5.2.1 Analyse des trois méthodes présentées.....	84

5.2.2	Définition des déterminants et de leurs qualificatifs : élaboration de l'arbre décisionnel	85
5.2.2.1	Exposition.....	85
5.2.2.2	Chronologie	86
5.2.2.3	Autres causes possibles.....	87
5.2.2.4	Bibliographie (lien extrinsèque)	87
5.2.2.5	Déterminants retirés de l'arbre décisionnel destiné aux agents physiques	87
5.2.2.6	Synthèse	88
5.2.3	Attribution des scores d'imputabilité de l'arbre décisionnel	89
5.2.3.1	Préambule.....	89
5.2.3.2	Attribution des scores par élicitation/avis d'experts	89
5.2.3.2.1	<i>Etape de notation individuelle.....</i>	89
5.2.3.2.2	<i>Etape d'atteinte du consensus sur les scores d'imputabilité</i>	90
5.2.3.3	Arbre décisionnel adapté au cas des agents physiques générés par les éoliennes.....	90
5.2.4	Incertitudes	92

6 Application de la méthode au cas du parc éolien et des deux élevages objets de la saisine..... 93

6.1 Elevage de Mme Bouvet 93

6.1.1	Exposition aux agents physiques	93
6.1.1.1	CEM	94
6.1.1.1.1	<i>En bâtiment</i>	94
6.1.1.1.2	<i>En pâtures.....</i>	96
6.1.1.2	Courants parasites	97
6.1.1.2.1	<i>En bâtiment</i>	97
6.1.1.2.2	<i>En pâtures.....</i>	98
6.1.1.3	Infrasons et basses fréquences sonores.....	100
6.1.1.3.1	<i>En bâtiment</i>	101
6.1.1.3.2	<i>En pâture.....</i>	102
6.1.1.4	Vibrations du sol.....	103
6.1.1.5	Synthèse	103
6.1.2	Troubles chez les bovins	104
6.1.2.1	Mammites et qualité du lait.....	104
6.1.2.1.1	<i>Chronologie</i>	104
6.1.2.1.2	<i>Diagnostic différentiel.....</i>	104
6.1.2.2	Baisse de production de lait	105
6.1.2.2.1	<i>Chronologie</i>	105
6.1.2.2.2	<i>Diagnostic différentiel.....</i>	105
6.1.2.3	Troubles de la reproduction.....	105
6.1.2.3.1	<i>Chronologie</i>	105
6.1.2.3.2	<i>Diagnostic différentiel.....</i>	106
6.1.2.4	Troubles du comportement.....	106
6.1.2.4.1	<i>Chronologie</i>	106
6.1.2.4.2	<i>Diagnostic différentiel.....</i>	106
6.1.2.5	Retards de croissance des veaux	106
6.1.2.5.1	<i>Chronologie</i>	106
6.1.2.5.2	<i>Diagnostic différentiel.....</i>	106
6.1.2.6	Synthèse	106

6.2 Elevage de M. et Mme Potiron 107

6.2.1	Exposition aux agents physiques	107
6.2.1.1	CEM	107
6.2.1.1.1	<i>En bâtiment</i>	107
6.2.1.1.2	<i>En pâtures.....</i>	108
6.2.1.2	Courants parasites	109
6.2.1.2.1	<i>En bâtiment</i>	109
6.2.1.2.2	<i>En pâtures.....</i>	109
6.2.1.3	Infrasons et basses fréquences sonores.....	110
6.2.1.3.1	<i>En bâtiment</i>	110
6.2.1.3.2	<i>En pâture.....</i>	110
6.2.1.4	Vibrations du sol.....	111

6.2.1.5	Synthèse	111
6.2.2	Troubles chez les bovins	112
6.2.2.1	Mammites et qualité du lait	112
6.2.2.1.1	<i>Chronologie</i>	112
6.2.2.1.2	<i>Diagnostic différentiel</i>	114
6.2.2.2	Baisse de production de lait	114
6.2.2.2.1	<i>Chronologie</i>	114
6.2.2.2.2	<i>Diagnostic différentiel</i>	115
6.2.2.3	Troubles de la reproduction	115
6.2.2.3.1	<i>Chronologie</i>	115
6.2.2.3.2	<i>Diagnostic différentiel</i>	115
6.2.2.4	Troubles du comportement	115
6.2.2.4.1	<i>Chronologie</i>	115
6.2.2.4.2	<i>Diagnostic différentiel</i>	118
6.2.2.5	Retards de croissance	118
6.2.2.5.1	<i>Chronologie</i>	118
6.2.2.5.2	<i>Diagnostic différentiel</i>	118
6.2.2.6	Mortalité	118
6.2.2.6.1	<i>Chronologie</i>	118
6.2.2.6.2	<i>Diagnostic différentiel</i>	119
6.2.2.7	Boiteries	119
6.2.2.7.1	<i>Chronologie</i>	119
6.2.2.7.2	<i>Diagnostic différentiel</i>	119
6.2.2.8	Synthèse	119
6.3	Lien bibliographique	120
6.4	Résultats, discussions	122
6.4.1	Synthèse des scores d'imputabilité chez Mme Bouvet	122
6.4.1.1	CEM	122
6.4.1.2	Courants parasites	124
6.4.1.3	Infrasons et basses fréquences sonores	126
6.4.1.4	Vibrations du sol	128
6.4.2	Synthèse des scores d'imputabilité chez M. et Mme Potiron	130
6.4.2.1	CEM	130
6.4.2.2	Courants parasites	132
6.4.2.3	Infrasons et basses fréquences sonores	134
6.4.2.4	Vibrations du sol	136
6.4.3	Discussions	138
7	Incertitudes	142
8	Conclusions et recommandations du groupe de travail	143
8.1	Conclusion : réponse à la question de la saisine	143
8.1.1	Pour l'élevage de Mme Bouvet	143
8.1.2	Pour l'élevage de M. et Mme Potiron	144
8.2	Recommandations	145
8.2.1	Recommandations relatives au cas particulier du parc éolien des Quatre Seigneurs et des deux élevages objets de la saisine	145
8.2.2	Recommandations générales	146
8.2.2.1	Concernant la méthode d'imputabilité	146
8.2.2.2	Concernant les élevages de bovins ou d'autres espèces	146
8.2.2.3	En termes de recherche	147
8.2.2.4	En termes de surveillance	147
9	Bibliographie	148

9.1 Publications.....	148
9.2 Normes.....	151
ANNEXES	152
Annexe 1 Lettre de saisine	153
Annexe 2 Documents transmis à l'Anses relatifs aux deux élevages et au parc éolien des Quatre Seigneurs	156
Annexe 3 Fiches de lecture	159
Annexe 4 Simulations de courants parasites entre l'éolienne 4 et le PdL.....	207
Annexe 5 Analyse statistique des rapports D37-Filière Blanche 2016 et D47-Filière Blanche 2017	210
Annexe 6 Apparition de tensions parasites sur les éléments métalliques présents dans les étables.....	215
Annexe 7 Recherche bibliographique	216

Glossaire

Basse tension : tension comprise entre 50 et 1 000 V¹

Boucle de fond de fouille : conducteur ou ferrailage incorporé dans les fouilles de fondation du bâtiment, généralement en forme de boucle

Câblette : nom donné par le constructeur du parc éolien au câble en cuivre nu réalisant une équipotentielle entre les différentes éoliennes et le poste de livraison

Diagnostic différentiel : recensement et recherche des différentes causes possibles des troubles observés

Ecran : dispositif, métallique magnétique ou non, destiné à confiner un champ électromagnétique à l'intérieur d'un dispositif électrique

Electronique de puissance : dénomination du dispositif qui va convertir l'électricité produite sous la forme souhaitée (dans le cas présent, en tension et fréquence [50 Hz] qui correspond au standard d'électricité du réseau).

Faille : structure tectonique décrivant un plan de rupture entre deux blocs géologiques qui se déplacent l'un par rapport à l'autre. Une faille inverse ou chevauchement traduit des contraintes en compression avec le bloc au-dessus de la faille qui monte par rapport au bloc situé en-dessous.

Fond de fouille : niveau le plus bas où s'arrête l'excavation réalisée dans le sol, généralement pour y établir les fondations d'une construction

GPSE : Groupe permanent pour la sécurité électrique en milieu agricole, association loi de 1901 qui réalise, dans le cadre d'un protocole signé entre les parties (éleveur, GPSE, Chambre d'agriculture), des investigations en élevages (vérification de la conformité électrique des exploitations, bilan sanitaire complet, expertise zootechnique) pour comprendre les phénomènes électriques en relation avec des pathologies animales, prévenir les problèmes et les traiter.

Haute tension A ou HTA (ou Moyenne Tension) : tension comprise entre 1 000 volts (1 kV) et 50 000 volts (50 kV). En principe, elle est en France de 20 kV. Cependant des réseaux HTA à 15 kV et quelques-uns à 33 kV existent encore. Les consommateurs qui ont besoin d'une puissance supérieure à 250 kW sont en principe raccordés sur ce niveau de tension. Le réseau HTA est triphasé (trois fils conducteurs ou phases)²

Haute Tension B ou HTB : est réservée au réseau de transport d'électricité, exploité en France par RTE. Les tensions électriques correspondantes varient de 50 000 volts (50 kV) à 400 000 volts (400 kV)³

Imputabilité : évaluation du lien de causalité susceptible d'exister entre un effet indésirable et l'exposition à un produit, une substance, d'un agent physique...

Nappe phréatique : couche du sous-sol saturée en eau, elle peut être dite libre lorsqu'elle est en équilibre avec l'atmosphère ou captive avec la présence d'une couche imperméable au-dessus. A noter que les rivières souterraines en contact avec ces nappes ne se retrouvent que dans les milieux karstiques.

¹ Norme NF C18-510 « Opérations sur les ouvrages et installations électriques et dans un environnement électrique -Prévention du risque électrique »

² <https://www.enedis.fr/hta-haute-tension>

³ <https://www.enedis.fr/glossaire/H/HTB%20-%20Haute%20Tension%20B>

Symptomatologie : étude des signes cliniques d'une maladie

Tension de contact : tension d'un élément métallique (abreuvoir, cornadis...) par rapport à la terre. Au contact de l'animal, un courant circule alors à travers son corps pour se reboucler par le sol

Tension de pas : différence de potentiel qui s'établit au niveau du sol suite à l'évacuation d'un courant par ce dernier. Lorsqu'un animal se trouve sur cette zone, un courant circule entre les pattes avant et arrière en passant par le corps, ce qui est la configuration la plus défavorable car c'est la plus grande distance que l'on trouve chez l'animal.

Sigles et abréviations

AMM	Autorisation de mise sur le marché
AST	Appui scientifique et technique
BDNI	Base de données nationale d'identification animale
BF	Basse fréquence
BT	Basse tension
CCST	Concentrations en cellules somatiques du lait de tank
CE	Champ électrique
CEM	Champ électromagnétique
CEM EBF	Champ électromagnétique extrêmement basse fréquence
CM	Champ magnétique
EARL	Exploitation agricole à responsabilité limitée
EFSA	Autorité européenne de sécurité des aliments
EM	Etat membre
EPI	Equipement de protection individuelle
GPSE	Groupe permanent pour la sécurité électrique en milieu agricole
GT	Groupe de travail
HTA	Haute tension A
HTB	Haute tension B
Hz	Hertz
IA	Insémination artificielle
IVIA	Intervalle vêlage - insémination artificielle
IVV	Intervalle vêlage-vêlage
MAS	Machine asynchrones
MLI	Modulation de la largeur des impulsions
THT	Très haute tension
OMAR	Observatoire de la mortalité des animaux de rente
PdL	Poste de livraison
RTE	Réseau de transport d'électricité
SCN	Staphylocoque coagulase négative
T-T	Schéma de liaison Tout à la Terre
UFC	Unité formant colonie
VA	Vache allaitante
VL	Vache laitière

Liste des tableaux

Tableau 1 Historique des travaux du parc des Quatre seigneurs (source : audition ABO Wind)	27
Tableau 2 Exemple de résistivité des eaux et des principales roches sédimentaires (Astier 1971).....	40
Tableau 3 Exemples de relevés de champs magnétiques émis par différents équipements présents dans des fermes d'élevage (Source : rapport Anses (2015)).....	43
Tableau 4 Echelle des fréquences sonores chez plusieurs espèces animales et l'être humain (d'après H.E. Heffner (1998)).....	47
Tableau 5 Indicateurs de l'incidence des mammites cliniques en lactation et de leur guérison dans l'élevage de Mme Bouvet (source : rapport D55-Oniris 2019).....	54
Tableau 6 Performances de reproduction sur les campagnes 2017-2018 et 2018-2019 de l'élevage de Mme Bouvet, comparaison par rapport à un panel régional (Pays-de-La-Loire) (source : D55-Oniris 2019) .	56
Tableau 7 Indicateurs de l'incidence des mammites cliniques en lactation et de leur guérison dans l'élevage de l'EARL du Lody (source : D55-Oniris 2019).....	62
Tableau 8 Indicateurs des infections intramammaires pendant la période tarie et autour du vêlage de l'élevage de l'EARL du Lody (source : D55-Oniris 2019)	62
Tableau 9 Facteurs de risque de survenue des infections intra-mammaires selon le modèle épidémiologique de type environnemental présents dans l'EARL de Lody (source : D55-Oniris 2019)	65
Tableau 10 Performances de reproduction laitières sur les campagnes 2017-2018 et 2018-2019 de l'élevage de l'EARL de Lody (atelier lait), comparaison par rapport au panel régional (Pays-de-La-Loire) (source : D55-Oniris 2019).....	70
Tableau 11 Facteurs de risque de la dermatite digitée présents dans l'EARL de Lody (source : D55-Oniris 2019)	74
Tableau 12 Facteurs de risque des lésions de la corne présents dans l'EARL de Lody (source : D55-Oniris 2019)	74
Tableau 13 Critères d'imputabilité en pharmacovigilance vétérinaire : système européen ABON	77
Tableau 14 Définition des qualificatifs des critères pris en compte dans le score chronologique	78
Tableau 15 Score chronologique (Anses 2020)	79
Tableau 16 Score étiologique	79
Tableau 17 Score d'imputabilité intrinsèque.....	79
Tableau 18 Score d'imputabilité extrinsèque.....	80
Tableau 19 Définition des qualificatifs du déterminant « Exposition » (<i>exemples</i>)	81
Tableau 20 Définition des qualificatifs du déterminant « Symptomatologie » (<i>exemples</i>).....	81
Tableau 21 Définition des qualificatifs du déterminant « Chronologie » (<i>exemples</i>)	82
Tableau 22 Définition des qualificatifs du déterminant « Eléments objectifs de caractérisation causale » (<i>exemples</i>)	82
Tableau 23 Définition des qualificatifs du déterminant « autres causes possibles, diagnostics différentiels » (<i>exemples</i>)	83
Tableau 24 Définition des qualificatifs du déterminant « lien extrinsèque (bibliographie) » (<i>exemples</i>)	83
Tableau 25 Déterminants et qualificatifs de la méthode d'imputabilité élaborée par le GT	88
Tableau 26 Modalités d'expression et d'attribution des indices d'incertitude.....	92

Tableau 27 Qualificatifs attribués aux déterminants relatifs à l'exposition pour les différents agents physiques dans l'élevage de Mme Bouvet.....	104
Tableau 28 Qualificatifs attribués aux différents troubles dans l'élevage de Mme Bouvet.....	106
Tableau 29 Qualificatifs attribués aux déterminants relatifs à l'exposition pour les différents agents physiques chez M. et Mme Potiron	112
Tableau 30 Qualificatifs attribués aux différents troubles dans l'élevage de M. et Mme Potiron.....	119
Tableau 31 Scores d'imputabilité aux CEM des troubles dans l'élevage de Mme Bouvet	123
Tableau 32 Imputabilité aux courants parasites des troubles dans l'élevage de Mme Bouvet.....	125
Tableau 33 Imputabilité aux infrasons et BF sonores des troubles dans l'élevage de Mme Bouvet.....	127
Tableau 34 Imputabilité aux vibrations du sol des troubles dans l'élevage de Mme Bouvet	129
Tableau 35 Imputabilité aux CEM des troubles dans l'élevage de M. et Mme Potiron.....	131
Tableau 36 Imputabilité aux courants parasites des troubles dans l'élevage de M. et Mme Potiron	133
Tableau 37 Imputabilité aux infrasons et BF sonores des troubles dans l'élevage de M. et Mme Potiron...	135
Tableau 38 Imputabilité aux vibrations du sol des troubles dans l'élevage de M. et Mme Potiron.....	137
Tableau 39 Corrections dans le tableau relatif aux effets de l'arrêt du site éolien.....	214
Tableau 40 Corrections dans le tableau relatif aux conclusions du rapport.....	214
Tableau 41 Profil de recherche bibliographique	216

Liste des figures

Figure 1 Situation des deux élevages bovins et du parc éolien des Quatre Seigneurs.....	26
Figure 2 Frise chronologique des principales interventions entre 2012 et 2019.....	29
Figure 3 Eolienne type Vestas 90 (V90).....	30
Figure 4 Chaîne de conversion typique d'une éolienne de cette gamme de puissance.....	31
Figure 5 Nacelle d'une éolienne Vestas V90 (source : brochure Vestas_V90_18_20_FR.pdf)	32
Figure 6 Principe général du raccordement des éoliennes au réseau public	33
Figure 7 Raccordement entre les huit éoliennes du parc des quatre Seigneurs (source : rapport D42-8.2 France 2016).....	34
Figure 8 Composition d'un câble HTA enterré 20 kV	34
Figure 9 Connexion des câbles HTA dans le parc des Quatre Seigneurs et circulation du courant parasite induit dans les écrans (source : D42-8.2 France 2016).....	35
Figure 10 : Carte du réseau électrique exploité par RTE à proximité du site de l'étude (source : site Géoportail)	37
Figure 11 Carte du réseau électrique exploité par Enedis à proximité du site de l'étude (source : https://www.enedis.fr/cartographie-des-reseaux-denedis)	37
Figure 12 Localisation du parc éolien, des deux fermes et du réseau électrique environnant. Figure réalisée par l'Anses sur la base des données disponibles (documents transmis à l'Anses, service de cartographie Enedis, RTE, géoportail.gouv.fr et données fournies par les éleveurs et ABO Wind / KGAL)	38

Figure 13 Géologie environnant le parc éolien et les deux sites d'exploitation agricole (source https://infoterre.brgm.fr/)	39
Figure 14 Vibrations des éoliennes enregistrées sur le site et à proximité des exploitations (d'après les données du rapport D45-Sixense 2017)	40
Figure 15 Baisse de l'induction magnétique en fonction de la distance pour différentes sources de fréquence électrique (source : guide non contraignant de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la directive 2013/35/UE)	42
Figure 16 Induction magnétique (T) au niveau du sol pour une intensité maximale de 130 Aeff transitée par une ligne HTA en adoptant la résistivité mesurée du sol (pas de variation constatée de 180 Ω .m à 330 Ω .m. Dans ce cas, la puissance transitée (450 kW) est de l'ordre de 13 Aeff, ce qui conduit à une induction divisée par 10, c'est-à-dire au maximum 0,33 μ T	44
Figure 17 Evolution du champ électrique (V/m) à la surface du sol sous une ligne HTA 20 kV pour une hauteur de poteau de h = 6 m ou h = 8 m et un écartement des câbles de 1,5 ou 2 m (en supposant un sol infiniment conducteur dans ce calcul, mais conduit à un bon ordre de grandeur)	44
Figure 18 Trajets du courant traversant l'animal (en vert): (a) Tension de contact (Vc) et (b) Tension de pas (Vp). I = courant parasite (rapport Anses (2015) d'après Rigalma, Gallouin et Roussel (2009))	45
Figure 19 Seuil perceptif ou « audiogramme » de deux bovins (A et B) avec superposition de l'audiogramme moyen de l'Homme = courbe en orange (figure modifiée d'après R. Heffner et Heffner (1983))	47
Figure 20 Exemple de résultat de mesures acoustiques autour d'un parc éolien (extérieur) pour des conditions de fonctionnement (spectre de couleur noire) et d'arrêt (spectre de couleur grise) des turbines (Zajamšek <i>et al.</i> 2016)	48
Figure 21 Exemple de directivité horizontale d'une éolienne (niveau sonore global moyenné en dB A sur plusieurs révolutions de rotor) (Tian et Cotté 2015)	49
Figure 22 Enregistrement des mammites comptabilisées par le contrôle laitier (D16- Filière Blanche 2015)	52
Figure 23 Enregistrement mensuel des effectifs de vaches présentes (D16- Filière Blanche 2015)	53
Figure 24 Enregistrement mensuel du pourcentage en effectif des vaches primipares présentes (D16- Filière Blanche 2015)	53
Figure 25 Niveau de production laitière moyen de l'élevage entre 2010 et 2014 (D16- Filière Blanche 2015)	55
Figure 26 Evolution de la concentration leucocytaire mensuelle – décembre 2010 à décembre 2014 (D17- Filière Blanche 2015)	63
Figure 27 Evolution du pourcentage de traites avec anomalies – mars 2011 à novembre 2014 (D17- Filière Blanche 2015)	64
Figure 28 Pourcentage de lait commercialisable par rapport au lait total produit (D17- Filière Blanche 2015)	64
Figure 29 Production au pic de lactation – Moyennes trimestrielles (D17- Filière Blanche 2015)	66
Figure 30 Production moyenne au cours des 100 premiers jours de lactation – Moyennes trimestrielles (D17- Filière Blanche 2015)	67
Figure 31 Evolution du débit de traite – Moyennes mensuelles (D17- Filière Blanche 2015)	67
Figure 32 Exemples de branches de l'arbre décisionnel	89
Figure 33 Arbre décisionnel de la méthode d'imputabilité aux agents physiques générés par les éoliennes	91
Figure 34 Localisation des bovins dans les pâtures de Mme Bouvet (extrait de la Figure 12)	94
Figure 35 Exemple de spectre mesuré à 2,5 km de quatre éoliennes. Les pics rouges sont dus aux éoliennes. La ligne bleue correspond au bruit de fond du site (Source MG_Acoustics (2012))	100

Figure 36 Localisation des bovins dans les pâtures de M. et Mme Potiron (extrait de la Figure 12)	107
Figure 37 Pourcentage de lait commercialisable par rapport au lait total produit (D17- Filière Blanche 2015)	113
Figure 38 Evolution de la concentration leucocytaire mensuelle – décembre 2010 à décembre 2014 (D17- Filière Blanche 2015).....	113
Figure 39 Evolution du pourcentage de traites avec anomalies – mars 2011 à novembre 2014 (D17- Filière Blanche 2015), les flèches rouges représentent le démarrage des travaux d'implantation et de production des éoliennes.	116
Figure 40 Evolution du pourcentage de traites avec anomalies (chutes accidentelles des gobelets trayeurs, courbe bleue, et traites incomplètes, courbe verte) et de la production électrique du parc éolien (courbe rouge) – janvier 2012 à décembre 2014 (D42-8.2 France 2016)	116
Figure 41 Evolution du pourcentage de traites avec anomalies (chutes accidentelles des gobelets trayeurs, courbe bleue, et traites incomplètes, courbe verte) et de la production électrique du parc éolien (courbe rouge) – Focus de juillet 2013 à décembre 2014 (D42-8.2 France 2016).....	117
Figure 42 Evolution de la fréquence de traite, du nombre de traites par jour et de l'effectif en traite (D17- Filière Blanche 2015), les flèches rouges représentent le démarrage des travaux d'implantation et de production des éoliennes.	117
Figure 43 Simulation des courants entre l'éolienne 4 et le PdL	207
Figure 44 Courants phase 1 (bleu) et écran 1 (orange).....	208
Figure 45 Courants : terre, câblette, somme des écrans, tension aux bornes de la câblette (400 m)	208
Figure 46 Tension de l'écran 1 (6Veff)	209
Figure 47 Proportion de chutes accidentelles en fonction de la production électrique du parc éolien (période juillet-août 2013)	211
Figure 48 Période d'arrêt des éoliennes.....	212
Figure 49 Effectifs de VL à la traite	213
Figure 50 Disposition d'un cornadis et d'une rampe d'éclairage.....	215
Figure 51 : Diagrammes de type PRISMA	219

1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise

1.1 Contexte

Dans un courrier du 3 mai 2019, le Ministère de la Transition écologique et solidaire et le Ministère de l'agriculture et de l'alimentation ont saisi l'Anses sur une question relative à « *l'imputabilité à des éoliennes de troubles rapportés dans deux élevages bovins* ».

Selon la saisine, les troubles ont été rapportés comme concomitants, en 2012, à la phase de construction du parc éolien des Quatre Seigneurs constitué de huit éoliennes situées sur quatre communes de Loire-Atlantique, à respectivement 700 et 1 470 mètres au minimum des deux élevages bovins (fermes du Lody de M. et Mme Potiron, et Mme Bouvet⁴). Sont décrits « *des troubles du comportement des animaux, une diminution de la qualité et de la quantité de lait, des cas de mammites, un problème de vêlage (mort de veau ante partum ou in utero) et/ou des pertes de bétail* ».

Plusieurs expertises ont été réalisées, en lien notamment avec la mise en place d'un Groupe Permanent de Sécurité Electrique en milieu agricole (GPSE) en 2015. Les expertises ont porté principalement sur les volets zootechniques, vétérinaires et électriques, ainsi que sur des mesures d'infrasons, une évaluation du contexte géologique et une analyse des eaux de forage.

La saisine indiquait initialement qu'« *une étude comportementale et d'analyses bactériologiques va être confiée à l'Ecole vétérinaire Oniris de Nantes en vue de compléter les audits vétérinaires déjà effectués* ». Cette étude a été réalisée depuis.

La saisine précise par ailleurs qu'un autre élevage de vaches laitières en Loire-Atlantique connaît depuis un peu plus d'un an des troubles de production de lait que l'exploitant attribue à la mise en service du parc éolien de Conquereuil situé à 1,5 km ; il n'a pas fait l'objet d'investigations à la date de la saisine.

Selon les termes de la saisine, celle-ci « *intervient dans un contexte de tension au niveau local, sur un sujet politiquement sensible et alors que le besoin d'objectivation est particulièrement prégnant* ».

Il convient de rappeler que l'Anses a produit deux rapports en lien avec la présente saisine : « *Conséquences des champs électromagnétiques d'extrêmement basses fréquences sur la santé animale et les performances zootechniques* » (rapport et avis 2013-SA-0037) et « *Evaluation des effets sanitaires des basses fréquences sonores et infrasons dus aux parcs éoliens* » (rapport et avis 2015-SA-0115).

1.2 Objet de la saisine

Il est demandé à l'Anses :

- a. « *D'échanger dans un premier temps avec les experts d'Oniris pour l'élaboration du protocole d'étude qui sera mis en œuvre pour documenter les cas avec l'ensemble des informations susceptibles d'alimenter le travail d'expertise de l'Agence.* »

⁴ Mme Bouvet et M. Potiron ont donné leur accord pour que leur nom ainsi que les informations relatives à leur élevage (obtenues lors des auditions ou dans les documents envoyés à l'Agence) soient cités et utilisés dans le rapport Anses relatif à l'« Imputabilité à la présence d'un champ d'éoliennes de troubles déclarés dans deux élevages bovins »

Cette étape n'a pas pu être réalisée, le protocole ayant déjà été mis en œuvre à la date de réception de la saisine.

- b. *« De procéder à la recherche et l'analyse documentaire en vue d'établir le score bibliographique de l'étude d'imputabilité. »*
- c. *« D'analyser, sur la base des résultats des différentes études, l'imputabilité aux éoliennes des troubles rapportés dans les deux élevages bovins ».*

L'analyse de l'imputabilité étant exclusivement demandée pour les fermes du Lody et de Mme Bouvet, comme précisé avec le demandeur, le troisième élevage cité dans la saisine, situé près du parc de Conquereuil, ne rentre pas dans le champ de l'expertise.

En outre, l'expertise porte exclusivement sur les aspects relatifs à la santé des bovins de ces deux élevages, l'Anses n'étant pas ici saisie sur des questions liées à d'autres élevages, à la santé humaine ou à la santé d'autres espèces animales.

1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation

L'Anses a confié l'instruction de cette saisine au groupe de travail (GT) « Imputabilité éoliennes », constitué après appel public à candidatures et rattaché au Comité d'experts spécialisé (CES) « Santé et Bien-être des Animaux » (SABA). Le GT s'est réuni 18 fois entre le 22 avril 2020 et le 16 juin 2021⁵. Les travaux d'expertise du GT ont été présentés au CES SABA, tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques, les 6/10/2020, 12/01, 06/04, 11/05 et 06/07/2021. Ces travaux ont également été présentés au CES « Agents physiques et nouvelles technologies » (APNT) pour information et commentaires les 15/04 et 17/06/2021. Le rapport produit par le GT tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres des deux CES. Ces travaux ont été validés, après passage devant le CES « APNT », par le CES « SABA » réuni le 06/07/2021. Ils sont ainsi issus de collectifs d'experts aux compétences complémentaires.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – prescriptions générales de compétence pour une expertise (mai 2003) ». Elle a porté sur les points ci-dessous.

1.3.1 Sollicitation des points focaux de l'EFSA⁶

Afin de savoir si d'autres pays européens disposaient d'informations sur d'éventuels troubles en élevage (bovin et autres espèces) en lien avec des parcs éoliens, les points focaux auprès de l'Autorité européenne pour la sécurité sanitaire (EFSA) ont été sollicités par l'Anses en octobre 2019. Il leur a été demandé :

- si des troubles associés à des éoliennes terrestres avaient été rapportés en élevages de bovins (ou d'autres espèces d'élevage) dans leur pays,
- en cas de réponse positive, quels étaient les signes observés, la manière dont le lien avait été établi entre les éoliennes et les troubles chez les animaux, la méthodologie utilisée, les études conduites et leurs résultats,
- si des rapports ou études relatifs à des problèmes associant des éoliennes et des troubles en élevages étaient disponibles.

⁵ 22/04, 18/05, 03/06 (sous-groupe méthode), 17/06, 08/07, 09/09, 16/10, 18/11, 09/12, 18/12/2020 et 06/01, 25/01, 12/02, 22/03, 14/04, 03/05, 31/05 et 16/06/2021. Les experts ont également participé aux auditions les 07/01, 08/01, 13/01, 14/01, 05/02 et 23/02/2021.

⁶ Mis en place en 2008, le réseau des points de contact (ou points focaux) auprès de l'EFSA est composé de membres issus des 27 États membres de l'UE, plus l'Islande et la Norvège, ainsi que d'observateurs représentant la Suisse et les pays en phase de préadhésion à l'UE. Les points de contact sont chargés de promouvoir l'échange d'informations, la mise en réseau et la participation, et ils jouent également un rôle important pour renforcer les capacités de l'UE en matière d'évaluation des risques et pour améliorer la visibilité et la portée des travaux scientifiques menés par l'EFSA et les États membres. Les points focaux agissent en tant qu'ambassadeurs dans les États membres de l'UE et gèrent un réseau actif de collaboration transfrontalière.

Sur les 37 EM et régions sollicités⁷, 22 ont répondu au questionnaire. Pour l'un d'eux, la question était sans objet, en l'absence d'éoliennes sur son territoire. Les 21 autres EM / régions ont indiqué ne pas rencontrer ce type de problèmes. Trois EM ont en outre mentionné quelques rapports et références bibliographiques relatifs à des éoliennes et des mammifères terrestres. Ces publications ont été transmises au GT pour analyse critique.

1.3.2 Analyse des documents fournis à l'Anses pour répondre à la question de l'imputabilité

Afin de répondre à la question de la saisine, le GT a disposé de divers documents (rapports, notes et fiches de mesures) transmis par le demandeur et recherchés dans la littérature en ligne. Ils sont listés à l'annexe 2 du présent rapport (la préfecture ayant donné son accord sans réserve sur l'utilisation des études précédentes dans le cadre de ces travaux)⁸. Ces documents portent sur des aspects sanitaires et zootechniques (mortalités, production et qualité de lait...), ainsi que sur des mesures d'agents physiques (champs électromagnétiques [CEM], courants parasites, infrasons, vibrations).

Tous ces documents ont fait l'objet d'une analyse approfondie par les experts dans l'objectif de répondre à la question de l'imputabilité au parc éolien des troubles rapportés chez les bovins des deux élevages. Ils ont ainsi été répartis par binômes d'experts, en fonction des domaines de compétence concernés. Chaque binôme a renseigné une fiche de lecture préalablement élaborée en réunion. Chaque fiche de lecture a été présentée et discutée de manière collégiale, ce qui a conduit soit à retenir, soit à écarter tout ou partie des données issues de ces documents en fonction de leur fiabilité.

Certains rapports ont donc été exclus par manque d'informations, de robustesse des données, du fait de protocoles inadaptés ou d'erreurs remettant en cause les conclusions. Les fiches de lecture sont présentées en Annexe 3. Les données d'intérêt issues de ces documents sont reprises et utilisées dans les différents chapitres du rapport. Il convient de souligner que le GT n'avait pas vocation à reprendre les données des différents rapports pour en refaire une analyse mais, à l'instar des autres vigilances, à s'appuyer sur les données disponibles pour évaluer l'imputabilité.

L'analyse de ces documents a permis d'identifier les éléments relatifs à l'historique de la situation, au parc éolien, aux troubles en élevage, ainsi que les données d'intérêt pour appliquer la méthode d'imputabilité.

1.3.3 Auditions

Dans le cadre des travaux du GT, suite à l'analyse des documents disponibles, les experts ont auditionné plusieurs personnalités extérieures en lien avec la problématique de ces deux élevages, afin de recueillir des informations complémentaires sur les études conduites dans ces élevages et sur le suivi de ces élevages :

- Pour le GPSE : Mme Arlette Laval ;
- Pour Oniris : MM. Sébastien Assié, Christophe Chartier et Nicolas Masset ;
- M. Frédéric Ménard, Docteur Vétérinaire assurant le suivi des deux élevages.

Des auditions des parties prenantes ont également été réalisées conjointement par l'UERAP (Unité d'évaluation des risques liés aux agents physiques), avec l'appui de l'UERSABA (Unité d'évaluation des risques liés à la santé, à l'alimentation et au bien-être des animaux), la MiSSES

⁷ Albanie, Autriche, Allemagne, Belgique, Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Kosovo, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Macédoine du Nord, Malte, Monténégro, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République slovaque, République tchèque, Roumanie, Royaume Uni, Serbie, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie.

⁸ Dans le texte, ils seront cités selon le numéro qui leur a été attribué, l'auteur et l'année (DXX-Auteur Année)

(Mission Sciences sociales, expertise et société) et la participation de membres du GT, pour échanger sur la question des éoliennes et, le cas échéant, obtenir des informations complémentaires d'intérêt pour la réalisation des travaux :

- Les éleveurs directement concernés ou rapportant des troubles similaires dans leur élevage :
 - M. Didier Potiron et Mme Murielle Potiron, éleveurs dont l'exploitation est désignée dans la saisine ;
 - Mme Céline Bouvet, éleveuse dont l'exploitation est désignée dans la saisine ;
 - M. Christophe Bignon et Mme Sylvie Bignon, éleveurs situés à proximité d'un autre parc éolien ayant également, à une certaine période, rapporté des troubles dans leur élevage ;
- Les industriels impliqués :
 - ABO Wind (développeur et opérateur du parc éolien) : Mme Christina Robin et M. Patrick Bessières ;
 - KGAL (représentant du propriétaire du parc éolien) : MM. Daniel Meyer et Clément Léger ;
 - Enedis (gérant du réseau de distribution électrique) : MM. Eric Hervé et Patrick Javanaud ;
- Des géobiologues : MM. Stéphane Demée, Philippe Dugast et Luc Leroy ;
- Des associations dans le périmètre éolien et champs électromagnétiques :
 - Animaux sous tension (ANAST) : M. Serge Provost ;
 - Pour rassembler et agir sur les risques liés aux technologies électromagnétiques (Priartem) : Mme Sophie Pelletier ;
 - Centre de recherche et d'information indépendant sur les rayonnements électromagnétiques non ionisants (Criirem) : Mme Catherine Gouhier ;
 - Fédération environnement durable (FED) : Mme Sioux Berger ;
- M. Guillaume Dutilleul, professeur-chercheur en acoustique de l'environnement à l'université de sciences et techniques de Norvège, spécialiste des infrasons et des éoliennes.

1.3.4 Recherche bibliographique

Une recherche bibliographique a été réalisée, selon les recommandations du GT « Méthodologie en évaluation des risques⁹ » (GT MER), en vue d'identifier les connaissances scientifiques disponibles sur les agents physiques générés par les éoliennes et les effets associés chez les animaux, et ce dans le seul objectif de répondre à la question de la saisine sur l'imputabilité à des éoliennes de troubles observés chez des bovins, de façon à alimenter la partie relative au déterminant 'bibliographie' (lien extrinsèque - § 5.1.3.1.6 et 6.3 de la méthode d'imputabilité). L'objectif n'était donc pas de réaliser une revue de littérature (approfondie ou systématique) relative aux éventuels liens entre éoliennes et troubles chez les animaux. La démarche relative à cette recherche bibliographique est détaillée en Annexe 7.

1.3.5 Appui statistique de l'Anses

L'examen des documents a conduit le GT à s'interroger sur l'analyse statistique réalisée dans deux des rapports transmis à l'Anses (D37-Filière Blanche 2016 et D47-Filière Blanche 2017). Pour répondre à ces interrogations, un appui scientifique et technique (AST) a été réalisé par deux statisticiens de l'unité Méthodologie et études (UME) de l'Anses. Dans ce cadre, M. Christophe

⁹ Saisine 2015-SA-0089 relative à « L'évaluation du poids des preuves à l'Anses : revue critique de la littérature et recommandations à l'étape d'identification des dangers » (<https://www.anses.fr/fr/system/files/AUTRE2015SA0089Ra.pdf> consulté le 08/08/19) et saisine 2015-SA-0090 relative à « L'illustration et actualisation des recommandations pour l'évaluation du poids des preuves et l'analyse d'incertitude à l'Anses » (<https://www.anses.fr/fr/system/files/AUTRE2015SA0090Ra.pdf> consulté le 08/08/19).

Lebret a été auditionné au sujet des analyses statistiques qu'il a réalisées dans ces rapports à partir de données issues des deux élevages. Les résultats de cette analyse statistique de l'UME, détaillée en Annexe 5, sont discutés dans le paragraphe 6.4.3 relatif à l'application de la méthode d'imputabilité.

1.3.6 Méthodes d'imputabilité

Le GT a réalisé un recensement de méthodes d'imputabilité existantes, leur analyse a permis l'élaboration d'une méthode d'imputabilité permettant de prendre en compte le contexte temporel d'exposition, d'une part, et les agents physiques considérés, d'autre part. Cette partie est développée dans le chapitre 5 du présent rapport.

1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts.

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

M. Hervé Morvan, membre du CES SABA (jusqu'à sa démission le 14 mai 2021), et M. Guillaume Dutilleul, membre du CES APNT, en risque de conflit d'intérêts dans le cadre de la réponse à la saisine, n'ont participé ni aux débats des CES, ni à la validation du rapport du GT.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet de l'agence (www.anses.fr).

2 Historique de la situation et des interventions effectuées dans les deux élevages bovins et le parc éolien

La saisine porte spécifiquement sur le cas particulier de deux élevages bovins, l'EARL du Lody de M. et Mme Potiron (site 1, Figure 1) et l'élevage de Mme Bouvet (site 2, Figure 1), et du parc éolien des Quatre Seigneurs, constitué de huit éoliennes (E1 à E8), situé en Loire-Atlantique. Le GT indique que d'autres exploitations sont situées à proximité du parc éolien mais, outre le fait qu'elles ne sont pas visées par la saisine, elles n'ont pas été recensées de façon exhaustive et le GT n'a pas d'information sur ces exploitations (type d'élevage, localisation des animaux...), ni sur d'éventuels troubles.

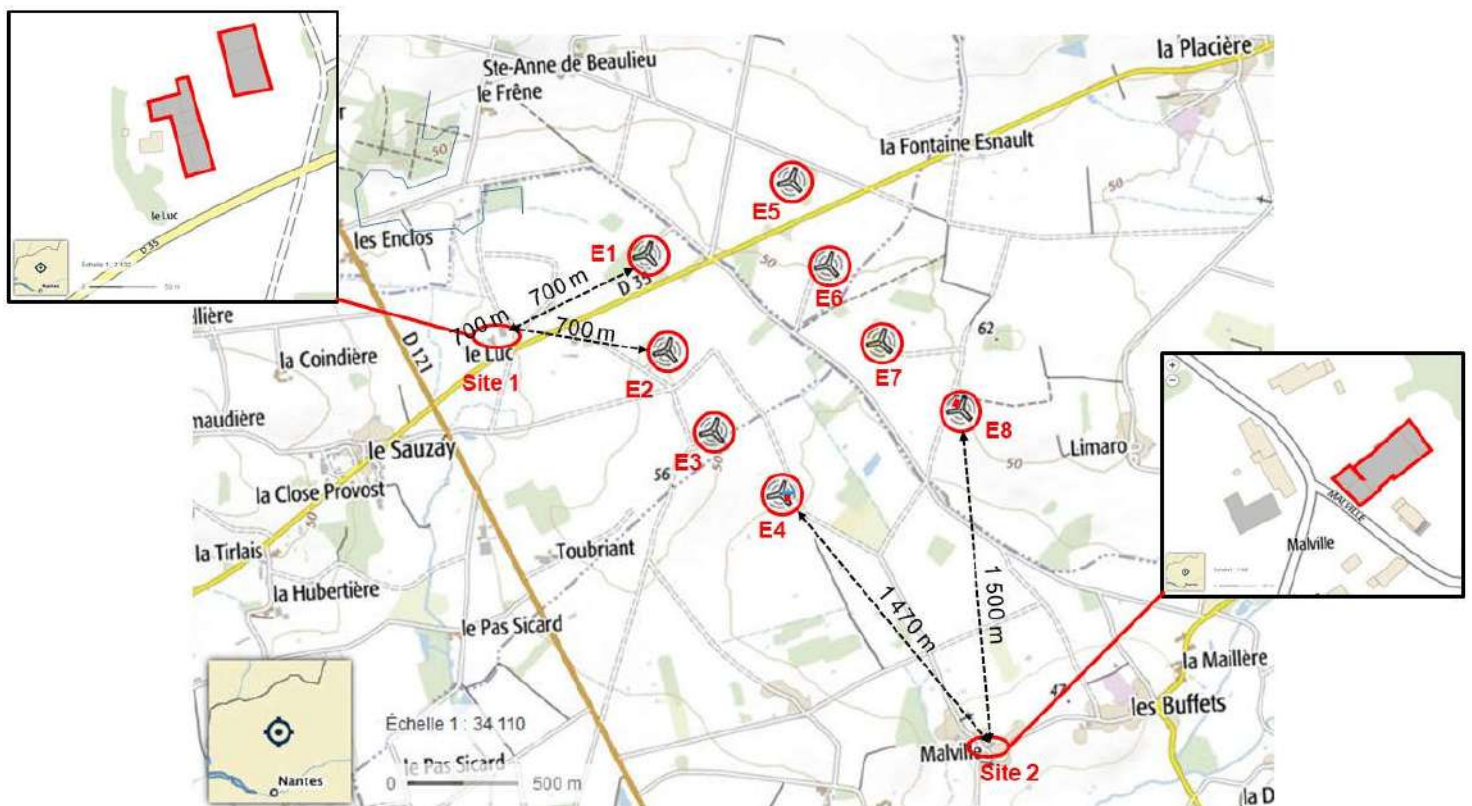


Figure 1 Situation des deux élevages bovins et du parc éolien des Quatre Seigneurs

Site 1 : élevage de M. et Mme Potiron
Site 2 : élevage de Mme Bouvet

Les travaux de construction du parc éolien ont débuté le 10 août 2012. Entre septembre 2012 et février 2013 ont eu lieu des travaux de terrassement, de plateforme chemin, de fondations des éoliennes et des travaux électriques. Après la préparation et le montage des tours en avril - mai 2013, des tests de mise en service et démarrage des éoliennes ont eu lieu en juin 2013, et la mise en service progressive a débuté le 28 juin 2013 (Tableau 1).

Tableau 1 Historique des travaux du parc des Quatre seigneurs (source : audition ABO Wind)

Activité	Début	Fin
Délivrance du permis de construire	06/02/2012	-
Début des travaux	10/08/2012	-
Lot 1 : Terrassement, plateforme chemin	03/09/2012	04/02/2013
Lot 2 : Fondations éoliennes	10/09/2012	04/02/2013
Lot 3 : électrique	24/09/2012	07/01/2013
Signature Cardi	04/02/2013	-
Livraison poste de livraison (PdL)	26/02/2013	-
Préparation tour	08/04/2013	06/05/2013
Montage bas tour	15/04/2013	26/04/2013
Montage haut tour	22/04/2013	17/05/2013
Assemblage mécanique	30/04/2013	29/05/2013
Test mise en service et démarrage	03/06/2013	28/06/2013
Test fiabilité	17/06/2013	29/07/2013
Installation SCADA ¹⁰	21/06/2013	25/06/2013
Raccordement des réseaux inter-éoliens	24/06/2013	-
Test SCADA	26/06/2013	28/06/2013
Mise en service progressive (12 %)	28/06/2013	-
Fin du projet	27/06/2013	19/08/2013
Dépôt de l'achèvement des travaux	21/08/2014	-

Mme Bouvet et M. et Mme Potiron ont indiqué que les troubles dans leurs élevages avaient débuté en octobre 2012. Ces troubles sont détaillés au chapitre 4.

Mme Bouvet et M. Potiron ont rapporté une aggravation des troubles en juillet 2013. M. Potiron a contacté son vétérinaire traitant, qui a évoqué un problème électrique. M. Potiron a alors envisagé un lien avec les éoliennes et contacté ABO Wind, développeur et opérateur du parc éolien. Un géobiologue est intervenu fin 2013.

En 2014, M. Potiron a contacté la préfecture, ce qui a conduit à une réunion en préfecture le 29 novembre 2014 avec différents acteurs. Un protocole GPSE a été proposé et accepté par les deux éleveurs. Ce protocole est généralement mis en place dans un élevage lorsque des troubles sont soupçonnés d'être liés à des phénomènes électriques parasites. Il comprend trois audits, (i) des installations électriques de l'élevage, (ii) sanitaire et (iii) zootechnique.

Après une visite d'élevage (effectuée par le vétérinaire du GPSE) dans les deux exploitations en février 2015, le protocole GPSE a été mis en place à partir du 30 mai 2015 pour une durée d'un an. Plusieurs études ont été conduites dans ce cadre (D38-GPSE 2016) et annexes (D2, D3 et D10 à D41) :

¹⁰ Système SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) : permet le diagnostic et l'analyse des performances en permanence et le pilotage à distance, à partir des informations fournies par les capteurs. Il permet également la transmission de messages d'erreurs en cas d'anomalie, afin de mettre en œuvre les actions nécessaires
<https://www.somme.gouv.fr/content/download/16629/119771/file/R%C3%A9sum%C3%A9%20non%20technique%20EDD.pdf>

- Visite vétérinaire dans les deux élevages et audits des ateliers laitiers,
- Audits électriques : visites initiales, mesures de champs magnétiques et de tensions de pas¹¹ à proximité des câbles de liaison souterraines Haute Tension A (HTA) 20 kV, mesures électriques dans les élevages avec parc éolien à l'arrêt, puis en production proche de la maximale, mesures de hautes fréquences,
- Investigations complémentaires, toujours dans le cadre du protocole GPSE : mesures d'infrasons, contrôle et essai de déconnexion des câbles, essai de déconnexion des écrans, évaluation géologique (analyse d'eau, examen de la carte géologique du site),
- Recherche d'autres ouvrages susceptibles d'être impliqués.

Le GPSE n'est ensuite plus intervenu.

En 2016, une tierce expertise a été réalisée à la demande de l'inspection des installations classées, qui a analysé les résultats des différentes études déjà conduites. Le tiers-expert a également recommandé des mesures complémentaires (D42-8.2 France 2016 et D43-8.2 France 2016).

De janvier à mars 2017, des mesures de tensions et courants de fuite ont été réalisées (D44-8.2 France 2017), ainsi que des mesures de CEM (D46-8.2 France 2017) et des mesures vibratoires (D45-Sixense 2017).

Le 28 février 2017, suite à un problème technique, le parc éolien a été arrêté pendant quelques jours. M. Potiron et Mme Bouvet ont rapporté une amélioration de la situation dans leurs élevages pendant cet arrêt. Une analyse des données issues du logiciel du robot a été réalisée pour l'EARL du Lody avant, pendant et après l'arrêt des éoliennes (D47-Filière Blanche 2017).

Le 6 juillet 2018, une réunion a eu lieu en préfecture, à la suite de laquelle ont été réalisés :

- Entre janvier et avril 2019, des tests de coupures des lignes équipotentiels reliant chaque éolienne les unes aux autres, ainsi que des mesures de champs électriques et magnétiques, de tensions de pas et de courants de fuite (D51-CETIM 2019) ;
- Entre janvier et mars 2019, une évaluation technico-économique, sanitaire et comportementale des deux élevages bovins (D55- Oniris 2019) ;
- En mars et avril 2019, une évaluation par des géobiologues (D58-Demée, Dugast, Leroy 2019).

Une vérification des installations électriques a été effectuée dans les deux élevages (D52-Dekra 2019 et D53-Dekra 2019).

Un état des lieux de la production et de la qualité du lait, ainsi qu'un bilan de mortalité, ont également été réalisés (D54-SEENOVIA 2019).

La frise ci-dessous décrit les grandes lignes de la chronologie des événements depuis 2012 (Figure 2).

¹¹ Lorsqu'un courant, de quelque provenance fût-il, s'écoule à travers la terre, il provoque une différence de potentiel perceptible en surface appelée tension de pas qui peut se révéler dangereuse (cas typique de l'écoulement du courant de foudre responsable de la mort de nombreux animaux d'élevage ou humains dans le monde chaque année).

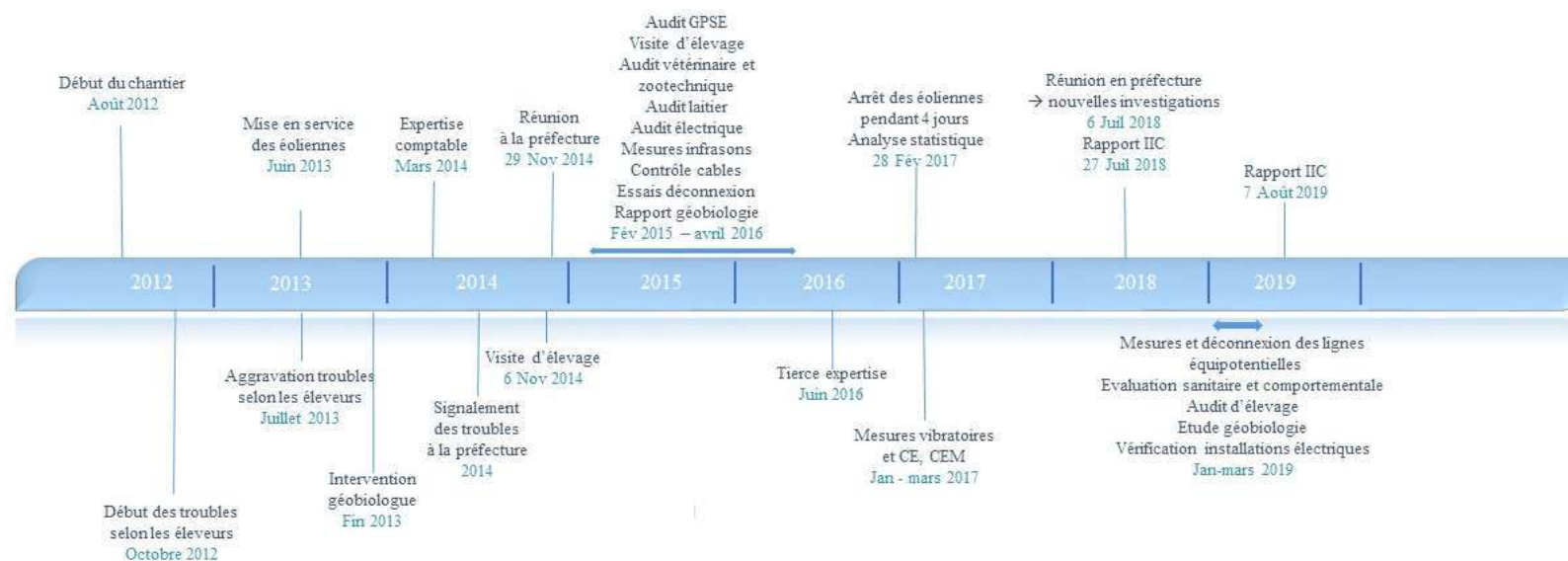


Figure 2 Frise chronologique des principales interventions entre 2012 et 2019

3 Description du site de l'étude

3.1 Caractéristiques du parc éolien des Quatre Seigneurs

3.1.1 Description générale du parc éolien

Le parc éolien des Quatre Seigneurs est composé de huit éoliennes, dénommées E1 à E8 sur la Figure 1, réparties sur quatre communes (Abbaretz, Nozay, Puceul et Saffré)¹² en Loire-Atlantique. Il s'agit d'éoliennes de marque Vestas V90, de puissance unitaire de 2 MW. Les nacelles sont situées à 105 m de hauteur, le diamètre du rotor est de 90 m, la hauteur totale des éoliennes est de 150 m (Figure 3). Ce parc est soumis à un plan de bridage (consistant à brider ou arrêter le fonctionnement d'éoliennes suivant des vitesses spécifiques de vent) concernant les éoliennes E2, E3, E5 et E6, afin d'éviter des dépassements de bruit.

Le propriétaire du parc éolien des Quatre Seigneurs est représenté par la société KGAL. La société ABO Wind en est le développeur et l'opérateur. Enedis réceptionne et distribue l'électricité produite.

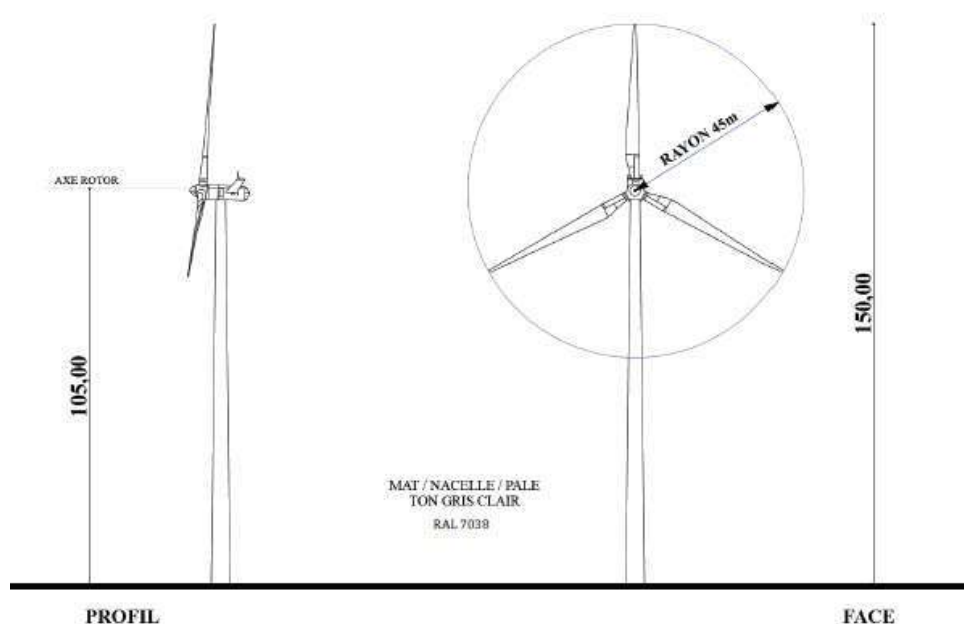


Figure 3 Eolienne type Vestas 90 (V90)

3.1.2 Description du fonctionnement d'une éolienne de forte puissance

Il existe différents types de génératrices associées généralement à des systèmes électroniques de puissance pour produire de l'électricité avec des éoliennes. Dans le cas du parc des Quatre Seigneurs, il s'agit de machines asynchrones (MAS) : la brochure du fabricant Vestas précise que chaque machine est constituée de quatre pôles avec un collecteur à bague rotatif¹³. Le vent soufflant à une vitesse variable, les pales de l'éolienne, et donc l'arbre de la machine électrique qui

¹² Détail des répartitions : Puceul : E1, E2 et E3 ; Saffré : E4 et poste de livraison ; Nozay : E5 et E6 ; Abbaretz : E7 et E8

¹³ <http://nozebra.ipapercms.dk/Vestas/Communication/Productbrochure/2MWbrochure/2MWProductBrochure/?page=8>

génère l'électricité, tournent également à vitesse variable. Dans ces conditions, il est indispensable de prévoir un dispositif d'électronique de puissance assez complexe pour se maintenir à la fréquence imposée par le réseau (50 Hz), quelle que soit la vitesse du vent, et avec l'objectif de fonctionner au maximum de puissance soutirée au vent. La Figure 4 ci-dessous montre la chaîne de conversion utilisée avec les convertisseurs d'électronique de puissance pour y parvenir.

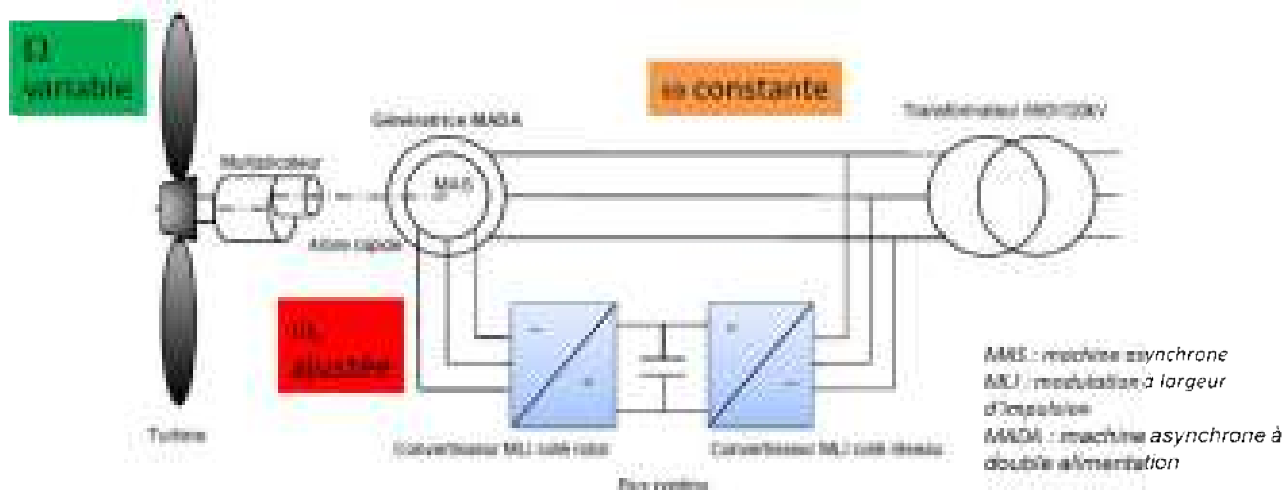


Figure 4 Chaîne de conversion typique d'une éolienne de cette gamme de puissance ¹⁴

A noter que le contrôle est réalisé avec une modulation de la largeur des impulsions (MLI) pour piloter les transistors des convertisseurs ; la fréquence de la modulation est généralement située aux alentours de 10 kHz. Le fonctionnement de ces convertisseurs d'électronique de puissance engendre des perturbations électromagnétiques conduites dans les câbles de raccordement au poste de livraison (PdL) et rayonnées dans l'environnement. Cependant elles sont maîtrisées et ramenées en dessous de niveaux normatifs du fait, d'une part, de la présence de filtres, et d'autre part de la constitution métallique de la nacelle qui en fait une cage de Faraday.

Le multiplicateur de vitesse, la machine électrique (ici la génératrice MADA, pour Machine Asynchrone à Double Alimentation), les convertisseurs d'électronique de puissance et le transformateur élévateur 690V/20 kV se trouvent dans la nacelle, c'est-à-dire au sommet du mât (Figure 5). La tension nominale de la machine et des convertisseurs est de 690 V triphasé. Les câbles HTA (20 kV) conduisent l'électricité au PdL. Ce dernier contient des organes de protection et de comptage de l'énergie produite par le parc, ainsi que des dispositifs de coupure pour sécuriser la connexion au réseau Enedis lui aussi à 20 kV.

¹⁴ Source : https://eduscol.education.fr/sti/concours_examens/epreuve-e41-session-2014-bts-electrotechnique

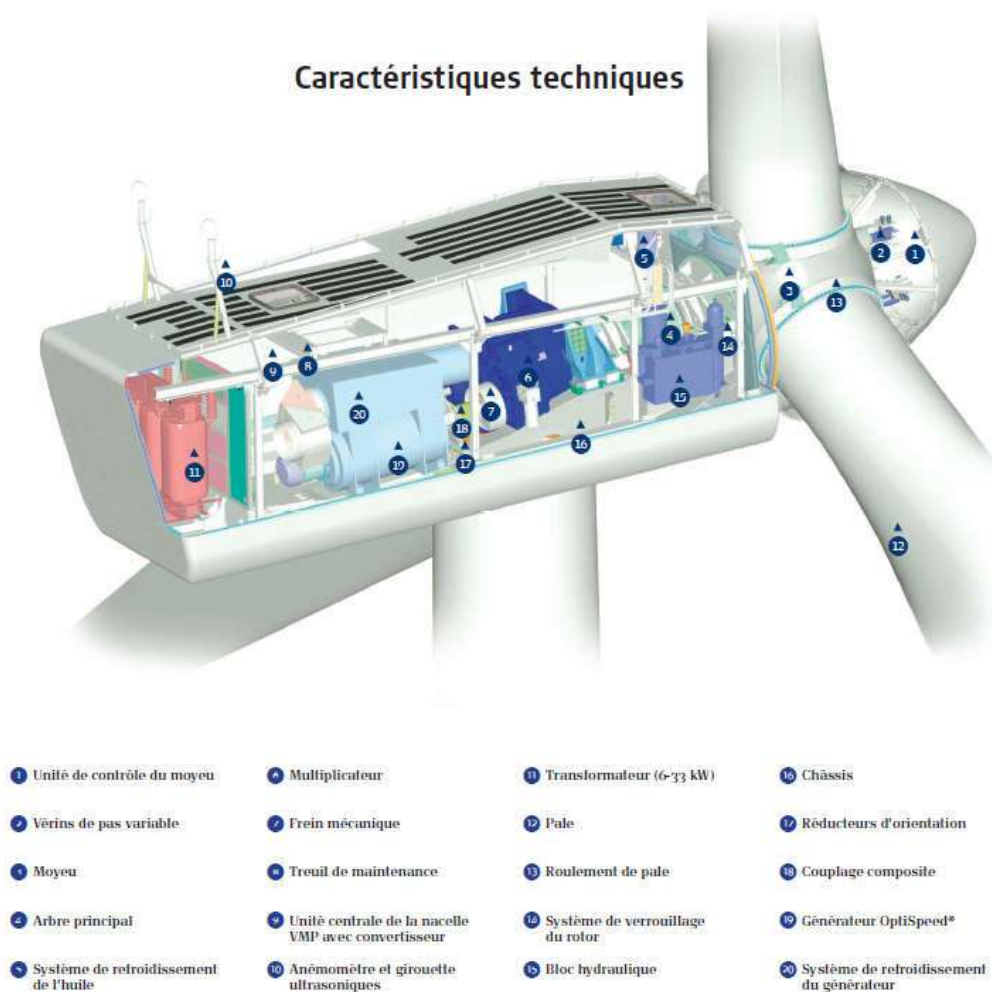


Figure 5 Nacelle d'une éolienne Vestas V90 (source : brochure Vestas_V90_18_20_FR.pdf¹⁵)

3.1.3 Raccordement au réseau d'énergie électrique

3.1.3.1 Distribution de l'électricité en France

Plusieurs opérateurs interviennent à différents niveaux pour assurer le fonctionnement du système électrique en France. En sortie des centrales électriques, l'électricité est acheminée sur de longues distances dans des lignes à haute tension de catégorie B (HTB)¹⁶ gérées par RTE (Réseau de Transport d'Électricité). Cette électricité est ensuite injectée dans le réseau géré par Enedis, opérateur qui exploite quant à lui deux niveaux de tension, la haute tension catégorie A (HTA), 20 000 V, et la basse tension (BT), 400 V en triphasé¹⁷. L'interface entre ces réseaux gérés par RTE et Enedis est assurée par des postes de transformation appelés « postes sources » dont le rôle consiste à abaisser la tension de l'électricité provenant des lignes HTB à la tension HTA. Sur le réseau de distribution géré par Enedis, l'électricité haute tension HTA alimente directement les clients industriels. Pour les autres clients (particuliers, commerçants, artisans...), elle est convertie en BT via des postes de transformation HTA/BT avant d'être livrée.

¹⁵

http://vttsi.free.fr/Pages/Page_Pratique/Infos_Tourisme/Infos_EoliennesDeCrennes/documents/Brochure_VESTAS_V90_18_20_FR.pdf

¹⁶ Quatre niveaux de tensions possibles : 400 000, 225 000, 90 000 ou 63 000 V

¹⁷ I.e. 230 V entre phase et neutre, c'est-à-dire la tension disponible à domicile

3.1.3.2 Principe du raccordement d'éoliennes au réseau d'énergie électrique HTA

Dans le contexte présenté au paragraphe 3.1.3.1, le parc éolien des Quatre Seigneurs injecte directement l'énergie produite (HTA) dans le réseau exploité par Enedis *via* un PdL. Il est à souligner que le parc éolien consomme également de l'électricité pour assurer le contrôle, la commande des éoliennes.

L'électricité produite par les éoliennes est d'abord transportée dans des câbles HTA enterrés (propriété de l'exploitant, ici ABO Wind) jusqu'au PdL, qui assure l'interface avec le réseau public. A partir du PdL, l'électricité est ensuite acheminée *via* une ligne HTA (gérée par Enedis) jusqu'au poste source où est opérée la liaison avec le réseau Haute Tension B (HTB, géré par RTE). Il est important de noter qu'à partir du même poste source, côté HTA, les réseaux de distribution sont déployés vers les différents sites de consommation (village, industrie, etc.) par des lignes qui sont distinctes des lignes HTA dédiées aux éoliennes (Figure 6).

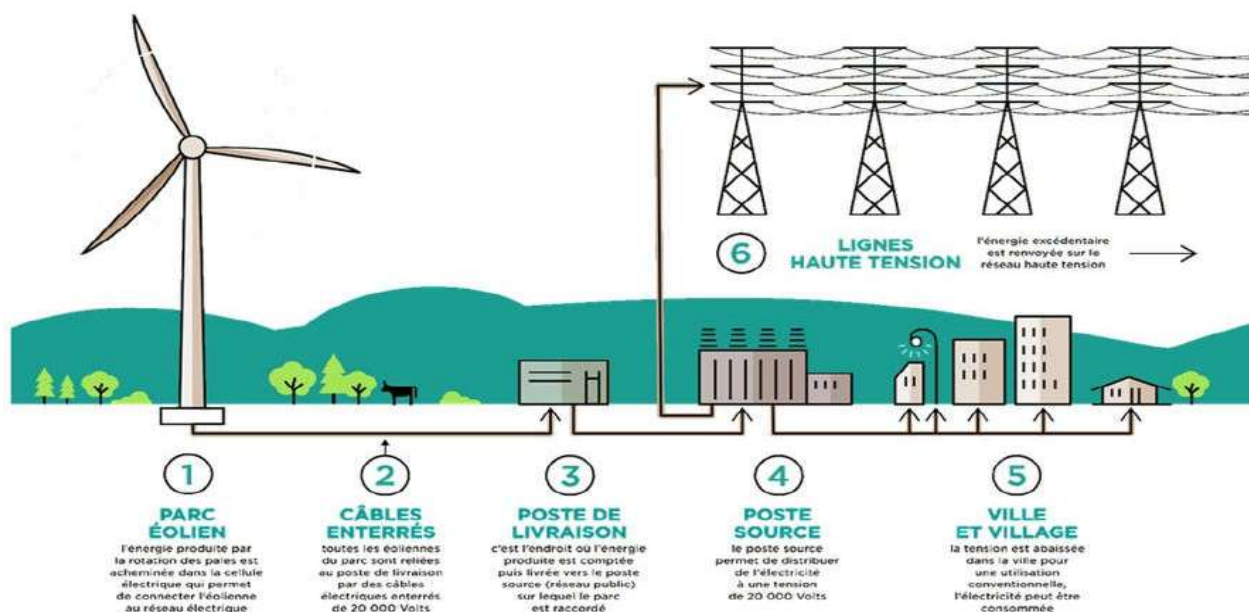


Figure 6 Principe général du raccordement des éoliennes au réseau public¹⁸

3.1.3.3 Cas des éoliennes du parc des Quatre Seigneurs

Le parc des Quatre Seigneurs est composé de huit éoliennes dont chacune développe une puissance maximale de 2 MW, soit un total de 16 MW. Les éoliennes sont raccordées entre elles par des câbles souterrains HTA de 20 kV (dont la profondeur d'enfouissement recommandée par les normes est d'au minimum 80 cm) vers un unique PdL installé à proximité de l'éolienne E4 suivant l'architecture présentée Figure 7.

¹⁸ <http://parc-eolien-etusson.com/lenergie-eolienne>

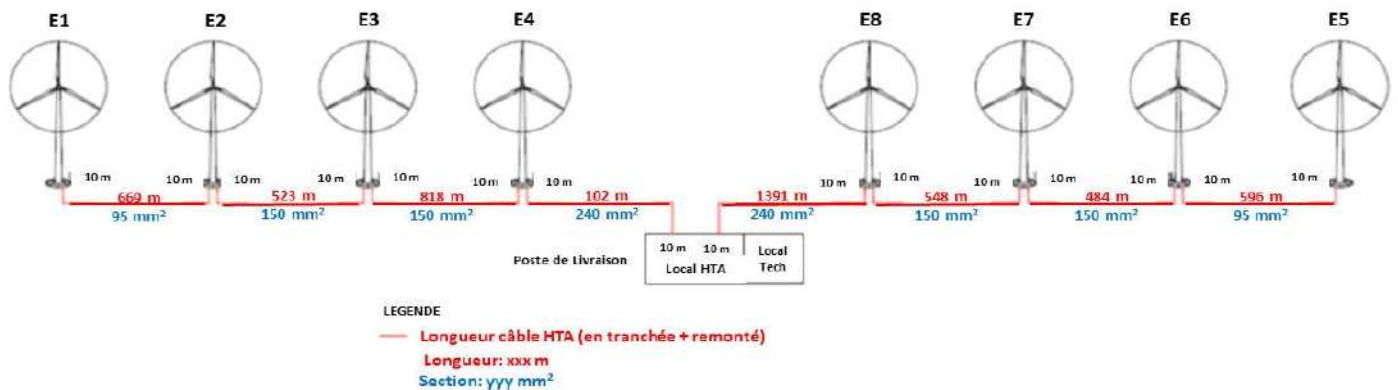


Figure 7 Raccordement entre les huit éoliennes du parc des quatre Seigneurs (source : rapport D42-8.2 France 2016)

Le PdL du parc des Quatre Seigneurs est relié au poste source de Nort-sur-Erdre par une liaison HTA 20 kV dédiée construite sous la maîtrise d'ouvrage d'Enedis (cf.

Figure 12). Elle emprunte essentiellement le domaine public routier communal et départemental et mesure près de 10 km, tronçonnée à mi-parcours par une armoire de coupure manuelle.

Le poste source de Nort-sur-Erdre est connecté au réseau HTB par une ligne de 90 kV gérée par RTE. Deux transformateurs HTB/HTA, d'une puissance apparente nominale de 36 MVA¹⁹ chacun, assurent la liaison avec le réseau de distribution HTA.

3.1.4 Câbles souterrains HTA 20 kV pour le transport du courant électrique

3.1.4.1 Description d'un câble souterrain HTA 20 kV

Les câbles HTA souterrains sont des câbles coaxiaux. Le schéma de la Figure 8 montre la constitution d'un câble 20 kV unipolaire utilisé dans ce type d'application. Trois câbles identiques posés à un mètre de profondeur sont nécessaires pour réaliser la liaison triphasée.

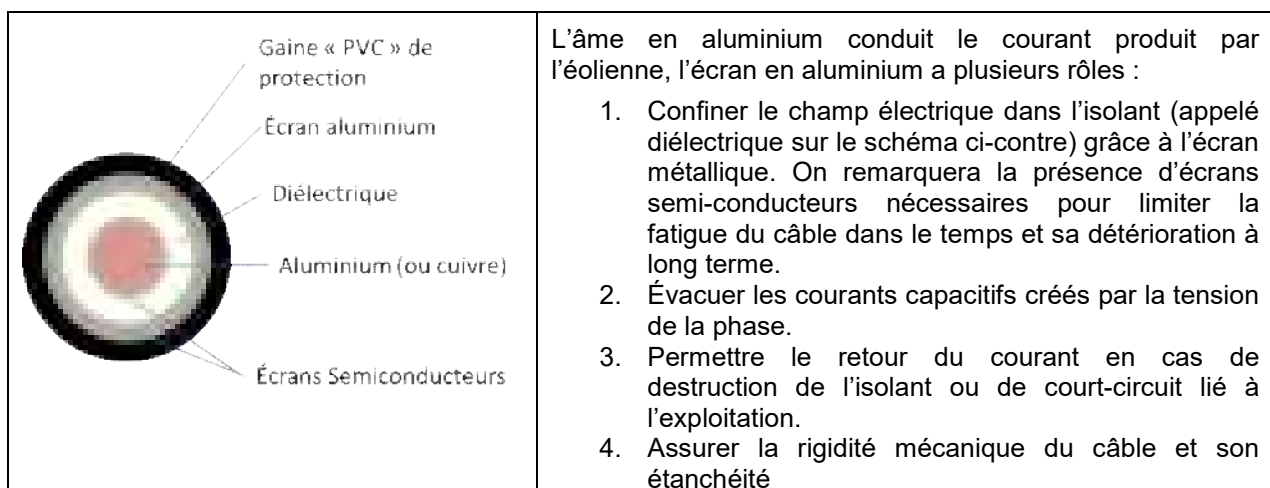


Figure 8 Composition d'un câble HTA enterré 20 kV

¹⁹ Puissance apparente s'exprime en Volt.Ampère, en l'absence de puissance réactive 1 VA=1 W

3.1.4.2 Système de mise à la terre des câbles souterrains HTA 20 kV dans le parc éolien des Quatre Seigneurs

Une mise à la terre est assurée au pied de chaque éolienne grâce à une boucle de fond de fouille de grande section (23 m de diamètre à 4 m de profondeur) localisée au niveau du massif de béton qui sert d'ancrage aux éoliennes. Cette boucle est destinée à évacuer des courants parasites dont les origines peuvent être multiples (notamment la foudre). En outre, une liaison équipotentielle entre les mises à la terre des éoliennes a été réalisée avec un câble nu en cuivre (câblette de 25 mm²) : les écrans des câbles HTA y sont connectés au niveau de chaque éolienne (Figure 9).

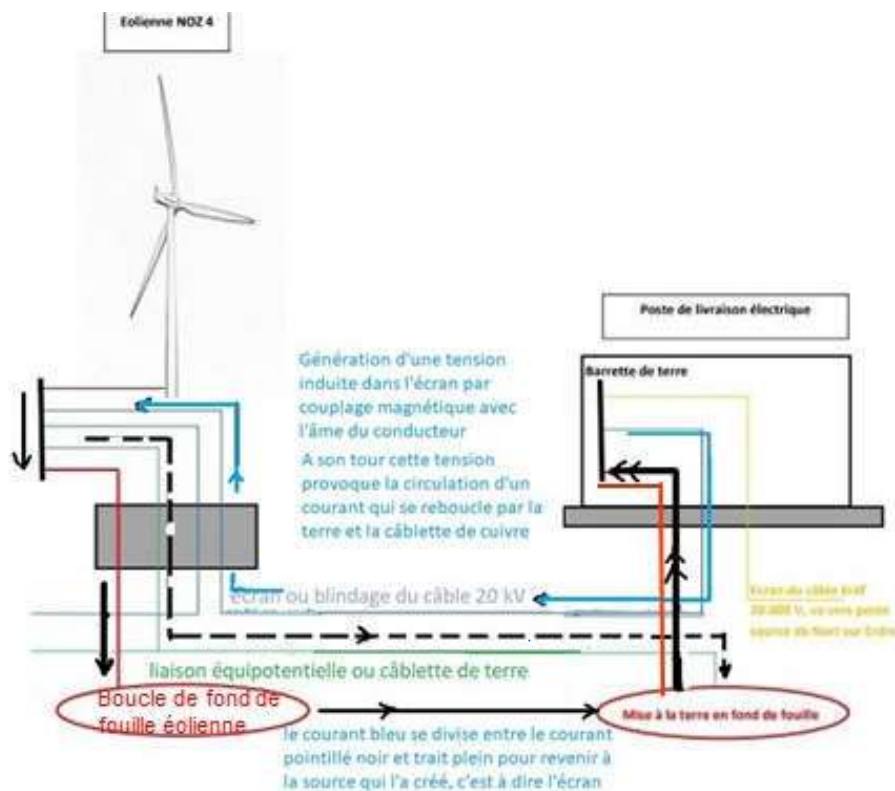


Figure 9 Connexion des câbles HTA dans le parc des Quatre Seigneurs et circulation du courant parasite induit dans les écrans (source : D42-8.2 France 2016)

Il faut distinguer deux courants parasites. Il y a toujours un courant d'origine capacitive généré par la tension entre l'âme et l'écran. Le deuxième courant, qui peut être prépondérant en fonction de la pose des câbles, provient du champ magnétique créé par le courant circulant dans l'âme et qui induit une tension dans l'écran. Pour éviter la montée en tension aux extrémités des écrans par rapport à la terre (ce qui pourrait être dangereux en cas de contact avec un humain), ces derniers sont généralement reliés entre eux (les écrans de chacune des trois phases) et ensuite à la terre sur la barrette de terre. Dès lors que la mise à la terre est pratiquée, des courants parasites vont circuler. Dans le parc des Quatre Seigneurs, une câblette réalise par ailleurs une équipotentielle entre les éoliennes et le PdL et procure un autre chemin (en parallèle de la terre) pour le rebouclage des courants parasites. Ces courants induits devraient s'annuler grâce à l'équilibrage des courants du système triphasé dans le cas théorique où les trois conducteurs de phase seraient confondus, annulant ainsi complètement le champ magnétique global. Dans la réalité, ce n'est pas le cas et l'intensité de ces courants parasites dépend des positions respectives des différents câbles (posés à plat, en trèfle ou torsadés entre eux).

Pour une ligne HTA aérienne, il n'y a pas d'écran, puisque l'air ambiant joue le rôle d'isolant et que la hauteur de pose les rend inaccessibles aux animaux et humains, le phénomène décrit ci-dessus n'est donc pas observable. En revanche, l'absence d'écran implique qu'un champ électrique se crée au voisinage de la ligne aérienne, contrairement au câble enterré où seul le champ magnétique traverse l'écran.

3.2 Description de l'environnement du parc éolien et des fermes

3.2.1 Localisation des fermes autour du parc éolien

La ferme de Mme Bouvet se situe au sud du parc éolien des Quatre Seigneurs à 1 470 m de l'éolienne E4 et 1 500 m de E8 (éoliennes les plus proches). Plusieurs parcelles se répartissent à proximité immédiate des bâtiments d'élevage, pour les vaches laitières, et à distance des bâtiments, notamment, selon les informations transmises par Mme Bouvet (

Figure 12) :

- une parcelle à proximité de E4, dédiée uniquement à des cultures,
- une parcelle entre E3 et E7, plus proche de E3, et une parcelle à l'est de E7, toutes dédiées aux génisses, vaches taries et cultures.

Les bâtiments de la ferme de M. et Mme Potiron se situent à l'ouest du parc éolien, à 700 m des éoliennes les plus proches, E1 et E2. Le parcellaire est morcelé, comprenant notamment, selon les informations transmises par M. et Mme Potiron :

- des parcelles à proximité immédiate des bâtiments d'élevage pour les vaches laitières,
- des parcelles proches de E1 où vont pâturer des bœufs et des génisses. Les animaux à l'engraissement se situent également à proximité de E1,
- une parcelle à proximité immédiate de E6, dédiée aux bœufs,
- une parcelle incluant E3 dédiée à des vaches allaitantes.

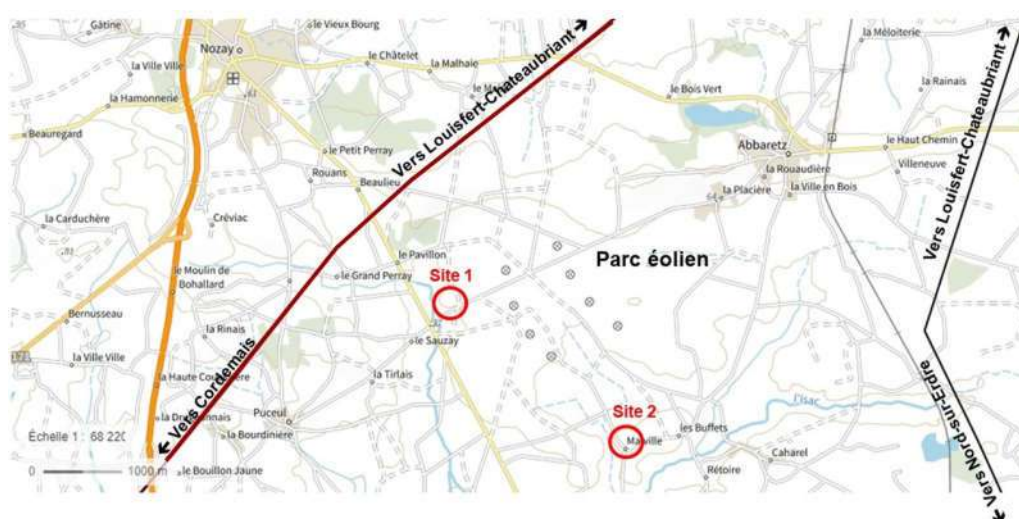
La

Figure 12 présente la localisation des parcelles et le type de bovins les occupant.

3.2.2 Description du réseau électrique local

3.2.2.1 Cartographie du réseau électrique local HTA/HTB

Les infrastructures du réseau électrique exploité par RTE sont présentées dans la Figure 10. Les éléments les plus proches du site de l'étude sont deux lignes aériennes. La première, située au nord du site à une distance de plus de 1,7 km de l'éolienne la plus proche, relie Cordemais au sud à Louisfert-Châteaubriant au nord, pour une tension de 400 kV. La seconde, plus éloignée (à environ 4 km à l'est de l'éolienne la plus proche) et de tension inférieure (150 kV), longe la ligne de tram-train Châteaubriant-Nantes. Elle relie les postes de Nort-sur-Erdre au sud à Louisfert-Châteaubriant au nord.



Tension de la ligne électrique en kilo volts

- Inférieur ou égal à 150 kv
- 225 kv
- 400 kv

Figure 10 : Carte du réseau électrique exploité par RTE à proximité du site de l'étude (source : site Géoportail)

Le réseau HTA exploité par Enedis dans l'environnement du site de l'étude est présenté dans la Figure 11. D'après les données fournies par Enedis suite à son audition, les postes sources alimentant ce réseau sont ceux de la commune de Blain, à l'ouest, et de Nort-sur-Erdre, situé au sud-est. Le parc éolien des Quatre Seigneurs est raccordé au poste de Nort-sur-Erdre *via* une ligne souterraine HTA dédiée.

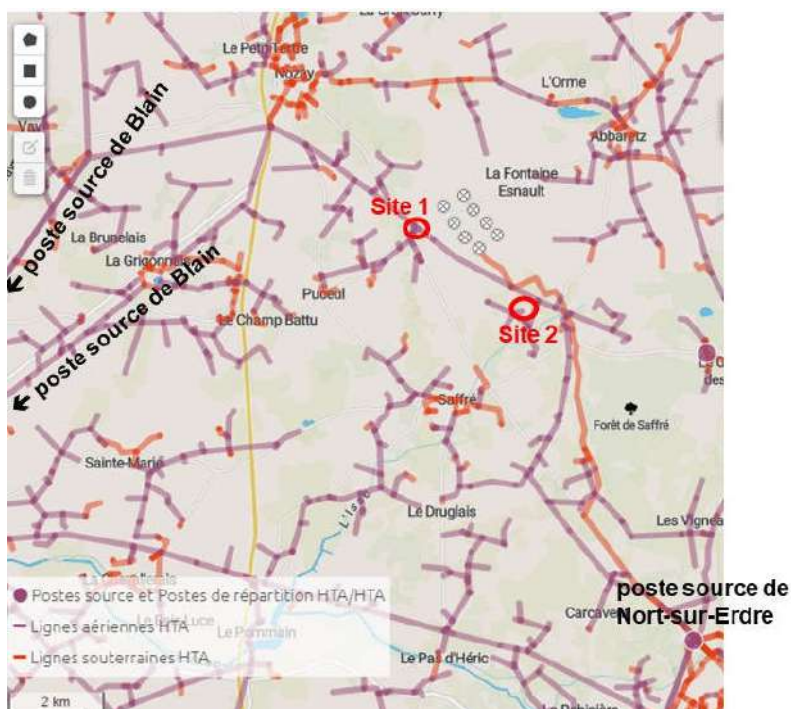


Figure 11 Carte du réseau électrique exploité par Enedis à proximité du site de l'étude (source : <https://www.enedis.fr/cartographie-des-reseaux-denedis>)

3.2.2.2 Distribution de l'énergie électrique vers les fermes de Mme Bouvet et M. et Mme Potiron

Le réseau de distribution d'énergie HTA présente une structure radiale depuis les différents postes source comme l'indique la Figure 11.

La ferme de Mme Bouvet (distribution triphasée, puissance souscrite 9 kVA) est raccordée à un poste HTA/BT lui-même relié au poste source de Nort-sur-Erdre, tandis que la ferme de M. et Mme Potiron (distribution triphasée, puissance souscrite 36 kVA) est rattachée à un autre poste source plus au nord, a priori le poste source de Blain cf. Figure 11. A noter que la ligne HTA qui apparaît entre les deux fermes est ouverte en temps normal (i.e. il n'y a pas de courant qui circule). En effet, elle n'est utilisée qu'en cas de rupture de service et, en temps normal, elle n'est fermée que deux fois l'année pour des essais de maintenance menés par Enedis.

La Figure 12 synthétise la localisation (1) du parc éolien des Quatre Seigneurs, (2) des deux élevages, des bâtiments, des parcelles et le type de bovins y pâturent, et (3) le réseau électrique environnant.

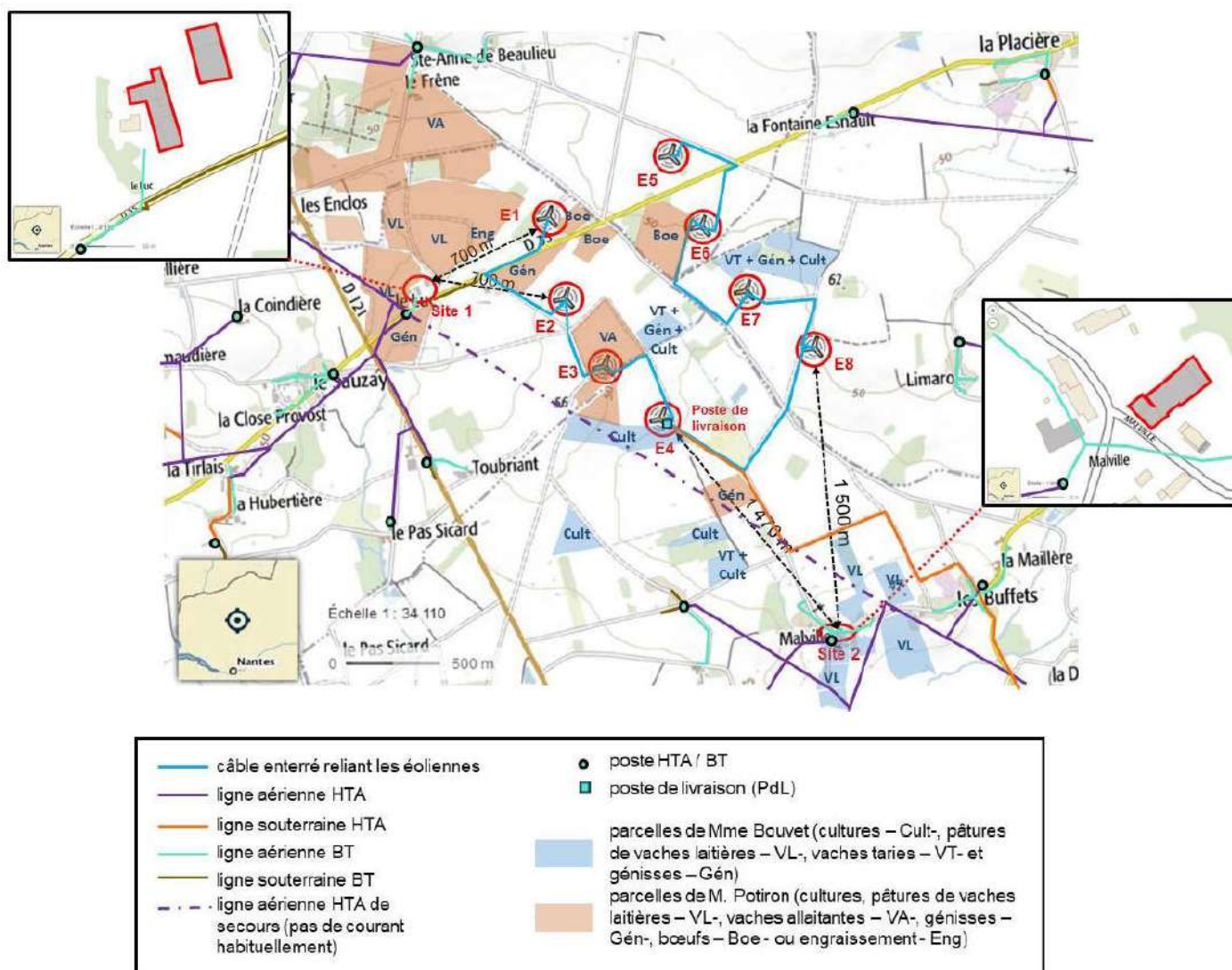


Figure 12 Localisation du parc éolien, des deux fermes et du réseau électrique environnant. Figure réalisée par l'Anses sur la base des données disponibles (documents transmis à l'Anses, service de cartographie Enedis, RTE, géoportail.gouv.fr et données fournies par les éleveurs et ABO Wind / KGAL)

3.2.3 Caractéristiques du sous-sol

3.2.3.1 Géologie

Le parc éolien des Quatre Seigneurs, ainsi que l'exploitation agricole 1 (EARL du Lody - élevage de M. et Mme Potiron) se situent sur le groupe géologique de Saint Perreux qui est composé principalement de schistes plus ou moins altérés en fonction de la zone et de la profondeur dans la zone d'implantation des éoliennes (Figure 13). Cette couche est surmontée par endroits d'altérites et de sables riches en fer qui ont d'ailleurs été exploités par le passé. Cette couche est délimitée au sud par deux sections d'une faille de chevauchement régionale qui est elle-même recouverte par des colluvions récentes, notamment près du site 1. Le site 2 (élevage de Mme Bouvet) se trouve dans la formation de Fégréac composée essentiellement de phanites (roche sédimentaire siliceuse et argileuse), séparée donc du massif rocheux sur lequel reposent les éoliennes par la faille géologique située à environ 200 mètres. La carte géologique n'indique pas d'accident ou autre particularité géologique à l'emplacement des deux sites (Figure 13).

A plus petite échelle, les sondages de reconnaissance du rapport géotechnique (D3bis-Alios 2012) décrivent plus précisément, au pied des éoliennes, deux formations géologiques principales avec des argiles sablo-graveleuses jusqu'à 11 mètres de profondeur au maximum sur un substratum schisteux.

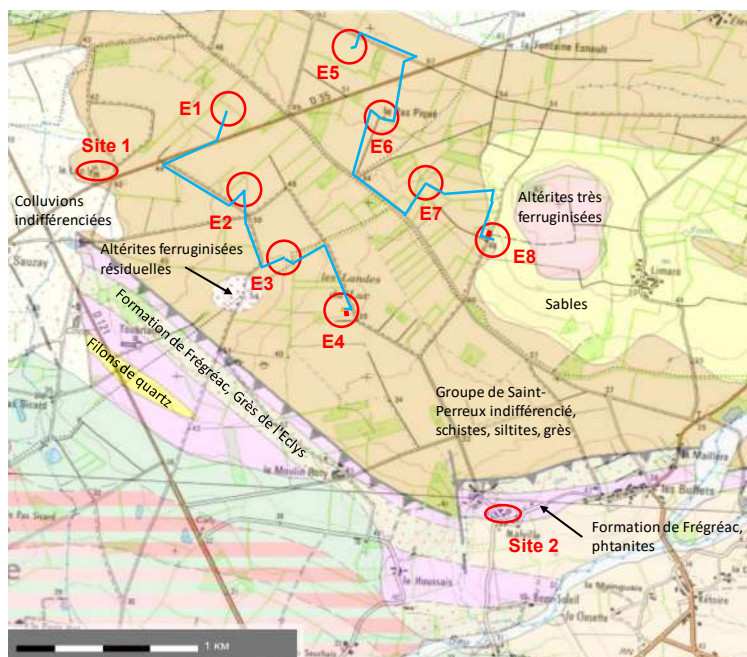


Figure 13 Géologie environnant le parc éolien et les deux sites d'exploitation agricole (source <https://infoterre.brgm.fr/>)

3.2.3.2 Nappe phréatique

Le rapport géotechnique D3bis-Alios 2012 donne des hauteurs d'eau dans les sondages de reconnaissance variant d'un à cinq mètres de profondeur respectivement pour les éoliennes 7 et 2 (2,7 mètres de moyenne sur 14 sondages).

La nappe phréatique qui affleure sur le site est donc a priori libre, i.e. le niveau d'eau est en équilibre avec la pression atmosphérique. La roche est donc partiellement saturée dans les premiers mètres et saturée en profondeur. La porosité et la perméabilité des schistes étant relativement faibles par rapport à d'autres roches, l'eau contenue dans les schistes et sa circulation sont faibles en profondeur. L'écoulement de l'eau s'effectue donc principalement en surface. La présence des fosses lors de l'implantation des éoliennes a rabattu localement la nappe jusqu'au niveau bas des fondations. Le niveau de la nappe a ensuite repris logiquement le niveau environnant après la mise en place du massif en béton avec une vitesse proportionnelle à la perméabilité du béton.

3.2.3.3 Résistivité électrique

La résistivité électrique de la roche en général varie de quelques dizaines à quelques milliers d'Ohms-mètres ($\Omega \cdot m$) (Tableau 2). Elle est pour rappel de $17 \times 10^{-9} \Omega \cdot m$ pour le cuivre soit un milliard de fois plus faible que la roche. Même si le taux de saturation en eau d'une roche ou d'un sol a un impact significatif sur sa résistivité, elle ne la changera pas radicalement. Le sous-sol n'est donc pas un bon conducteur. Par exemple, pour un sol avec une résistivité de $50 \Omega \cdot m$ (mesure faite sur un site grenoblois), avec 1 Ampère injecté ponctuellement, la différence de tension maximale que l'on peut observer entre deux points situés à 100 mètres de cette source et distants de deux mètres l'un de l'autre (distance maximale entre les pattes avant et arrière d'une vache) est de 1,6 mV. Si l'on prend la résistivité maximale mesurée sur le site ($330 \Omega \cdot m$), la différence de potentiel sera de 10 mV. Les variations de la résistivité dans ce type de sol sont probablement très progressives. Les courants électriques qui y circulent sont donc plutôt homogènes.

Tableau 2 Exemple de résistivité des eaux et des principales roches sédimentaires (Astier 1971)

Eaux ou roches	Résistivité ($\Omega.m$)	Conductivité ($\mu S/m$)
Eau de la mer	0,2	$50 \cdot 10^3$
Eau de nappes alluviales	10-30	33-1000
Eau de sources karstiques	10-100	100-1000
Sable et graviers secs	1000-10 10^3	1-10
Sable et graviers imbibés d'eau douce	50-500	20-200
Sable et graviers imbibés d'eau salée	0,5-5	$2000-20 \cdot 10^3$
Argiles	0,2-20	$500-50 \cdot 10^3$
Marnes	20-100	100-500
Calcaires	300-1000	10-33

3.2.3.4 Propagation des vibrations

A défaut d'être de bons conducteurs électriques, les roches propagent généralement bien les ondes sismiques ou les vibrations. La propagation des vibrations dans une roche ou dans un sol est principalement caractérisée par la vitesse des ondes sismiques et leur atténuation. Ces paramètres dépendent entre autres du degré d'altération, de la teneur en eau du sous-sol et aussi de la fréquence des ondes. Pour des schistes, la vitesse des ondes de pression (les mêmes que les ondes acoustiques dans un solide) varie typiquement de 3 000 à 4 500 m/s. L'atténuation des ondes sismiques autour des éoliennes a été estimée dans le rapport D45-Sixense 2017. Pour une vibration d'amplitude maximale de 0,25 mm/s et 0,30 mm/s au pied des éoliennes 1 et 3 avec une bande de fréquence comprise entre 1,5 et 28 Hz, l'atténuation était telle que l'amplitude à 340 m de distance n'était plus que de 0,01 mm/s (Figure 14), cette atténuation est assez classique de ce qui est observé habituellement dans les sols. A noter aussi que le sous-sol se comporte comme un filtre fréquentiel qui laisse passer préférentiellement les vibrations ayant les plus basses fréquences.

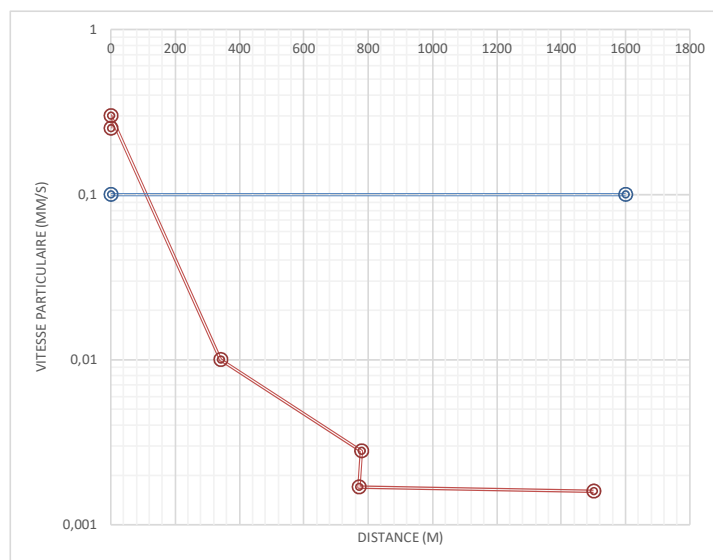


Figure 14 Vibrations des éoliennes enregistrées sur le site et à proximité des exploitations (d'après les données du rapport D45-Sixense 2017)

En résumé, le parc éolien des Quatre Seigneurs repose sur une couche de schistes relativement homogène. L'exploitation de M. et Mme Potiron se situe sur la même couche tandis qu'une grande faille de chevauchement s'interpose avec l'exploitation de Mme Bouvet. L'étude géotechnique à l'endroit de chaque éolienne a montré que la perméabilité de la roche est faible et ne favorise pas l'écoulement rapide des eaux souterraines. Le GT rappelle également que ce type de roche est électriquement un milliard de fois plus résistant que le cuivre des câbles.

3.3 Agents physiques générés par les éoliennes

De par son fonctionnement, le parc éolien des Quatre Seigneurs, comme tout parc éolien, constitue une source d'émission de différents agents physiques présentés ci-après.

3.3.1 Perturbation visuelle des éoliennes

La question d'une éventuelle perturbation visuelle pour les bovins associée à la présence des éoliennes de grande taille pourrait se poser. Néanmoins, les bovins sont à la fois myopes, presbytes et astigmates. De manière simplifiée, leur vision du spectre des couleurs est limitée aux couleurs bleues et vertes. Ils perçoivent les mouvements avec une certaine sensibilité, mais avec une précision moindre que l'être humain (les bovins voient des mouvements de manière saccadée). Par ailleurs, leur champ de vision est de 300°, avec un angle mort à l'arrière et une vision binoculaire sur seulement 55 - 60° vers l'avant. En outre, les bovins ont des difficultés avec les contrastes ombre/lumière, d'où des comportements qui peuvent à tort être considérés comme craintifs au moment notamment d'entrer dans un bâtiment (plus sombre que l'environnement extérieur), ou d'en sortir. Enfin, le GT ne dispose d'aucune étude sur l'impact visuel des éoliennes chez des bovins, les seules à en faire état de manière très elliptique étant des études plus générales sur l'impact de l'installation de parcs éoliens en Scandinavie sur des populations de rennes (Skarin, Sandström et Alam 2018). Ces données ont conduit le GT à ne pas retenir les aspects visuels liés aux éoliennes dans le cadre de la saisine.

3.3.2 Champs électromagnétiques (CEM)

Toute installation électrique crée dans son voisinage un CEM. Le CEM est associé à l'existence simultanée de deux champs vectoriels : un champ électrique E et un champ magnétique H qui se caractérisent par leur amplitude et leur sens de propagation. Des CEM sont donc présents au niveau des éoliennes en liaison avec les équipements de production, de transformation et de transport de l'électricité. La fréquence de ces champs est liée à la fréquence de circulation des courants (50 Hz). Ils se classent dans la catégorie des champs d'extrêmement basse fréquence (EBF) puisqu'inférieurs à 10 kHz. Autour d'une installation électrique on distingue une zone de champ proche où champ électrique (CE) et champ magnétique (CM) peuvent être distingués et une zone de champ lointain, dans laquelle on ne peut pas dissocier le CE et le CM, et on parlera exclusivement de CEM. Pour une onde électromagnétique de fréquence (f) de 900 MHz, la zone de champ lointain sera située à une distance de l'ordre de quelques centimètres correspondant à la longueur d'onde, alors qu'elle est de quelques milliers de kilomètres pour une onde à 50 Hz (environ 6 000 km). Ainsi à 50 Hz, les mesures s'effectuant à des distances largement inférieures, on se retrouve dans la zone de champ proche où le CE ou le CM peuvent exister sous forme isolée l'un de l'autre et peuvent être considérés séparément. Les valeurs de CM et celles de CE seront traitées de façon séparée.

Le CE est lié à la tension. Un conducteur sous tension produit un CE dans son voisinage. L'intensité de CE se mesure en volts par mètre (V/m). C'est à proximité immédiate d'une charge électrique ou d'un conducteur sous tension que le CE est le plus élevé, et son intensité diminue rapidement avec la distance. Les matériaux de construction, les arbres constituent des obstacles à la propagation des CE. Concernant les lignes de transport d'électricité enterrées, le CE en surface est à peine décelable. En effet, celui-ci est confiné à l'intérieur de la gaine qui entoure les conducteurs. Les impacts d'un CE généré par les équipements de production, de transformation et de transport d'électricité seront donc très faibles au niveau du sol. Seules les lignes aériennes et les équipements électriques des fermes sont susceptibles de générer un CE en basse fréquence dans les zones d'exposition des vaches.

Les CM sont liés à la circulation du courant électrique (intensité) dans un conducteur. L'intensité du CM se mesure en ampères par mètre (A/m). Le CM se caractérise aussi par son induction magnétique qui se mesure en microteslas (μT ; 1 μT correspond à 0,8 A/m dans le vide).

Pour une éolienne, les CM les plus importants se manifesteront en phase de production en amont du transformateur 600 V/20 000 V, zone dans laquelle les tensions sont basses mais les intensités plus fortes. Des CM de plusieurs centaines de μT pourraient alors être relevés à proximité immédiate des câbles.

Concernant les éoliennes installées sur le parc des Quatre Seigneurs, les équipements de production et de transformation comme la génératrice, le convertisseur, le transformateur 600 V/20 000 V de l'éolienne (cf. § 3.1.2, Figure 4) et les câbles associés à ces équipements se situent dans la nacelle, située à une centaine de mètres de hauteur.

Si le CM est proportionnel à la circulation de courant, il décroît cependant rapidement avec la distance. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne d'une ligne, son amplitude diminue avec des termes en $1/r^2$. Pour de nombreuses sources dont la constitution est bien plus complexe, le CM décroît au moins en fonction du carré de la distance (si bien qu'en passant de 10 cm à 100 m, par exemple, cette puissance diminue d'un facteur 1 000 000). La Figure 15 illustre la baisse d'induction magnétique avec la distance pour différents types de sources.

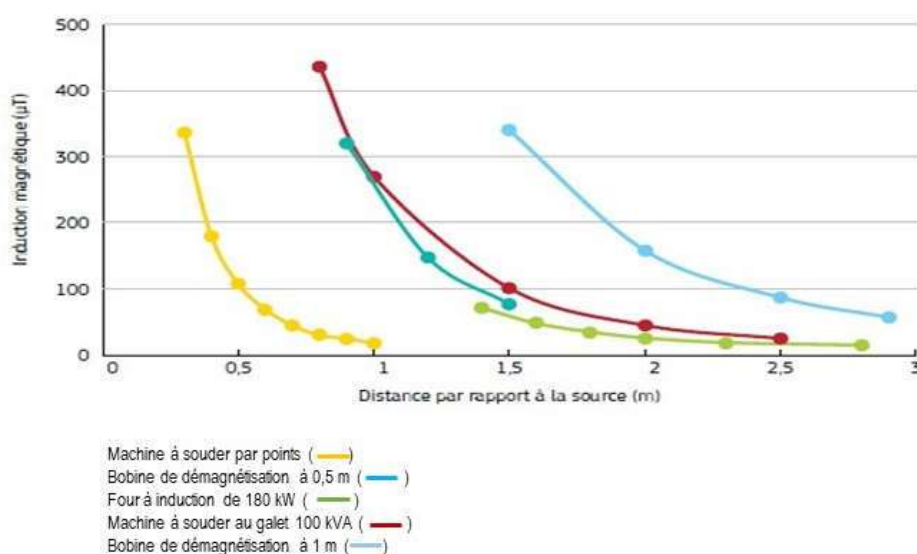


Figure 15 Baisse de l'induction magnétique en fonction de la distance pour différentes sources de fréquence électrique (source : guide non contraignant de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la directive 2013/35/UE)

Compte tenu de la distance avec le sol, les impacts d'un CM généré par les équipements de production et de transformation de courant des éoliennes, situés dans la nacelle, seront donc très faibles au niveau du sol. Les câbles reliant les éoliennes au PdL sont donc les seules sources susceptibles de générer des CM très faibles au niveau du sol.

Dans le parc éolien des Quatre Seigneurs, la liaison entre les éoliennes et le PdL se fait par des câbles souterrains. Le CM créé par les lignes enterrées est généralement plus intense au niveau de la ligne elle-même, mais décroît plus rapidement avec la distance.

Le mode de pose d'un câble souterrain, en nappe, en trèfle, en trèfle jointif ou torsadé influence le CM émis en surface. L'influence sur le CM est liée aux variations d'écartements des câbles selon la géométrie de leur pose et leur profondeur.

Pour la pose de câble en trèfle torsadé, le CM calculé pour un câble HTA (20 kV) enterré à 80 cm, pour un courant de 400 A, donne au maximum à un mètre du sol, une induction magnétique de 0,017 μT . De plus, le CM varie très fortement entre la hauteur au-dessus du sol, bien plus vite qu'avec le carré de la distance, quand les câbles HTA sont torsadés (source RTE). La configuration de pose des câbles en trèfle torsadés permet de réduire à un niveau négligeable le CM.

En résumé, les CM mesurables au-dessus de câbles enterrés varient en fonction de l'intensité du courant, de la géométrie de pose, de la profondeur d'enfouissement. La configuration de pose en trèfle torsadée est la moins émissive. Dans tous les cas, l'exposition décroît rapidement en s'éloignant des câbles.

Dans le cas du parc des Quatre Seigneurs, l'utilisation de câbles torsadés enterrés entre les éoliennes et le PdL, ainsi qu'à l'aval de ce dernier, devrait générer des CM très faibles. Les bâtiments et pâturages ont fait l'objet de nombreuses mesures de CEM champs électromagnétiques (plus de 110 points de mesures). Il a été relevé des inductions magnétiques suivantes :

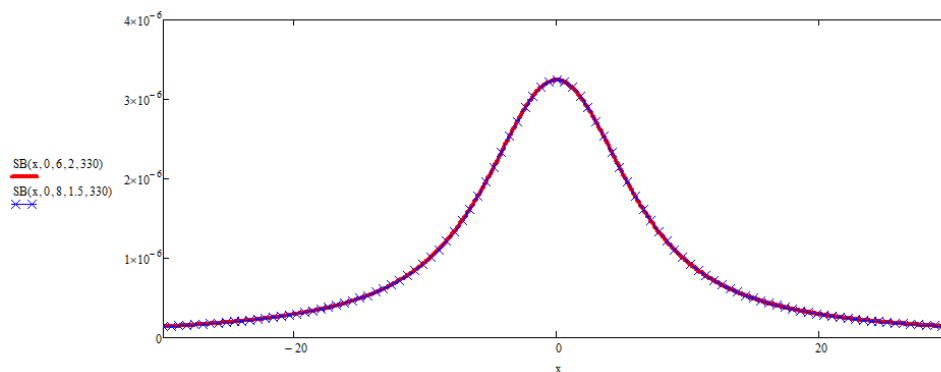
- entre 0,012 et 0,087 μT au maximum au pied des éoliennes. Logiquement, les valeurs les plus élevées sont retrouvées au niveau de la jonction de l'éolienne 4, zone dans laquelle les quatre éoliennes sont raccordées, et où les courants sont les plus élevés. La différence entre la valeur calculée ci-dessus de 0,017 μT et les valeurs mesurées peut s'expliquer par le fait que les mesures ont été réalisées au niveau des jonctions entre les câbles, zones dans lesquelles les câbles remontent à la surface du sol et ne sont plus torsadés pour effectuer les connexions. Les relevés montrent toutefois des valeurs très faibles en comparaison des niveaux de référence (plus de 1 000 fois inférieures à la limite d'exposition du public de 100 μT selon le décret n°2002-775 du 3 mai 2002) ;
- de 0,4 à 9 μT à 1 m du sol et à 0,5 m du PdL. La zone du PdL subit différentes influences : jonction avec le câble provenant des éoliennes 1 à 4, jonction avec le câble provenant des éoliennes 5 à 8, départ vers le réseau Enedis, une configuration en nappe, remontées des câbles au niveau du sol. On retrouve donc à proximité immédiate les valeurs de champs magnétiques les plus élevées. Les relevés se maintiennent à 10 % du niveau de référence pour le public. De plus, cette zone n'est pas une zone de fréquentée par les vaches laitières ;
- entre 0,025 à et 0,06 μT , à l'intérieur des bâtiments d'élevage. La distance entre les bâtiments et le parc éolien exclut une influence du CEM créé par celui-ci. Ces mesures incluent les influences des installations électriques propres au fonctionnement des élevages : les équipements électriques et leur alimentation électrique. Le tableau suivant présente des exemples de relevés de champs magnétiques émis par différents équipements présents dans des fermes d'élevages.

Tableau 3 Exemples de relevés de champs magnétiques émis par différents équipements présents dans des fermes d'élevage (Source : rapport Anses (2015))

Nature de l'équipement	CM mesurés (μT)
Armoire de commande	0,05 à 2,63
Armoire électrique	0,03 à 24,6
Chauffe-eau	0,05 à 1,05
Groupe électrogène	1,85 à 3,12
Eclairage tubes fluorescents	0,03 à 0,91
Pompe à lait	1,54 à 9,17
Pompe à vide	0,33 à 2,28
Robot de traite	0,25
Tank à lait refroidisseur	0,13 à 2,22

Comme précisé au § 3.2, l'exposition en pâture des vaches inclut les CEM associés aux lignes de transport d'électricité aériennes. Bien que sans rapport avec le fonctionnement des éoliennes, le GT a réalisé des simulations de calcul des CM (Figure 16) et des CE (Figure 17) sous les lignes HTA aériennes dans l'objectif d'apprécier leur impact, des lignes aériennes étant présentes dans le voisinage des fermes (cf. Figure 12) :

- concernant le CM (Figure 16), à 130 A efficaces (soit une puissance de 4,5 MW), ces simulations donnent une valeur maximale de 4,5 μT dans la configuration géométrique de la ligne la plus défavorable. A 30 mètres, le CM est quasi-nul. Plusieurs configurations de poteaux ont été prises en compte (hauteur 6 m, écartement des câbles 2 m ou bien hauteur 8 m écartement 1,5 m) pour calculer l'induction magnétique à la surface du sol en prenant en compte la résistivité de ce dernier. On constate l'absence de sensibilité des paramètres géométrique du poteau ainsi que de la résistivité de sol dans une très large gamme de valeurs et en particulier la dispersion que l'on peut trouver sur les sites concernés. Le GT a retenu la valeur maximale de 0,33 μT pour 450 kW²⁰ ;
- concernant le CE, le scénario le plus défavorable est celui d'une ligne la plus proche du sol avec des câbles les plus espacés les uns des autres, mais dans le cas d'un calcul avec un sol infiniment conducteur, calcul facilité mais donnant néanmoins d'excellents ordres de grandeur. La prise en compte de la conductivité du sol devrait avoir les mêmes effets d'atténuation que pour le calcul de l'induction.



Abscisse : - 30 m à + 30 m autour du câble central à 0, ordonnées = T, écartement des fils de 1,5 m à 8 m de hauteur du sol en bleu, écartement de 2 m en rouge à 6 m de hauteur du sol.

Figure 16 Induction magnétique (T) au niveau du sol pour une intensité maximale de 130 Aeff transitée par une ligne HTA en en adoptant la résistivité mesurée du sol (pas de variation constatée de 180 $\Omega\cdot\text{m}$ à 330 $\Omega\cdot\text{m}$. Dans ce cas, la puissance transitée (450 kW) est de l'ordre de 13 Aeff, ce qui conduit à une induction divisée par 10, c'est-à-dire au maximum 0,33 μT

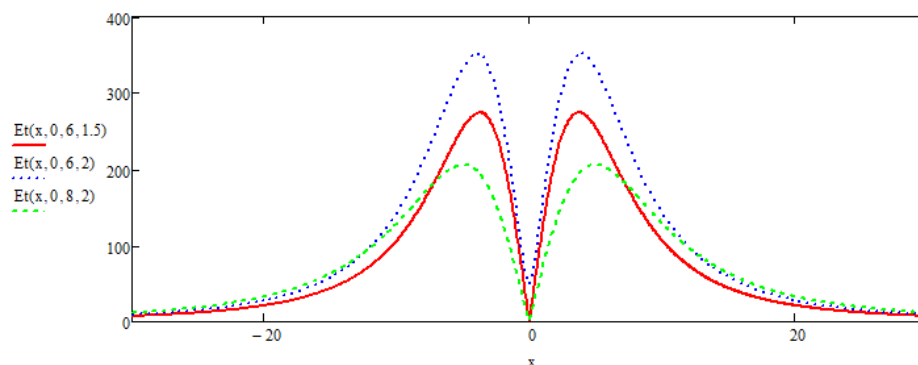


Figure 17 Evolution du champ électrique (V/m) à la surface du sol sous une ligne HTA 20 kV pour une hauteur de poteau de h = 6 m ou h = 8 m et un écartement des câbles de 1,5 ou 2 m (en supposant un sol infiniment conducteur dans ce calcul, mais conduit à un bon ordre de grandeur)

²⁰ Ces valeurs sont cohérentes avec les simulations RTE faites pour Enedis (audition du 13 janvier 2021, rapports internes non publiés). Les niveaux maximaux de CM fournis par RTE sont de 2,8 μT sous la ligne et 0,09 μT à 30 m de la ligne pour un courant de phase de 130 A. Ces valeurs sont celles citées par l'Ineris et exploitées dans un rapport de l'Afsset (2010) relatif aux effets des lignes HTA sur la santé humaine.

Des limites à l'exposition sont fixées pour le public, ces valeurs de références étant, pour 50 Hz, 100 μ T pour l'induction magnétique et 5 000 V/m pour l'intensité de CE.

Concernant les bovins, le rapport Anses (2015) conclut, concernant les effets directs des CEM, sur les performances zootechniques et sanitaires que : « les publications ne montrent pas d'effets majeurs ou univoques sur la fertilité, la production laitière et la santé dans les exploitations exposées en conditions non contrôlées ou semi-contrôlées. Il est rapporté lors des essais en conditions contrôlées (CEM de 30 μ T, 30 jours) une baisse possible de la production laitière, du taux butyreux et une augmentation de l'ingestion ».

3.3.3 Courants parasites

Les CEM peuvent induire des courants et tensions parasites. Le CE peut être à l'origine d'une accumulation locale de charges électriques qui, lors d'un contact, peuvent circuler à travers le corps de l'animal et se traduire par des décharges électriques. La caractérisation de ces courants de fuite est liée à des relevés de tensions de contact et de mesures de courants. Il est à noter que les courants parasites peuvent avoir de nombreuses origines autres que les CEM, notamment des pertes électriques, des couplages inductif ou capacitif entre des installations électriques et des éléments métalliques, des défauts de mise à la terre, des couples électrochimiques...

Les courants parasites sont des courants électriques, souvent faibles, en général alternatifs de la fréquence du réseau (50 Hz). Ils peuvent circuler dans les lieux de vie des animaux et sont détectables sur les différents éléments métalliques présents dans les fermes, à commencer par les bâtiments eux-mêmes, les abreuvoirs, les cornadis, les cages, les systèmes d'alimentation etc. L'état des connaissances en ce qui concerne les courants parasites et leurs effets sur les animaux d'élevage est visible dans le rapport Anses (2015) aux chapitres 2.6 et 4.12.

Il faut noter que deux types de trajet du courant doivent être pris en compte (Figure 18) :

1. les « tensions de contact » d'un élément métallique (abreuvoir, cornadis...) dont l'origine peut être multiple. Le courant traverse alors l'animal et retourne au sol par les membres.
2. les « tensions de pas », qui surviennent lorsqu'un courant s'établit entre les membres antérieurs et postérieurs d'un animal (rapport Anses (2015)).

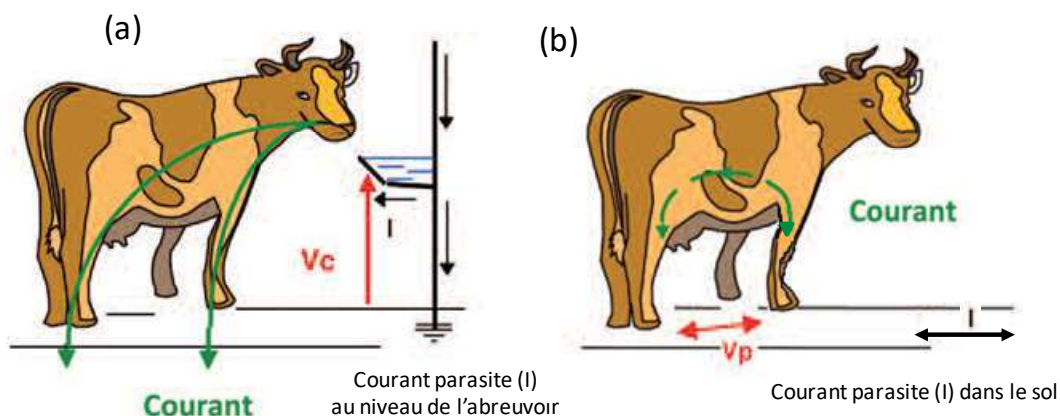


Figure 18 Trajets du courant traversant l'animal (en vert): (a) Tension de contact (V_c) et (b) Tension de pas (V_p). I = courant parasite (rapport Anses (2015) d'après Rigalma, Gallouin et Roussel (2009))

On note notamment que :

- les courants parasites ont principalement deux origines : une origine liée à l'activité de l'élevage (équipements électriques présents) et une origine externe imputable aux lignes de transport d'électricité proches de l'exploitation ;
- des études ont été menées sur les modifications comportementales des animaux de rente en réponse à des courants électriques induits (rapport Anses (2015)). Ces derniers peuvent résulter d'un contact direct des animaux avec des structures ou des équipements sous

tension (matériel d'élevage) ou avec le sol, en cas de raccordement électrique à la terre défectueux ;

- des études expérimentales concluent à des réponses de stress, modérées à sévères, qui apparaissent en fonction des valeurs de tension/intensité et varient selon les espèces et les individus, compte tenu de leurs différences de résistances corporelles et de sensibilité individuelle aux courants électriques (Tableau 8, p. 49, Anses (2015)) ;
- concernant le cas du parc éolien des Quatre Seigneurs, en l'absence de mesures exploitables lors des expérimentations menées sur le terrain, le GT a essayé de reconstituer les grandeurs électriques fondamentales (dont certaines d'ailleurs ne sont pas forcément accessibles en mesure pour des raisons matérielles) susceptibles d'évaluer l'apparition de tensions de pas perceptibles par un bovin. Ces simulations, détaillées en Annexe 4, ont été réalisées à partir de la modélisation de l'implantation physique des câbles entre l'éolienne 4 et le PdL dans le cas où une travée d'éoliennes produit la puissance maximale, soit 8 MW. La complexité de l'installation a rendu nécessaire des simplifications dans la constitution de ces modèles, simplifications qui n'altèrent toutefois pas la pertinence de ces derniers. Par ailleurs, le GT a pu vérifier la très bonne cohérence de certains résultats obtenus par ces modèles, grâce à des guides internationaux concédant, eux aussi, des simplifications dans l'obtention de leurs résultats. L'écart entre leurs valeurs et celles du GT, dans le cas le plus défavorable, est de l'ordre de 10 %. Les experts notent que certaines mesures faites sur le terrain corroborent également les résultats de simulation.

En conclusion, les résultats de simulation montrent des valeurs de tension de pas négligeables pour les bovins dans le scénario le plus défavorable (bovin parallèle au trajet des câbles et immédiatement à leur aplomb) lorsqu'une travée d'éoliennes fonctionne à sa puissance maximale.

3.3.4 Ondes acoustiques audibles et non audibles (infrasons)

3.3.4.1 Acoustique physiologique

Comme indiqué dans le rapport Anses (2017), « *un son est par définition une onde produite par une vibration mécanique des molécules d'un milieu autour de leur position d'équilibre* ». Du point de vue physique acoustique, il est possible de distinguer (1) des sons purs (ou mono-fréquentiels), (2) des sons complexes (multi-fréquentiels, constitués d'un nombre fini de sons purs) et (3) des bruits (constitués d'un nombre important de sons purs).

Les ondes acoustiques sont caractérisées par trois paramètres :

- leur amplitude, correspondant aux variations de pression, exprimée sur une échelle logarithmique en décibels (dB). Les sons peuvent être classés sur une échelle d'intensité des sons faibles vers des sons forts,
- leur durée d'émission, exprimée en secondes (s). Ainsi, peuvent être décrits des sons impulsionnels (très brefs, inférieurs à une seconde), ou continus (avec des durées différentes),
- leur fréquence (ou contenu fréquentiel), correspondant au nombre de vibrations par seconde de l'onde sonore, exprimée en Hertz (Hz). Les sons peuvent être classés sur une échelle des sons aigus (avec une fréquence élevée) vers des sons graves (avec une fréquence faible).

Chez l'être humain, la perception des ondes acoustiques audibles (souvent repris sous le vocable de « sons ») s'étend entre les fréquences allant de 20 Hz à 20 kHz. La limite haute fréquence est très franche, avec ou non une perception auditive. Au-delà de 20 kHz correspond le domaine des ultrasons. Pour la limite basse (20 Hz), la perception auditive évolue vers une perception vibrotactile. La frontière perceptive en basse fréquence n'est donc pas aussi franche que la frontière perceptive en haute fréquence.

Par convention, en liaison avec la capacité auditive d'une oreille humaine, les basses fréquences (sons graves) se situent entre 20 et 200 Hz et les infrasons se situent en-dessous de 20 Hz. Si les infrasons sont généralement considérés comme inaudibles, il convient de souligner qu'ils peuvent être perçus lorsqu'ils sont de forte intensité (rapport Anses (2017)).

Chez les animaux, notamment les animaux d'élevage, l'audition a fait l'objet de peu d'études, et elles sont relativement anciennes. Selon l'étude de H.E. Heffner (1998), l'échelle des fréquences sonores audibles chez les bovins est légèrement plus étendue que celle de l'humain vers les hautes fréquences mais reste toutefois inférieures à d'autres espèces telles que les félins et certains animaux de laboratoire. Les petits rongeurs de laboratoire (rats, souris) ont des échelles très différentes, les limites en BF étant notamment beaucoup plus élevées que celles des bovins. La limite en basse fréquence chez les bovins est quant à elle proche de celle de l'humain et plutôt parmi les plus faibles (Tableau 4, Figure 19).

Tableau 4 Echelle des fréquences sonores chez plusieurs espèces animales et l'être humain (d'après H.E. Heffner (1998))

Espèce animale	Limite basse fréquence (Hz)	Limite haute fréquence (Hz)	Meilleure sensibilité (dB)	Meilleure fréquence (Hz)
Bovin	23	37 000	-11	8 000
Humain	20	20 000	-10	4 000
Porc	42	40 500	9	8000
Cheval	55	33 500	7	2 000
Chat	55	79 000	-10	8 000
Chien	67	44 000	-1	8 000
Rat de laboratoire	530	70 500	0	8 000
Souris de laboratoire	900	79 000	5	15 000

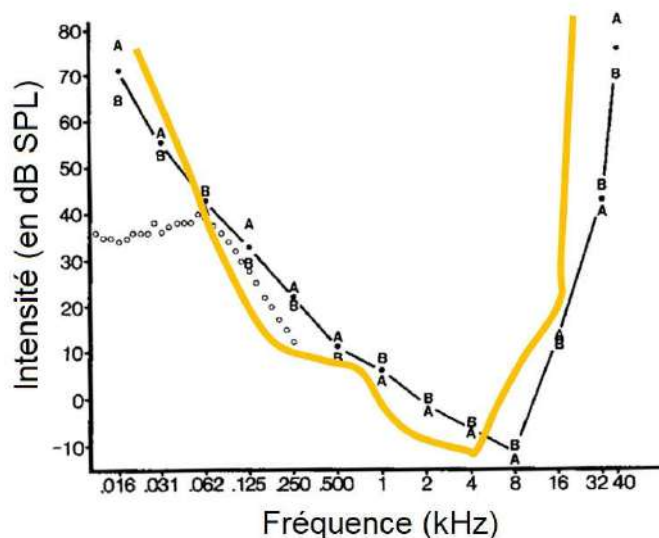


Figure 19 Seuil perceptif ou « audiogramme » de deux bovins (A et B) avec superposition de l'audiogramme moyen de l'Homme = courbe en orange (figure modifiée d'après R. Heffner et Heffner (1983))

3.3.4.2 Emissions acoustiques des éoliennes

Lors de leur fonctionnement, les éoliennes émettent des ondes acoustiques sur une large gamme de fréquences. Une éolienne constitue ainsi une source importante d'ondes acoustiques de basses fréquences audibles et non audibles (selon l'espèce animale considérée – être humain vs bovin - et le niveau d'émission) comme les infrasons. Un spectre d'émission d'éolienne présente

typiquement une décroissance de 4 dB par octave, tel que l'exemple donné dans la Figure 20 qui illustre l'exposition acoustique à 3 km d'une éolienne (nommée H3 dans la publication) mesurée par Zajamšek *et al.* (2016) en densité spectrale de puissance acoustique (PSD *Power spectral density*) lors de son fonctionnement et à l'arrêt.

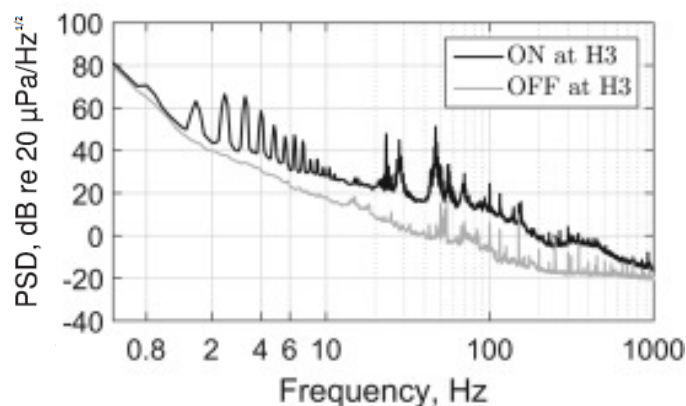


Figure 20 Exemple de résultat de mesures acoustiques autour d'un parc éolien (extérieur) pour des conditions de fonctionnement (spectre de couleur noire) et d'arrêt (spectre de couleur grise) des turbines (Zajamšek *et al.* 2016)

Ces émissions acoustiques résultent de la contribution de sources d'origine :

- mécanique provenant du fonctionnement de tous les composants présents dans la nacelle (transformateur, convertisseurs, systèmes de ventilation des éoliennes elles-mêmes, qui génèrent des bruits audibles pour l'humain, mais situés à 100 m de hauteur) ;
- aérodynamique (sources principales sur les éoliennes modernes) résultant principalement du mouvement de l'air autour de chaque pale. D'autres productions acoustiques d'origine aérodynamique, telles que le cisaillement du flux d'air situé entre les pales et la tour peuvent également être à l'origine d'émissions acoustiques en très basse fréquence non audibles. Il convient de souligner qu'au pied des éoliennes, il n'est pas certain de pouvoir distinguer les bruits issus de la nacelle de ceux des pales. Il est néanmoins vraisemblable que le bruit du transformateur, situé à 100 m de hauteur et, de plus, enfermé dans la nacelle, ne soit pas perçu par rapport au bruit des pales.

L'activité des éoliennes étant fonction des régimes de vent auxquelles elles sont soumises, ces sources acoustiques sont particulièrement fluctuantes. Elles augmentent néanmoins proportionnellement à la vitesse de rotation des pales.

3.3.4.3 Propagation des émissions acoustiques

Il est à souligner que l'exposition sonore dépend non seulement de la source des émissions acoustiques (les éoliennes ici), mais également des caractéristiques de propagation sonore très liées à l'environnement (conditions météorologiques, topographie, nature du sol, présence de végétation). L'ensemble de ces notions d'acoustique des éoliennes est développé dans le rapport Anses (2017) relatif aux éoliennes et infrasons. Le bruit est néanmoins plus important dans la direction du côté au vent de l'éolienne (Figure 21).

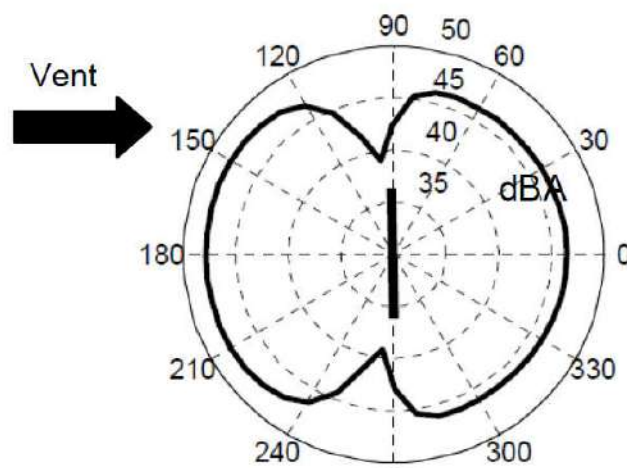


Figure 21 Exemple de directivité horizontale d'une éolienne (niveau sonore global moyenné en dB A sur plusieurs révolutions de rotor) (Tian et Cotté 2015)

3.3.4.4 Cas du parc éolien des Quatre Seigneurs

Le parc éolien des Quatre Seigneurs ne présente pas de particularité technique en termes de nombre d'éoliennes présentes, de hauteur des nacelles, de dimensions des pales et de technologie utilisée (voir l'analyse d'un parc éolien dans le rapport Anses (2017)). Par conséquent, les émissions acoustiques attendues devraient être comparables à celles d'autres parcs éoliens en France. Les caractéristiques topographiques d'intérêt pour les émissions acoustiques du site d'implantation du parc éolien des Quatre Seigneurs ne mettent pas en évidence de particularités de phénomènes de propagation sonore.

3.3.5 Vibrations du sol

3.3.5.1 Régimes vibratoires des éoliennes

Les travaux s'intéressant aux phénomènes de vibrations transmises au sol par les éoliennes sont clairsemés. Le sujet abordé dans le rapport Anses (2017) mentionne l'existence de deux régimes principaux de vibrations d'une éolienne :

- une vibration de l'ensemble de l'éolienne (massif de fondation, mât, nacelle et pales) selon ses modes vibratoires propres (mouvements de flexion et mouvement de torsion du mât). Ce mode vibratoire peut exister lorsque l'éolienne est à l'arrêt et qu'elle est sollicitée par le vent (pales pouvant tourner à vide ou être arrêtées) ;
- le second régime est lié au mouvement du rotor qui entraîne des sollicitations mécaniques dans le mât (interaction mécanique du rotor en mouvement avec le mât, contraintes aérodynamiques sur le mât lors du passage d'une pale devant le mât). Ce régime vibratoire ne peut donc survenir que si l'éolienne est en exploitation.

Les fréquences associées au premier type de régime de vibration sont indépendantes de la vitesse du vent mais sont inversement proportionnelles à la taille et à la masse de l'éolienne. Pour les grandes éoliennes (hauteur de 80 mètres et rotor de 90 mètres), elles vont de quelques dixièmes d'hertz (modes de flexion) à quelques hertz (modes de torsion). Les fréquences associées au deuxième type de régime de vibration (rotation des pales) dépendent de la fréquence de passage des pales (triple de la fréquence de rotation du rotor), et donc de la vitesse du vent.

3.3.5.2 Propagation des vibrations dans le sol

Le couplage vibratoire entre la structure et le sol est peu documenté dans la littérature. Si la nature du sol et le dimensionnement des fondations jouent un rôle important, il semble également que le transfert agisse davantage sur les amplitudes que sur les fréquences des vibrations transmises (rapport Anses (2017)).

La propagation des vibrations dans le sol dépend fortement de la nature et de la structure des sols traversés. Les ondes mécaniques générées par les éoliennes dans le sol sont essentiellement des ondes de surface (Saccorotti *et al.* 2011). Très peu de données sont disponibles dans la littérature sur les niveaux vibratoires relevés auprès des riverains et provenant des éoliennes, les quelques travaux existants montrent qu'au-delà de 300 mètres (LUBW 2016) à 700 m (études internes Cerema) d'une éolienne, les vibrations se confondent rapidement avec le bruit de fond vibratoire d'un site (vitesses vibratoires inférieures à 0,07 mm/s).

3.3.5.3 Cas du parc éolien des Quatre Seigneurs

Les caractéristiques techniques des éoliennes du parc éolien des Quatre Seigneurs ne laissent pas présager d'émissions vibratoires particulières. La propagation des vibrations dans les schistes (§ 3.2.3.1) ne devrait pas être favorisée par rapport à d'autres roches plus rapides et moins atténuantes comme les calcaires ou les granites présents sur d'autres sites.

3.3.6 Autres sources environnementales possibles d'agents physiques

Pour chacun des quatre agents physiques générés par les éoliennes et retenus par le GT (CEM, courants parasites, infrasons et vibrations), il existe d'autres sources potentiellement présentes dans l'environnement du site et susceptibles de contribuer aux expositions. A titre d'exemple, des CEM sont émis par les installations électriques des bâtiments, les appareils électriques utilisés (robot de traite, pompe à vide de la machine à traire, tank...), les clôtures électrifiées, ainsi que les lignes électriques, les antennes radio, de téléphonie, etc. Les courants parasites peuvent résulter d'une mise à la terre défectueuse, d'une mauvaise isolation ou de mauvais branchements électriques. Des infrasons sont émis par le vent, la végétation (sous l'effet du vent), les trains, le trafic routier ou les activités agricoles motorisées. Des vibrations peuvent provenir des trafics routier et ferroviaire, des engins et véhicules agricoles, de la machine à traire et du robot de traite, etc.

En résumé, compte tenu de la description du site de l'étude, la localisation des éoliennes et des câbles qui les relient jusqu'au PdL d'où part un câble enterré vers le poste source, ainsi que des deux élevages (bâtiments, pâtures, répartition des bovins sur ces pâtures, etc.), il est apparu nécessaire aux experts que l'application de la méthode d'imputabilité porte non seulement sur les éoliennes elles-mêmes, mais également sur les câbles inter-éoliennes, le PdL et le câble d'Enedis qui relie le PdL du parc éolien au poste source et longe une partie des parcelles de Mme Bouvet.

Concernant les agents physiques générés par les éoliennes, les experts ont retenu : les champs électromagnétiques, les courants parasites, les infrasons et les vibrations, qui tous sont pris en compte dans l'analyse de l'imputabilité aux éoliennes des troubles rapportés dans les deux élevages bovins (cf. § 6), troubles abordés dans le § 4 ci-après.

4 Troubles rapportés et/ou objectivés dans les deux élevages bovins

La description des troubles listés ci-dessous est issue des différents rapports disponibles (Annexe 2) et des auditions des éleveurs, ainsi que de leur vétérinaire traitant commun. Il est à noter que bon nombre des troubles évoqués par les éleveurs et qui sont apparus, selon leurs indications, à partir de la mise en chantier ou en fonction du parc éolien, perdurent au moment de la rédaction du rapport. Ainsi, certains rapports de visites d'élevage correspondent à des interventions relativement précoces, en 2014 (expertise comptable) ou en 2015/2016 (GPSE, Filière blanche), alors que d'autres ont été établis beaucoup plus tardivement. C'est notamment le cas du rapport d'évaluation technico-économique, sanitaire et comportementale établi le 7 juin 2019 par le Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire (CHUV) d'Oniris. Cette évaluation a été commanditée par la Préfecture de Loire-Atlantique en août 2018, dans la mesure où cette dernière continuait à être sollicitée par les éleveurs, eux-mêmes appuyés par d'autres parties prenantes.

En effet, d'après les éleveurs, leurs deux exploitations continuaient à être confrontées à des troubles identiques ou similaires à ceux qu'ils avaient vu apparaître en 2012/2013. Etant donné le caractère persistant de ces troubles, il est donc justifié que le GT intègre des rapports plus récents dans son analyse, d'autant que ces derniers ont fait appel à des démarches d'audit d'élevage et d'investigations diagnostiques non réalisées jusque-là. En ce qui concerne certains troubles (boiteries, défauts de croissance ou causes de mortalité...), le GT regrette, notamment au regard de l'analyse qui lui est demandée, que de telles démarches n'aient pas été mises en œuvre lors d'interventions et d'évaluations réalisées plus précocement.

Dans ces élevages de bovins sont en particulier rapportés par les éleveurs des troubles du comportement, des baisses de production de lait, des troubles de la reproduction, des mammites et une détérioration de la qualité sanitaire du lait, des retards de croissance, ainsi que des boiteries et une mortalité anormale. Certains troubles relèvent uniquement des déclarations d'éleveurs, d'autres sont objectivés par des résultats d'analyse ou par les observations d'un tiers. A ce titre, les données du vétérinaire traitant antérieures à 2016 ne sont pas informatisées, il s'agit d'informations renseignant uniquement sur les honoraires et médicaments fournis, sans précision sur le type d'intervention ou le motif de prescription. Par conséquent, les données précises sur le suivi sanitaire des deux élevages sont lacunaires, voire inexistantes avant 2016.

Les troubles n'étant pas strictement identiques dans les deux élevages, ils sont détaillés séparément.

4.1 Elevage de Mme Bouvet

En 2012, l'élevage de Mme Bouvet était composé d'une trentaine de vaches Prim'Holstein en production, entretenues alternativement au pâturage et dans une stabulation avec aire paillée intégrale, et de jeunes animaux de renouvellement. Les vaches sont logées en permanence dans le bâtiment pendant trois à quatre mois, en général entre fin novembre / début décembre et fin février de chaque année. Le reste de l'année, elles vivent à l'extérieur sur des pâtures proches du bâtiment, où la traite est effectuée matin et soir dans la salle de traite composée de deux quais de cinq postes chacun. Les vaches laitières en production (VL), lorsqu'elles sont à l'extérieur ou dans la stabulation, se situent à 1 300 – 1 400 mètres des éoliennes. Les vaches tarées et génisses, lorsqu'elles ne sont pas logées dans le bâtiment et se trouvent au pâturage (en fonction de la saison), occupent une parcelle à côté de l'éolienne E7. Les bâtiments d'élevage ont été rénovés en 1995. L'élevage dispose de 30 hectares de pâtures (cf. Figure 12).

Selon Mme Bouvet, les troubles ont débuté en octobre 2012. Selon le vétérinaire traitant, un bilan sanitaire d'élevage avait été réalisé chez Mme Bouvet le 19 novembre 2012 par son associé, qui a

depuis quitté cette structure. Pour autant, ce bilan sanitaire n'avait pas fait émerger de problème particulier justifiant une évolution particulière de sa prise en charge sanitaire et de son protocole de soins.

4.1.1 Mammmites et qualité du lait

Mme Bouvet rapporte le développement d'une série de mammmites à partir d'octobre 2012. Les traitements inefficaces ou insuffisamment efficaces auraient conduit Mme Bouvet à réformer de nombreuses vaches, notamment les plus atteintes. Une amélioration se serait produite suite à la mise au pâturage en 2013.

Dans le compte-rendu de sa visite d'élevage du 26/02/2015 réalisé dans le cadre du protocole GPSE (D13-Laval 2015), Mme Laval, du GPSE, mentionne les éléments relatés par l'éleveuse : *« en octobre 2012 .../... elle constate l'apparition de mammmites d'environnement graves, ne répondant à aucun traitement. .../... Sur la base d'examens bactériologiques, les traitements donnent de meilleurs résultats. En février 2013, les mammmites réapparaissent. Elles répondent correctement au traitement, mais les taux cellulaires augmentent fortement de façon irrégulière. La situation s'améliore jusqu'en janvier 2014, où les difficultés réapparaissent ».*

Le rapport de Filière Blanche du 27/04/2015 (D16- Filière Blanche 2015) présente l'enregistrement des mammmites comptabilisées par le contrôle laitier, précisant que *« les rechutes nombreuses ne sont pas comptabilisées »* (Figure 22). Un seul cas de mammite est observé entre octobre et décembre 2012.

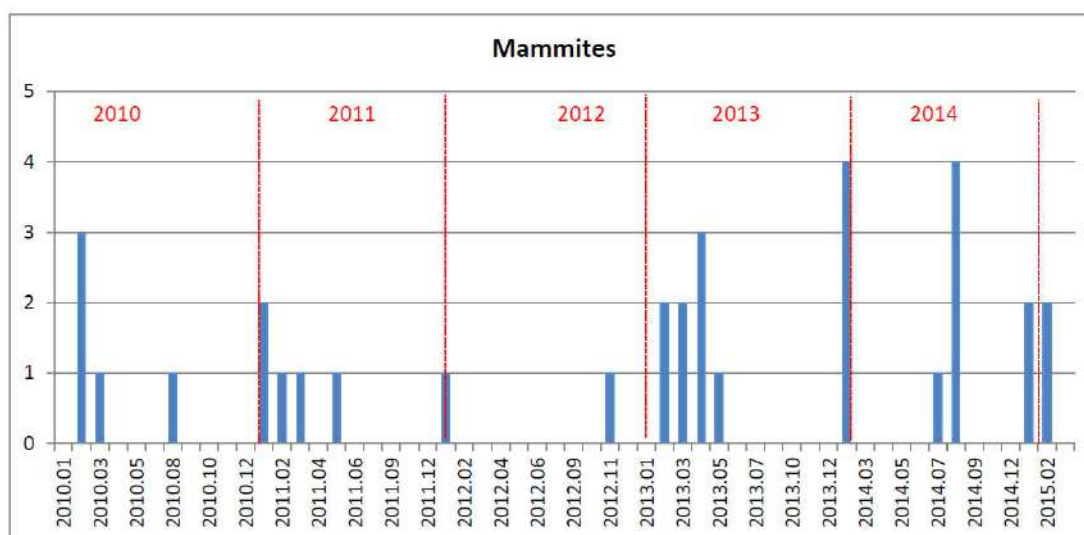


Figure 22 Enregistrement des mammmites comptabilisées par le contrôle laitier (D16- Filière Blanche 2015)

Sur la même période, i.e. de janvier 2010 à février 2015, l'effectif des vaches laitières en production ou taries de l'élevage est indiqué dans le même rapport (cf. Figure 23). Après une diminution régulière de l'effectif des vaches adultes de fin 2010 à novembre 2012, passant de 39 à 27 vaches, celui-ci croît brusquement sur deux mois, entre novembre 2012 et janvier 2013, pour passer de 27 à 36 vaches. Aucune explication à cet accroissement très conséquent et rapide (33 % en deux mois) n'est fournie dans le rapport. Cette évolution d'effectif rejoint celle des cas de mammmites cliniques aiguës mentionnés par Mme Bouvet et, en partie, celle du pourcentage de primipares en production (cf. Figure 24). Par la suite, cet effectif reste relativement constant, se maintenant entre 33 et 38 vaches adultes.

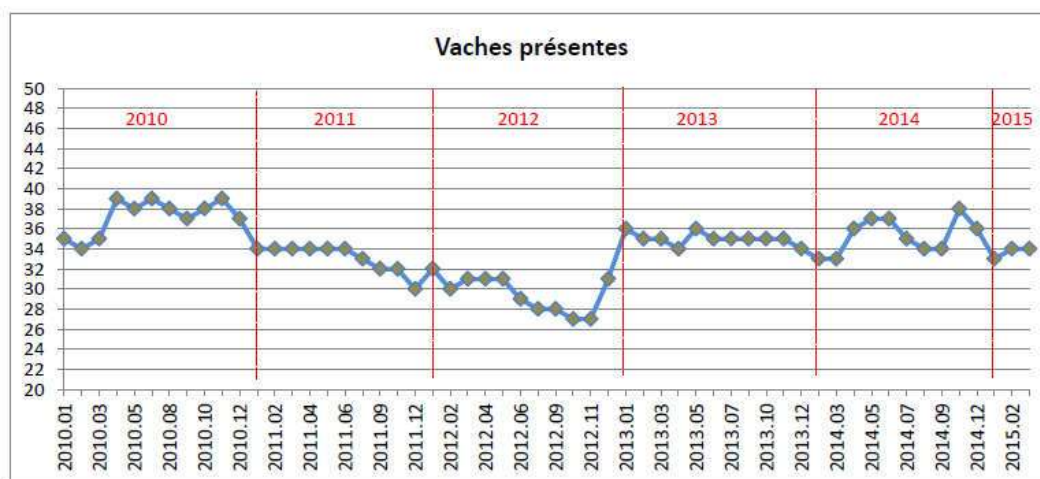


Figure 23 Enregistrement mensuel des effectifs de vaches présentes (D16- Filière Blanche 2015)

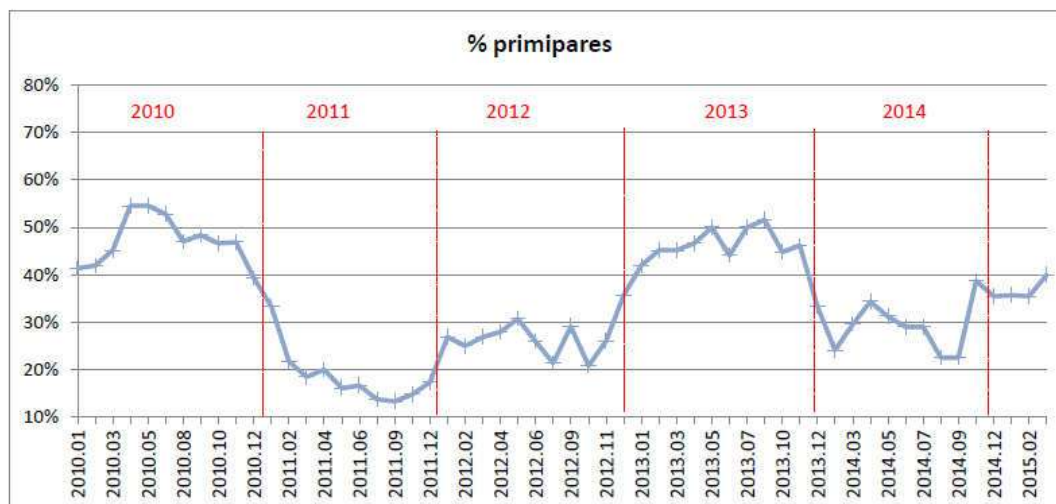


Figure 24 Enregistrement mensuel du pourcentage en effectif des vaches primipares présentes (D16- Filière Blanche 2015)

Selon le vétérinaire traitant, des analyses ont été réalisées sur le lait en avril 2013, suite à des échecs de traitement des mammites en lactation et au tarissement. Ces analyses auraient été réalisées sur le lait de mélange du tank de l'exploitation et sur les laits individuels des vaches atteintes de mammites. Des *Escherichia coli* ont été isolés sur des laits individuels de mammites, mais pas dans le lait de tank. Des staphylocoques coagulase négative (SCN) ont été isolés à la fois sur certaines mammites et dans le lait de tank. Un protocole de soins adapté aux résultats obtenus a été mis en place pour le traitement des mammites cliniques, ainsi qu'un protocole de traitement systématique au tarissement des vaches présentant une concentration cellulaire élevée (atteintes de mammite chronique). Le maintien systématique des vaches au cornadis pendant une heure après la traite a été préconisé, de manière à éviter qu'elles puissent se coucher pendant cet intervalle de temps qui pourrait représenter une période propice aux contaminations mammaires par les bactéries environnementales telles qu'*E. coli*. Sur la base de ces recommandations, la situation s'est améliorée. En août 2014, du fait de mammites à cette période, des prélèvements ont à nouveau été réalisés. *Staphylococcus aureus* n'a pas été isolé mais, comme en 2013, des *E. coli* ont été isolés sur des vaches à mammites, et des SCN dans le lait de tank et sur d'autres vaches à mammites. En mars 2015, de nouveaux prélèvements ont conduit à la détection de *Streptococcus uberis*, sensible à toutes les molécules antibiotiques testées.

Entre janvier 2018 et avril 2019, période d'étude du rapport Oniris (D55-Oniris 2019), la prévalence des infections cliniques est faible alors que celle des infections subcliniques est légèrement supérieure à l'objectif attendu. D'après ce rapport, elles correspondent à une persistance des infections cliniques sur un nombre restreint d'animaux, expliquée par un défaut d'efficacité des traitements des mammites en lactation.

En ce qui concerne la qualité du lait, le même rapport souligne que les mammites subcliniques, à l'origine d'une concentration cellulaire élevée chez certaines vaches et notamment certaines primipares, sont directement liées à un taux de guérison très faible des mammites cliniques, pourtant peu nombreuses. Ce taux de guérison est en effet de 14 %, alors que le taux attendu est *a minima* de 50 à 60 % (cf. Tableau 5).

Tableau 5 Indicateurs de l'incidence des mammites cliniques en lactation et de leur guérison dans l'élevage de Mme Bouvet (source : rapport D55-Oniris 2019)

Indicateur	Troupeau	Objectif ³
Nombre de cas cliniques /vache présente /an	19% [9 (sur 15 mois)/37,6]	< 30%
Nombre de 1 ^{er} cas clinique /vache présente /an	15% [7 (sur 15 mois)/37,6]	< 20%
Nombre de cas cliniques / nombre de 1 ^{er} cas	1,29 [9/7]	< 1,30
Taux de guérison en lactation*	14% [1/7]	>55%

*% de CCS <300 000 cellules / mL au 1^{er} ou 2^{ème} contrôle suivant le traitement d'un cas clinique

3 - UMT Maîtrise de la Santé des troupeaux bovins, 2011 « Guide d'intervention pour la maîtrise des mammites dans les troupeaux laitiers » par Roussel Ph., Seegers H., Sérieys F. 134p

4.1.2 Baisse de production de lait

Selon Mme Bouvet, depuis son installation, un travail important d'amélioration du potentiel génétique de son cheptel a été conduit dans l'objectif de produire 9 500 à 10 000 L / vache / an, niveau qui aurait été atteint en 2012. Elle ajoute que depuis lors, la production plafonne entre 7 200 et 7 500 L, y compris en améliorant la génétique.

Dans son compte rendu de visite d'élevage du 26 février 2015 (D13-Laval 2015), Mme Laval, du GPSE, écrit que « *la production est actuellement de 8 500 L / vache / an* ».

Dans le rapport de Filière Blanche du 27/04/2015 (D16- Filière Blanche 2015), une courbe sur la moyenne mensuelle de production d'étable de 2010 à 2014 donne les informations suivantes : elle est relativement moyenne en 2010 (7 000 à 7 500 L), augmente nettement au cours du second semestre de 2011 (passant de 6 000 L à plus de 9 000 L), diminue rapidement entre mai et septembre 2012 (de 9 600 L à 6 000 L). Le niveau moyen de 2012 est de 8 500 L, puis reste stable autour de 8 500 L en 2013 et 2014, ce qui est nettement supérieur à 2010. De manière plus détaillée, après avoir diminué globalement entre décembre 2011 (9 200 L) et septembre 2012 (6 000 L), sauf en mars et avril 2012 où il est de 9 600 L, le niveau d'étable remonte rapidement en octobre 2012 à un niveau moyen de 8 000 à 8 500 L auquel il se maintient assez régulièrement par la suite (Figure 25). Les variations de production sont plus importantes pour le groupe des multipares que pour celui des primipares. L'effondrement en septembre 2012 pourrait être associé à un épisode de mammites aiguës.

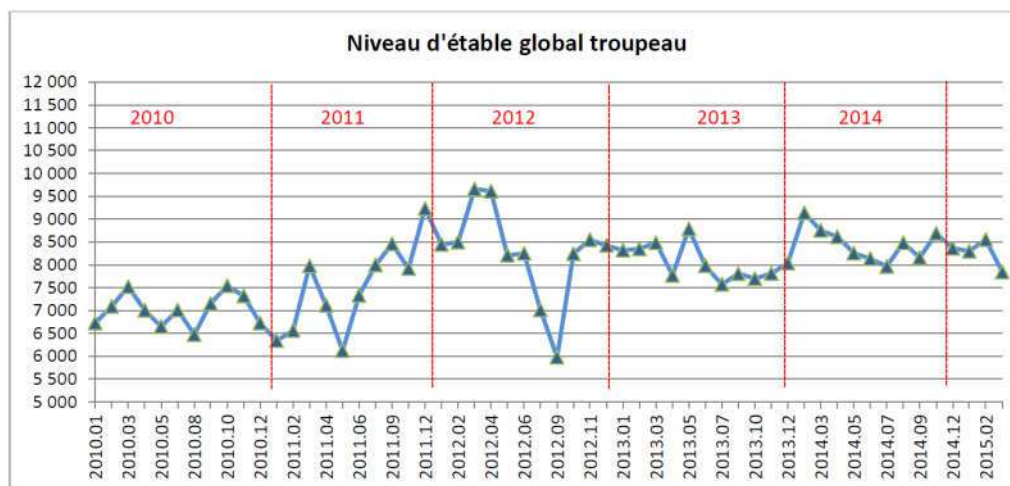


Figure 25 Niveau de production laitière moyen de l'élevage entre 2010 et 2014 (D16- Filière Blanche 2015)

Le GT relève des variations saisonnières de production laitière, avec des niveaux de production supérieurs lorsque les vaches sont à l'extérieur, et moindres lorsqu'elles sont en bâtiment. Ceci pourrait être lié à l'alimentation, ce qui semble également attesté par les variations régulières du taux protéique, du taux butyreux et du taux d'urée du lait (D16- Filière Blanche 2015). En ce qui concerne plus précisément le taux protéique, qui dépend du niveau énergétique de la ration alimentaire, cette variation régulière classique est néanmoins exacerbée pour l'année 2012. En effet, tout en suivant la même évolution saisonnière, ce taux est nettement plus élevé (+ 2 g/L en moyenne) jusqu'au mois d'avril pour rejoindre ensuite des niveaux comparables à ceux des autres années, connaissant même comparativement des niveaux légèrement inférieurs en septembre et octobre. Les données manquent sur le pourcentage d'expression du potentiel de la ration : en effet, une ration se calcule avec un potentiel laitier attendu. A titre d'exemple, si une ration permettant une production de 30 L de lait par jour par vache est distribuée à des VL dont le potentiel génétique et le stade de lactation permettent ce niveau de production, alors qu'elles ne produisent en réalité que 20 L, une explication à cette discordance doit être recherchée. Mais dans le cas présent, aucune information n'est disponible, tant en ce qui concerne le niveau de la ration de base que la quantité de concentré de production distribué aux animaux. Par ailleurs, le GT ne sait pas si la ration d'été et celle d'hiver sont programmées à des niveaux différents de production laitière. Les experts ne connaissent pas les choix alimentaires de l'élevage, lesquels peuvent largement contribuer à une dégradation ou inversement une amélioration de l'expression du potentiel génétique des animaux.

Le rapport D55-Oniris 2019 indique par ailleurs que, sur la période étudiée, la production annuelle par vache, évaluée par le contrôle laitier (7 328 L pour 2018), est inférieure à la moyenne d'un panel régional d'élevages des Pays de La Loire²¹ (8 400 L, projection pour 2017). Comme attendu, le rapport souligne que cette production est dépendante de nombreux facteurs, tels que le potentiel génétique, le stade moyen de lactation (de 6,3 mois à cette période), de la proportion de primipares dans le troupeau ou encore de l'alimentation.

4.1.3 Troubles de reproduction

Mme Bouvet a mentionné d'importants troubles de fécondité, des vaches infécondes après avoir eu un premier veau, et de nombreux avortements précoces, ou plus tardifs, entre cinq et sept mois de gestation.

²¹ Repères techniques et économiques en élevage laitier : résultats 2016 - Projection 2017 (Pays de la Loire). Inosys Réseau d'Elevage, Institut de l'Elevage Idèle, Chambres d'Agricultures Pays de la Loire

Dans le compte rendu de visite d'élevage du 26/02/2015 (D13-Laval 2015), Mme Laval mentionne « depuis l'installation des éoliennes, de nombreux retours en chaleur. Certaines vaches doivent être inséminées plus de 6 fois, et il est nécessaire de réformer de jeunes vaches très bonnes productrices pour cause d'infertilité ». « Des non-délivrances sont fréquemment observées. Si cette observation se pérennise, il faudra la chiffrer avec davantage de précisions. ». Elle mentionne par ailleurs que « les infections importantes et le parasitisme ont été contrôlés : le troupeau est en principe indemne de fièvre Q, chlamydie, paratuberculose, maladie des muqueuses, mais il sera peut-être souhaitable, au vu de l'audit du Dr Journal, de refaire un bilan complet ». Dans son rapport d'audit (D16-Filière Blanche 2015), le Dr Journal propose que des recherches sérologiques de fièvre Q et de chlamydie soient effectuées. Le rapport final du GPSE (D38-GPSE 2016), rédigé par Mme Laval, indique que ces analyses sérologiques ont été réalisées sur 10 vaches le 12 mai 2015 et qu'elles ont toutes présenté un résultat négatif vis-à-vis de ces deux maladies. Il convient cependant de rappeler que ces analyses sérologiques ont été faites en 2015, alors que les troubles de la reproduction sont susceptibles de s'être manifestés à partir de 2012/2013.

De son côté, le rapport D55-Oniris 2019 s'est intéressé aux performances de reproduction au cours des campagnes 2017/2018 (du 1^{er} avril 2017 au 31 mars 2018) et 2018/2019. Si la première de ces deux campagnes présente de bons résultats, meilleurs que ceux de la moyenne pour la race Prim'Holstein en Loire-Atlantique (Tableau 6), la seconde montre une détérioration des performances de reproduction, très limitée en ce qui concerne les vaches mais très nette en ce qui concerne les génisses (Tableau 6).

Tableau 6 Performances de reproduction sur les campagnes 2017-2018 et 2018-2019 de l'élevage de Mme Bouvet, comparaison par rapport à un panel régional (Pays-de-La-Loire) (source : D55-Oniris 2019)

Critères		Elevage de Mme Bouvet (Période 01/04/2017 au 31/03/2018)	Elevage de Mme Bouvet (Période 02/03/2018 au 02/03/2019)	Moyenne en race Prim'Holstein ²
Vaches	IVV (j)	402	427	421
	IVIA1 (j)	99	97	99
	IVIAf (j)	117	131	145
	Taux de réussite en 1 ^{ère} IA (%)	56	47	49
	VL à 3 IA et plus (%)	4	20	26
	Nb d'IA / VL	1,7	2,2	2,01
Génisses	Age au 1 ^{er} vêlage (mois)	35,2	29,2	29
	Taux de réussite en 1 ^{ère} IA (%)	60	29	58
	GL à 3 IA et plus (%)	7	43	16
	Nb d'IA / GL	1,6	3	1,69

2 - Données Reproscope Campagne 2016-2017, race Prim'Holstein, Loire Atlantique

4.1.4 Troubles du comportement

Selon Mme Bouvet, à partir de décembre 2012, les vaches ne montent plus sur l'un des deux quais de traite, celui situé du côté de la route. Après examen de vidéos réalisées par Mme Bouvet en salle de traite, qui correspondent à la traite du soir du 26 juin 2016 (selon le titre de la vidéo) et cinq traites du matin ou du soir entre le 18 et le 23/03/2019 (plus de 4h30 de vidéos²²), les experts ont noté différents éléments : outre la petite taille de l'aire d'attente de cette salle de traite, certaines vaches laitières, notamment en fin de traite, semblent avoir une préférence pour le quai de droite, du côté de la stabulation et opposé à la route. Ils ont également noté très fréquemment qu'un certain nombre de vaches, dans l'attente de leur passage à la traite, restent stationnées au

²² Au total, près de 5h30 de vidéos transmises par Mme Bouvet ont été visionnées par les experts, en ajoutant aux vidéos en salle de traite les cinq vidéos des deux VL qui attendent de rentrer à l'étable à chaque passage du tracteur

niveau de la partie droite de l'aire d'attente, proche de la stabulation, plutôt que d'occuper la partie gauche au niveau de laquelle se trouve la rampe d'accès aux quais de traite, relativement pentue. Lors des opérations de traite, et notamment pour les dernières rotations, il est régulièrement nécessaire que Mme Bouvet (ou d'autres opérateurs en son absence) aille chercher certaines vaches pour qu'elles progressent vers et dans la salle de traite. De plus, différentes observations ont interpellé les experts du GT :

- il semble que, quel que soit le côté du quai, les vaches de la seconde période de la traite aient du mal à rentrer spontanément dans la salle de traite, et que la plupart préfère normalement abandonner la rampe d'accès pour se positionner sur la partie plane de l'aire d'attente (côté quai de droite et stabulation) ;
- lors des dernières rotations de traite, les vaches doivent fréquemment être poussées et semblent être parfois préférentiellement conduites vers le quai de droite, même lorsque certaines d'entre elles attendaient devant le quai de gauche ou que ce dernier était également libre alors que cela augmente significativement le temps de traite puisqu'il faut attendre la traite du quai avant de rentrer de nouveaux animaux. Ce constat semble confirmer la difficulté des animaux à passer du côté gauche et une lassitude des éleveurs qui préfèrent passer plus de temps que de s'obstiner à pousser les animaux à gauche ;
- de manière presque systématique, le quai de traite de gauche n'accueille pas l'effectif qu'il devrait être en mesure de contenir comme celui de droite, c'est-à-dire cinq vaches. Le quai de gauche est en effet presque toujours occupé par quatre vaches laitières seulement, sauf pour certaines premières rotations, sans que Mme Bouvet ne cherche à compléter l'effectif. Cette observation n'est pas faite pour le quai de droite, ce dernier étant toujours complété en y conduisant le nombre de vaches manquantes ;
- les experts s'interrogent sur le dimensionnement précis et la capacité d'accueil effective du quai du côté gauche, en termes de place disponible pour les vaches sur ce quai. Par exemple, lors de la traite du soir du 23/03/2019, la personne en charge de cette traite tente de positionner la quatrième vache en la poussant, de manière à libérer suffisamment de place pour une cinquième. Cette manœuvre, sans succès, est rapidement abandonnée par cette personne.

En ce qui concerne l'abreuvement des vaches, Mme Bouvet indique qu'elles refusent de boire efficacement dans les abreuvoirs et se contentent de laper. Par ailleurs, certaines vaches ne veulent pas sortir de la stabulation. Dans le bâtiment des vaches laitières, selon les indications de Mme Bouvet, certaines vaches n'occupent plus une zone particulière des cornadis, d'une longueur d'environ quatre mètres, voire cinq ou six mètres en fonction des conditions météorologiques.

Selon Mme Bouvet, la situation s'améliore à la mise au pâturage au printemps 2013, puis s'aggrave de nouveau en juillet 2013 : les vaches ne veulent alors plus sortir de la stabulation. Sur la route, elles s'arrêtent à un endroit précis séparant la pâture du bâtiment d'élevage, phénomène qu'a pu observer le vétérinaire traitant. Certaines font demi-tour, sont très apeurées. Toujours selon l'éleveuse, les vaches émettent des bouses à une fréquence anormalement élevée dans les champs et sur la route qui y mène. Les troubles seraient observés sur certaines zones de certaines parcelles.

Lors de son audition, Mme Bouvet mentionne également que, dans les pâtures, des vaches arrachent des fils de clôture barbelés. Elles deviennent également insensibles au courant des fils des clôtures électriques, qu'ils soient alimentés par une batterie ou par le secteur. Ce trouble n'est cependant pas mentionné dans les différents rapports transmis au GT. De plus, des plaies des mamelles ou des trayons, qui devraient être associées à l'arrachement de barbelés, n'y sont pas décrites. Sur les vidéos de Mme Bouvet portant sur des vaches en pâture, les experts n'ont pas relevé de troubles du comportement, que ce soit sur celle précédant le retour du pâturage pour la traite du soir du 26/06/2016 ou sur celle de l'après-midi du 20/03/2019. Cette dernière montre deux vaches seules qui attendent, dans une pâture toute proche de l'exploitation, de pouvoir regagner la stabulation lors de chaque passage de Mme Bouvet en tracteur.

Dans son compte rendu de visite du 26 février 2015 (D13-Laval 2015), Mme Laval reprend les déclarations de l'éleveuse et indique que « *le malaise des vaches est perceptible surtout dans les bâtiments, mais aussi dehors, quelle que soit la parcelle* ».

L'évaluation comportementale réalisée par les intervenants d'Oniris entre mi-janvier et début avril 2019, selon la méthode *Welfare Quality*® (Veissier, Botreau et Perny 2010), classe le troupeau dans la catégorie « normal » en termes de bien-être. Par ailleurs, les analyses d'enregistrements vidéo séquentiels (une image toutes les 30 secondes) en stabulation et en salle de traite leur ont permis de mettre en évidence certains éléments :

- en salle de traite : un passage préférentiel des vaches sur le quai de droite (côté stabulation), des vaches bloquant l'accès des autres aux quais de traite lors de certaines traites, l'aire d'attente de surface réduite et la pente d'accès aux quais de traite trop marquée
- en stabulation, une occupation homogène de toute l'aire de surface, mais une superficie de couchage insuffisante avec des vaches très serrées :
 - pour l'aire d'exercice, une surface de 1,1 à 1,4 m² / vache (inférieure aux recommandations de 3 à 3,5 m² / vache),
 - pour la surface d'aire paillée, une surface de 4,2 à 5,4 m² / vache (inférieure aux recommandations de 6 à 8 m² / vache).

Par ailleurs, les experts d'Oniris observent sur ces mêmes enregistrements que certaines vaches lapent l'eau avant de boire normalement dans un des abreuvoirs de la stabulation, observation correspondant à un comportement normal. En ce qui concerne les distances de fuite (à l'approche de l'intervenant d'Oniris), celles-ci sont considérées comme élevées mais sans pouvoir être rattachées à une origine précise.

4.1.5 Retard de croissance des jeunes

Mme Bouvet rapporte aussi des problèmes relatifs à la croissance des veaux, des diarrhées, ainsi que des veaux qui se déshydratent « *en quelques heures* ».

Dans le compte rendu de visite d'élevage du 26/02/2015 (D13-Laval 2015), Mme Laval mentionne, pour les retards de croissance des veaux, que « *parallèlement, des pneumonies graves sont constatées sur les veaux. Les retards de croissance sont considérables* ». « *Les troubles signalés sur les veaux ont disparu cet été (2014) à la suite de leur déplacement sur une autre pâture.* »

Lors de cette visite d'élevage, Mme Laval cite l'autopsie de la génisse FR.44.5531.8630, âgée de 52 jours, qui a été réalisée par le service dédié d'Oniris : « *la présence de petites ulcérations sur la caillette et le rumen est anormale, mais leur incidence est insuffisante pour expliquer la sévérité de la cachexie. Le virus de la maladie des muqueuses, recherché, n'a pas été retrouvé, mais il faudra refaire un bilan 'maladie des muqueuses' pour exclure la circulation du virus dans le troupeau. D'une façon générale, le retard de croissance des génisses est impressionnant.* » Effectivement, cette autopsie, réalisée le 17/02/2015, met en évidence une atrophie des papilles ruminales pouvant expliquer son déficit staturo-pondéral marqué, par défaut de fonctionnement digestif et malabsorption.

Lors de son audition, le vétérinaire traitant a rapporté une expérience conduite sur huit veaux répartis en deux lots, placés l'un dans le bâtiment, le second de l'autre côté de la route à environ 150 - 200 mètres. Les veaux des deux lots buvaient bien, mais un lot, celui placé dans la nurserie habituelle dans le bâtiment d'élevage, ne croissait pas du tout. En revanche, la croissance était tout à fait normale pour le second lot, situé de l'autre côté de la route dans un bâtiment servant d'abri en cas d'intempérie pour les bovins en pâture, et constitué de trois murs et un point d'eau. Au bout de quinze jours à trois semaines, les deux lots ont été intervertis, et les croissances se sont complètement inversées : le lot dont la croissance était normale, a arrêté de se développer, le poil des animaux est devenu piqué, etc. Inversement, le lot qui ne croissait pas a vu sa croissance reprendre. Selon lui, des analyses de selles n'ont pas permis de détecter des infestations

parasitaires par exemple une coccidiose, une giardiose, etc. Toujours selon le vétérinaire traitant, des autopsies et analyses, réalisées sur place ainsi qu'à Inovalys et Oniris, n'ont pas permis d'identifier de cause susceptible d'expliquer ces retards de croissance. Cependant, à la lecture du rapport D55-Oniris 2019 et des comptes rendus d'analyses et d'autopsies du service dédié, le GT a pu prendre connaissance de conclusions différentes de celles-ci (cf. § 4.1.6 ci-dessous).

4.1.6 Autres troubles

Concernant la mortalité, Mme Laval indique dans le compte rendu de visite d'élevage du 26/02/2015 (D13-Laval 2015) : « *dans l'ensemble les taux de mortalités (vaches et jeunes bovins) restent dans la norme* ». Le rapport OMAR (Observatoire de la mortalité des animaux de rente), sur la base des données enregistrées dans la BDNI (base de données nationale d'identification animale) entre juillet 2006 et juin 2018 (D60-OMAR 2019), ne relève pas d'augmentation de la mortalité sur la période 2013-2018 par rapport à la période 2006-2012. Une augmentation de la mortalité des jeunes veaux est observée depuis la campagne 2008-2009, suivie d'une baisse en 2017-2018.

Mme Bouvet mentionne, depuis 2013-2014, des « *problèmes cardiaques* », sur des jeunes et des adultes retrouvés morts au pâturage (en précisant que « *ces troubles ne seraient pas dus à un corps étranger* », ce dernier « *engendrant une chute de production laitière* »). Ces troubles ne sont mentionnés ni dans les documents transmis au GT, ni par le vétérinaire traitant. Aucune information ne permet d'objectiver ces troubles ni d'en connaître ou même d'en supposer l'origine. Le GT indique que les troubles cardiaques sont rares chez les bovins et que les problèmes, tels qu'ils ont été décrits par Mme Bouvet lors de son audition, s'apparenteraient à des cas de morts subites sans que la cause en soit connue.

En 2018, quatre bovins ont été pris en charge par le service d'autopsie d'Oniris dans le cadre de l'évaluation sollicitée par les services de la Préfecture. Chacune de ces autopsies permet la mise en évidence de certaines atteintes :

- le veau FR.44.5531.8421, âgé de 12 jours, autopsié le 12/3/2018 présentait une bronchopneumonie extensive, suppurée, marquée, subaiguë d'origine bactérienne, accompagnée d'une entérite congestive modérée due à *Cryptosporidium parvum* ;
- le veau FR.44.5531.4346, âgé de 22 jours, hospitalisé le 08/03/2018 et autopsié le 21/03/2018 présentait une entérite néonatale chronique due à *Giardia duodenalis* et son état clinique s'est amélioré au cours de son hospitalisation à la suite de la mise en place d'un traitement contre la giardiose ;
- la vache FR.44.5531.8271, âgée de neuf ans, hospitalisée le 16/03/2018 puis autopsiée le 22/03/2018 : sa mort est consécutive à une endocardite et elle présentait un abcès au niveau de la face séreuse du réseau, séquelle= d'une réticulo-péritonite traumatique par corps étranger ;
- le veau FR.44.5531.8412, âgé de cinq mois, autopsié le 05/12/2018 présentait des lésions cutanées de teigne à *Trichophyton verrucosum*, une nécrobacillose linguale séquellaire et un parasitisme intestinal à *Strongyloides papillosus* (370 œufs par gramme de fèces), accompagné de coccidiose légère.

Par ailleurs, le rapport D55-Oniris 2019 mentionne que la carcasse de la vache FR.44.5531.8312, abattue le 29/04/2019, a fait l'objet d'une saisie totale en raison d'une péritonite congestive et fibrineuse, possiblement consécutive à une réticulite traumatique par corps étranger, sans que cette étiologie fréquente puisse être confirmée.

Lors de son audition, Mme Bouvet a indiqué ne pas rencontrer de problèmes de boiteries dans son élevage. Cependant, dans son compte rendu de visite du 26 février 2015 (D13-Laval 2015), Mme Laval écrit : « *des boiteries apparaissent, alors qu'elles étaient inconnues antérieurement. Elles [les vaches] se tiennent figées, piquées et refusent de se coucher* ».

Il convient de mentionner que le rapport D55-Oniris 2019 fait également état de résultats d'analyses concernant l'eau d'abreuvement des animaux (eau du réseau) et les fourrages ensilés :

- pour l'eau : dénombrement de bactéries coliformes à 36 °C supérieur à 100 UFC/100 mL et de spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices de 7 UFC/mL
- les ensilages d'herbe et de maïs sont de qualité satisfaisante, bien conservés et aucune mycotoxine n'a été détectée au-delà d'un seuil toxique pour les bovins.

4.2 Elevage de M. et Mme Potiron

L'élevage de M. et Mme Potiron est constitué en 2012 de 70 à 75 vaches de race Normande en lactation, de vaches allaitantes de race Charolaise et de jeunes bovins d'élevage et d'engraissement. L'élevage dispose d'un robot de traite de marque Delaval. Selon M. Potiron, un premier robot de marque Gascoigne – Melotte avait été installé en 2004, pour lequel un bâtiment avait été spécialement construit. Ce robot a été changé en juillet 2009 et le nouveau fait l'objet de contrôles de maintenance tous les six mois. L'objectif n'est pas une production élevée par vache, mais l'obtention d'un lait de qualité. Les mâles de race Normande sont élevés jusqu'à l'âge d'environ 28 mois (jusqu'à 32-33 mois pour les animaux moins précoces). Les mâles croisés normand-charolais partent à 23-24 mois. Les VL vont en pâture de fin février / tout début mars à début décembre.

M. et Mme Potiron font état de nombreux désordres au sein de leur cheptel et ce, à des niveaux très variés : faible niveau de la production laitière, mauvaise qualité sanitaire du lait produit, boiteries, problèmes de mises bas, non-délivrances, maladies néonatales diverses, troubles de la croissance, avortements et mortinatalités, sous-fréquentation du robot de traite par les vaches laitières, niveau beaucoup trop important de décrochage intempestif des gobelets trayeurs, vaches qui piétinent lors de leur traite dans la stalle du robot, vaches qui ne veulent pas rester dans le bâtiment, etc. Selon eux, les troubles dans leur élevage ont débuté en octobre 2012.

Les experts du GT précisent qu'aucun des rapports mis à leur disposition ne leur permet de recueillir un historique correctement étayé des troubles rencontrés dans cette exploitation. Aucun carnet sanitaire ne leur a été fourni. Ce carnet, partie intégrante du registre d'élevage, tenu à jour par l'exploitant et complété par le vétérinaire lors de ses interventions, doit en effet consigner l'ensemble des traitements et actions à visée sanitaire mis en œuvre individuellement ou collectivement sur les animaux du cheptel. Ce document s'avère donc primordial lorsqu'un historique des troubles divers et des événements sanitaires doit être retracé et objectivé.

Cette carence documentaire de l'historique des troubles et des événements sanitaires est d'autant plus gênante qu'aucune donnée ou presque n'a pu être fournie par le vétérinaire traitant de l'élevage. En effet, celui-ci a confirmé lors de son audition que ses interventions au chevet des animaux étaient très peu fréquentes dans cet élevage, se limitant aux interventions obstétricales majeures telles que les césariennes ou les mises-bas dystociques liées à des torsions utérines. M. Potiron se qualifie d'exploitant agricole très « éleveur infirmier » et interventionniste, ce qui est confirmé par les propos de son vétérinaire traitant. Il réalise lui-même la grande majorité des soins aux animaux de son élevage : délivrances manuelles, traitements par injections selon les diverses voies parentérales (dont intraveineuses et perfusions), infusions intra-utérines, etc. Ainsi, le vétérinaire traitant de l'exploitation est, pour l'essentiel, amené à prescrire et délivrer à M. Potiron des médicaments hors examen clinique dans le cadre du suivi sanitaire de l'élevage.

Ce contexte d'ignorance de l'historique précis des troubles évoqués et d'absence quasi-totale d'une démarche diagnostique classique vis-à-vis de leurs origines, connues et fréquentes, rend les travaux du GT particulièrement complexes. Les experts ont été fréquemment amenés à constater que les troubles évoqués par les éleveurs n'ont pas bénéficié de moyens diagnostiques et de maîtrise adaptés. A titre d'exemple, il est possible de citer : le diagnostic épidémiologique et bactériologique des atteintes mammaires (mammites cliniques et subcliniques, concentrations cellulaires élevées), les mesures de maîtrise des boiteries très présentes (dont la dermatite

digitée), les causes infectieuses des nombreux avortements (pour lesquels les éleveurs doivent réglementairement requérir l'intervention du vétérinaire sanitaire de l'élevage) et très nombreuses non-délivrances, les maladies néonatales, etc.

Par ailleurs, il est apparu dans certains rapports soumis au GT (D8-Olytis 2014, D55-Oniris 2019) que la qualité des fourrages et ensilages de l'exploitation n'était pas satisfaisante, notamment du fait de la présence excessive de levures. M. et Mme Potiron confirment ce point lors de leur audition en indiquant que leurs ensilages « *chauffent* » excessivement, sans qu'ils en comprennent la raison, ajoutant que ce phénomène ne serait apparu que depuis l'implantation du parc éolien. Les analyses mises en œuvre par le laboratoire Labocéa, prescrites lors de l'audit d'élevage réalisé par Oniris en 2019, font état d'un dénombrement très largement excessif de levures dans l'ensilage de maïs (4 400 000 Unités formant colonie (UFC)/g ; seuil < 1 000 000 UFC/g pour une stabilité d'environ 40 h en milieu aérobie) et excessif dans l'ensilage d'herbe (310 000 UFC/g). Ces analyses révèlent également une polycontamination de l'ensilage de maïs par de nombreuses mycotoxines, dont notamment les trichothécènes B (1,38 mg/kg ; seuil toxique référencé de 0,50 mg/kg) et la patuline (12 mg/kg ; seuil toxique référencé de 0,30 mg/kg), ainsi que la zéaralénone proche du seuil toxique (0,080 mg/kg ; seuil toxique référencé de 0,10 mg/kg). Les experts rappellent toutefois que ces analyses n'ont été réalisées qu'en 2019, soit bien après la période évoquée d'apparition des troubles par les éleveurs. Cependant, le rapport de la visite d'élevage du 17/11/2014, réalisée par l'intervenant de la société de conseil en nutrition animale Olytis (D8- Olytis 2014), mentionne « *un développement très important voire anormal de moisissures dans les fourrages et ensilages de maïs et d'herbe* » sans que des analyses de laboratoire ne soit produites. L'intervenant confirme ce point en indiquant que « *l'éleveur mentionne des difficultés à conserver ses fourrages qu'il n'avait pas avant (NDLR : avant l'implantation des éoliennes)* ».

Pour finir, la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau d'abreuvement des vaches laitières ne semble avoir été investiguée que lors de l'audit réalisé en 2019 par Oniris. Tout en rappelant qu'il n'existe pas en France de recommandations pour l'eau d'abreuvement des bovins, les résultats fournis par le laboratoire Inovalys font ressortir deux paramètres présentant des anomalies : les bactéries coliformes à 36° C (>100 UFC/100 mL) et les *Escherichia coli* (>100 UFC/mL) (Anses 2010).

4.2.1 Mammmites et qualité du lait

Selon le rapport GPSE (D38-GPSE 2016), une augmentation du nombre de mammmites est rapportée par les éleveurs « *depuis mi-2012* ».

Le rapport D55-Oniris 2019 rend compte de son étude sur la période du 01/01/2018 au 31/12/2018. Celle-ci fait état de prévalences un peu élevées des infections mammaires cliniques et élevées des infections subcliniques au sein du troupeau. Le nombre de cas cliniques par vache présente et par an est en effet de 34,5 %, alors que l'objectif attendu est de 30 %²³. Par ailleurs, il ressort de cette étude que ces infections sont principalement d'origine environnementale et qu'elles concernent un nombre important d'animaux en période de peripartum. La plupart des mammmites cliniques en lactation sont des infections récentes qui guérissent bien après leur prise en charge par les éleveurs, puisqu'elles présentent un taux de guérison de 67 % (cf. Tableau 7).

²³ UMT Maîtrise de la Santé des troupeaux bovins, 2011 « Guide d'intervention pour la maîtrise des mammmites dans les troupeaux laitiers » par Roussel Ph., Seegers H., Sérieys F. 134p

Tableau 7 Indicateurs de l'incidence des mammites cliniques en lactation et de leur guérison dans l'élevage de l'EARL du Lody (source : D55-Oniris 2019)

Indicateur	Troupeau	Objectif ³
Nombre de cas cliniques /vache présente /an	34,5% [31 (sur 15 mois)/90,8]	< 30%
Nombre de 1 ^{er} cas clinique /vache présente /an	25% [28 (sur 15 mois)/90,8]	< 20%
Nombre de cas cliniques / nombre de 1 ^{er} cas	1,12 [31/28]	< 1,30
Taux de guérison en lactation*	67% [16/24]	>55%

*% de CCS <300 000 cellules / mL au 1^{er} ou 2^{ème} contrôle suivant le traitement d'un cas clinique

3 – UMT Maîtrise de la Santé des troupeaux bovins, 2011 « Guide d'intervention pour la maîtrise des mammites dans les troupeaux laitiers » par Roussel Ph., Seegers H., Sériey F. 134p

Il est également constaté que les vaches, primipares comme multipares, développent fréquemment des mammites cliniques ou subcliniques dans les trois semaines qui suivent la mise-bas, ce qui indique donc que la période du tarissement et du peripartum est à risque (cf. Tableau 8). De plus, le taux de guérison au tarissement à partir des traitements appliqués par les éleveurs (antibiotiques intra-mammaires et obturateurs internes des trayons) est un peu en dessous de l'objectif habituellement attendu (62 % *versus* 65 %). Le pourcentage de nouvelles infections des multipares pendant la période sèche est très élevé (28 % pour un objectif inférieur à 10 %).

Tableau 8 Indicateurs des infections intramammaires pendant la période tarie et autour du vêlage de l'élevage de l'EARL du Lody (source : D55-Oniris 2019)

Indicateurs	Troupeau	Objectif ³
% de multipares ayant eu un cas clinique dans les 3 1 ^{ères} semaines de lactation	6,5% [3/46]	< 6%
% de multipares saines au tarissement à CCS >300 000 cellules / mL au 1 ^{er} contrôle de la lactation	28% [10/36]	< 10%
% de primipares ayant eu un cas clinique dans les 3 1 ^{ères} semaines de lactation	7,4% [2/27]	< 7%
% de primipares à CCS >300 000 cellules / mL au 1 ^{er} contrôle de la lactation	45% [14/41]	< 10%

3 – UMT Maîtrise de la Santé des troupeaux bovins, 2011 « Guide d'intervention pour la maîtrise des mammites dans les troupeaux laitiers » par Roussel Ph., Seegers H., Sériey F. 134p

Sur la même période d'étude (01/01/2018 - 31/12/2018), il est également observé une prévalence importante des mammites subcliniques. Les deux indicateurs suivants sont notamment évoqués :

- le pourcentage de vaches dont la concentration en cellules somatiques (CCS) individuelle du lait est inférieure à 300 000 cellules, considérées donc comme non atteintes de mammite subclinique, est de 72 % contre un objectif minimum de 85 %²⁴,
- le pourcentage de vaches primipares uniquement, dont la CCS est inférieure à 300 000 cellules, est seulement de 77 %, alors que l'objectif minimum est de 95 %.

En complément, pour la période comprise entre février 2018 et février 2019, la moyenne annuelle des incidences mensuelles des mammites subcliniques est de 13,8 %, alors que ces incidences

²⁴ UMT Maîtrise de la Santé des troupeaux bovins, 2011 « Guide d'intervention pour la maîtrise des mammites dans les troupeaux laitiers » par Roussel Ph., Seegers H., Sériey F. 134p

mensuelles devraient être inférieures à 10 %. De manière plus évocatrice, il est notamment observé deux périodes particulièrement à risque : de janvier à mars, avec des taux d'incidence de 12,1 % à 26,3 %, et de juillet à septembre avec des taux de 24,3% à 40,3 %.

En ce qui concerne la qualité du lait produit par l'élevage, celle-ci n'a jamais été satisfaisante depuis décembre 2010, date à partir de laquelle les données sont disponibles et reprise dans le rapport D17-Filière Blanche 2015 (cf. Figure 26). Depuis mars 2012, la concentration cellulaire moyenne mensuelle du lait de tank a constamment été supérieure à 250 000 cellules / mL, valeur de référence au-delà de laquelle une réfaction²⁵ proportionnelle est appliquée sur le prix d'achat du lait. Par ailleurs, le seuil de 400 000 cellules / mL est également une référence importante puisqu'un dépassement de ce seuil, en considérant la moyenne géométrique trimestrielle des résultats mensuels, peut conduire à un arrêt de collecte si une telle situation se poursuit pendant six mois consécutifs (cf. NS DGAL/SDSSA/2014-599²⁶).

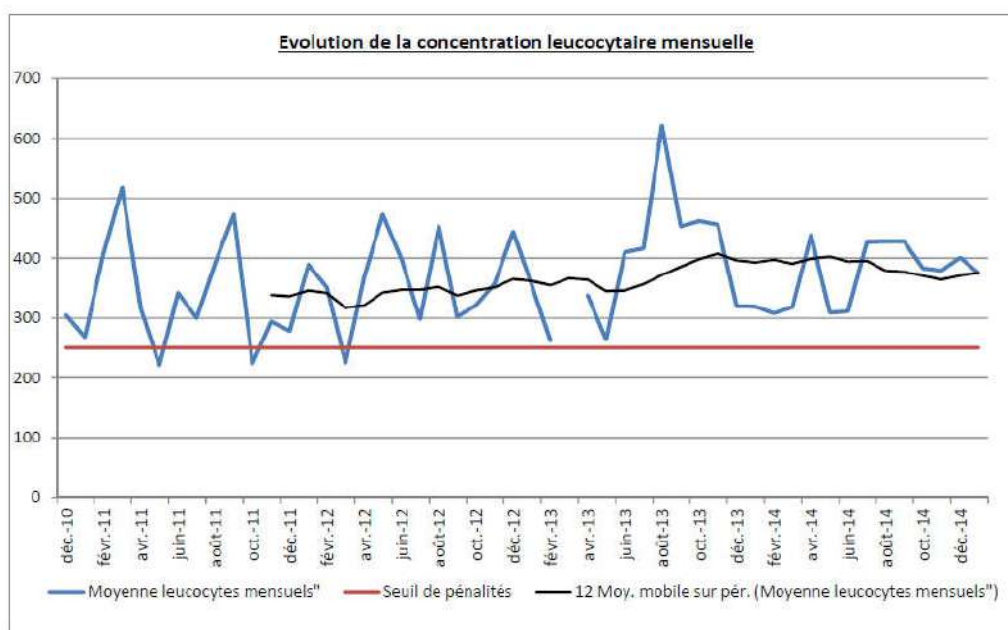


Figure 26 Evolution de la concentration leucocytaire mensuelle – décembre 2010 à décembre 2014 (D17- Filière Blanche 2015)

Un pic de plus de 600 000 cellules / mL est observé en août 2013, sans qu'une explication ne soit proposée. A ce stade, les experts peuvent simplement noter une évolution comparable en août et septembre de la même année en ce qui concerne les anomalies de traite : augmentation du pourcentage de traites incomplètes et pourcentage de traites avec chutes accidentelles des gobelets trayeurs, ce dernier paramètre ayant connu, outre un historique régulièrement peu satisfaisant, un palier de dégradation depuis avril 2012 (cf. Figure 27 et § 4.2.4). Ce palier des pourcentages de traite avec chutes accidentelles rejoint notamment un palier comparable de la moyenne mobile sur 12 mois des concentrations leucocytaires mensuelles du lait de tank (cf. Figure 26 ci-dessus).

²⁵ Réduction sur le prix des marchandises au moment de la livraison, lorsqu'elles ne présentent pas la qualité convenue

²⁶ <https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2014-599>

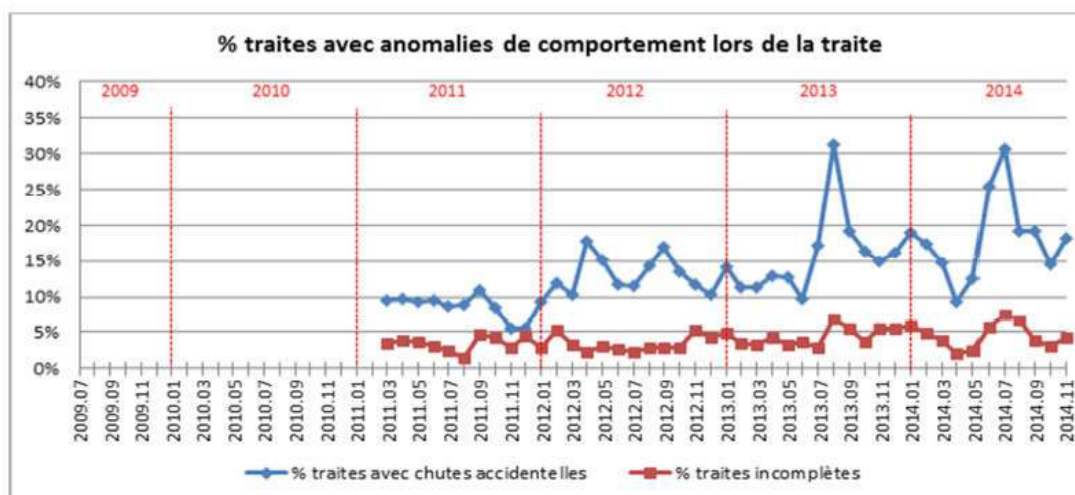


Figure 27 Evolution du pourcentage de traites avec anomalies – mars 2011 à novembre 2014 (D17- Filière Blanche 2015)

En ce qui concerne le pourcentage de lait commercialisable par rapport au lait total produit, autre paramètre reflétant indirectement sa qualité, celui-ci subit une dégradation irrégulière mais néanmoins continue entre juillet 2011 et décembre 2013 (cf. Figure 28). Les experts précisent que les différentes causes à l'origine de la non-commercialisation du lait produit par une vache sont essentiellement les trois suivantes :

- la période dite « colostrale » réglementairement pendant les sept jours qui suivent la mise bas,
- une période pendant laquelle la vache serait soumise à un temps d'attente pour le lait qu'elle produit en raison de l'administration d'un traitement médicamenteux l'exigeant (e.g. en raison d'une boiterie infectieuse, d'une mammite ou de tout autre affection, le plus souvent infectieuse),
- et, enfin, dans le cas où une vache présenterait une mammite subclinique et/ou chronique (donc avec une concentration cellulaire individuelle très élevée), ce qui conduit l'éleveur à détourner le lait de cette VL du tank de collecte sur un temps prolongé, de manière à ne pas détériorer la concentration cellulaire du lait de tank et à ne pas alourdir la réfaction financière que lui est liée.



Figure 28 Pourcentage de lait commercialisable par rapport au lait total produit (D17- Filière Blanche 2015)

Le rapport D55-Oniris 2019 indique que la concentration en cellules somatiques du tank (CCST) est en moyenne de 583 600 cellules/mL d'après les données du contrôle laitier sur la période du 01/01/2018 au 31/03/2019. Sur cette même période, la CCST du lait livré à la laiterie est de 422 630 cellules/mL, différence expliquée par le tri du lait qu'effectuent les éleveurs de manière à maintenir, autant que faire se peut, le niveau du lait collecté en-deçà du niveau réglementaire de 400 000 cellules/mL. Le rapport rend compte du fait que, sur les 15 mois qui ont fait l'objet de l'étude, seul le mois d'avril 2018 a montré un CCST inférieur à la référence de 250 000 cellules/mL (211 000 cellules/mL), tous les autres évoluant entre 261 000 et 649 000 cellules/mL.

Ce rapport s'intéresse également aux taux mensuels de spores butyriques. Il convient de rappeler que la présence des spores butyriques dans le lait est directement liée à sa contamination par les matières fécales. Elle est également corrélée à l'état de propreté des trayons et à l'efficacité de leur nettoyage avant la traite par le faisceau laveur du robot, ainsi qu'à la propreté des gobelets trayeurs. Les taux mensuels de spores butyriques se situent régulièrement au-delà de la référence maximale de 1 000 spores/L²⁷, ceci pendant six mois sur les 15 de l'étude.

Dans le cadre d'une traite robotisée, il convient de rappeler que la propreté des trayons est un élément conditionné avant tout par l'état de propreté générale des animaux et à un degré moindre par la qualité du nettoyage avant la traite réalisée par la station de traite robotisée (pour les modèles de la marque Delaval®, un faisceau laveur unique qui nettoie chaque trayeron l'un après l'autre). Le GT ne dispose d'aucune information sur la vérification de l'efficacité de cette étape de nettoyage.

Le rapport D55-Oniris 2019 fait la synthèse du niveau de maîtrise de l'EARL du Lody vis-à-vis des différents facteurs de risque de survenue des infections mammaires, selon le modèle épidémiologique de type environnemental qui correspond à celui rencontré dans cet élevage. Le Tableau 9 ci-dessous dresse notamment l'inventaire des nombreux facteurs présents au sein de l'exploitation et qui sont à même d'être à l'origine des troubles observés et de leur importance.

Tableau 9 Facteurs de risque de survenue des infections intra-mammaires selon le modèle épidémiologique de type environnemental présents dans l'EARL de Lody (source : D55-Oniris 2019)

Facteurs de risque ³		EARL de Lody
Contamination en lactation	Défaut d'hygiène des aires de vie, humidité	Troupeau sale : >50% des vaches avec note de propreté des membres de 3 ou 4 en période de stabulation intégrale (cf. partie propreté des vaches). Accès au pré boueux.
	Surdensité	Nombre de logettes insuffisant Surdensité en période de stabulation intégrale du troupeau
	Logettes paillées	
	- Dimensions	Dimensions adaptées, position correcte de couchage des vaches
	- Propreté	Nettoyage de l'arrière des logettes quotidien, paillage adéquate
Contamination pendant la période sèche et le péripartum	Couchage des vaches après la traite	Possibilité de couchage immédiatement après la traite
	Pertes de lait	Environ 50% des intervalles de traites > à 12h mais aucune perte de lait observée
	Zones de vèlages	Vèlages au pré ou dans la case des vaches tarées (absence de curage/nettoyage/désinfection régulier)
	Traitement au tarissement	Traitement antibiotique large (Cépravin®) au tarissement et obturateur de trayeron systématique

3 – UMT Maîtrise de la Santé des troupeaux bovins, 2011 « Guide d'intervention pour la maîtrise des mammites dans les troupeaux laitiers » par Roussel Ph., Seegers H., Sérieyls F. 134p

En rouge : facteurs de risque présents et non maîtrisés

²⁷ Référence contractuelle de la grille de paiement du lait à la qualité

4.2.2 Baisse de production de lait

Selon M. Potiron, les troubles ont débuté en octobre 2012 par une baisse de production laitière et une augmentation des concentrations cellulaires, qui n'étaient toutefois pas très bons auparavant. Une amélioration est rapportée à la sortie en pâtures au printemps 2013.

Selon le rapport GPSE (D38-GPSE 2016), des pertes de production de lait importantes sont rapportées « depuis mi-2012 ».

À l'examen du rapport Filière Blanche (D17- Filière Blanche 2015), il apparaît que certains paramètres de production et de qualité du lait se dégradent en dehors de la période citée par l'éleveur, ce qui n'est pas souligné dans l'interprétation des données de ce rapport.

Ainsi, la « production moyenne au cours des 100 premiers jours de lactation » et la « production au pic de lactation » montrent toutes deux une dégradation relative et seulement à partir du dernier trimestre de 2012, et non depuis mi-2012. La dégradation est relative dans la mesure où elle concerne essentiellement les multipares et où ces paramètres retrouvent une évolution et des niveaux sensiblement similaires à ce qu'ils avaient été en 2011 (cf. Figure 29 et Figure 30). L'évolution la plus notable est celle observée en 2013 et 2014, années pour lesquelles ces deux paramètres ne retrouvent pas leur évolution cyclique habituelle, avec notamment des niveaux de production particulièrement bas pour les deuxièmes et troisièmes trimestres, ainsi que pour le premier trimestre de 2013, par rapport à ceux des années précédentes. La cyclicité normale, observée en 2011 et 2012, est classiquement reliée aux variations alimentaires des vaches laitières (pâturage *versus* alimentation fourragère hivernale). Pour autant, les observations faites en 2013 et 2014 ne sont pas investiguées dans le rapport D17- Filière Blanche 2015, malgré la relation directe entre d'une part le niveau alimentaire et d'abreuvement des vaches laitières et, d'autre part, leur production au pic de lactation et leur production moyenne des 100 premiers jours de lactation. Les niveaux de production rapportés sur cette figure (36 kg et 52 kg) semblent étonnamment élevés, incompatibles avec un troupeau de race normande et avec les valeurs de production moyenne observées sur les 100 premiers jours.

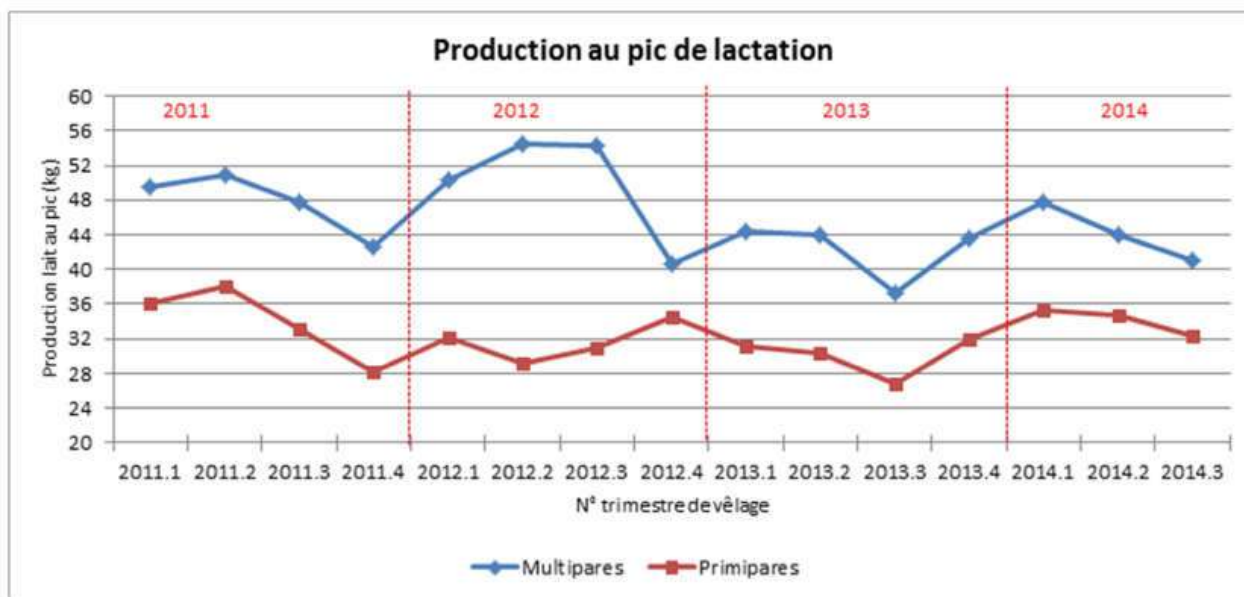


Figure 29 Production au pic de lactation – Moyennes trimestrielles (D17- Filière Blanche 2015)

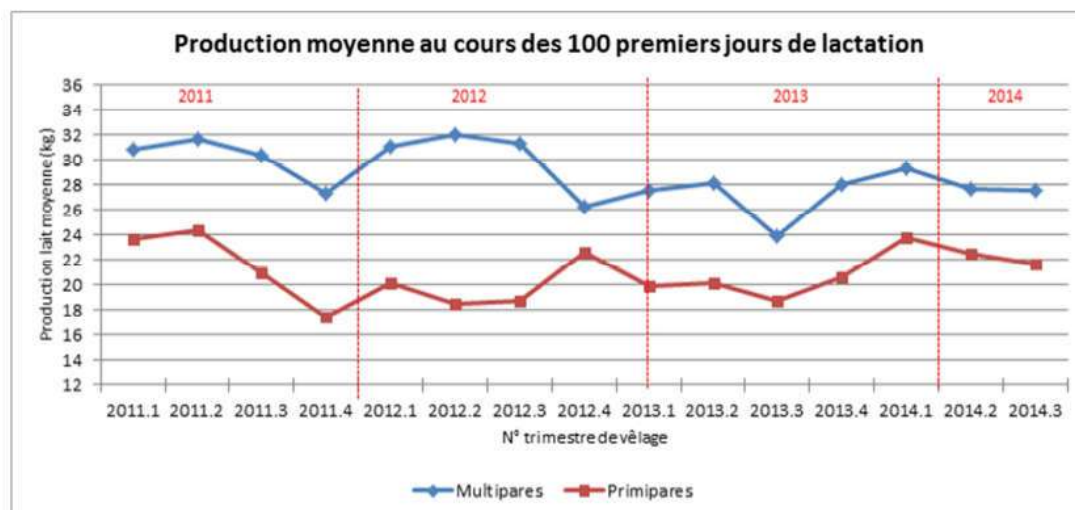


Figure 30 Production moyenne au cours des 100 premiers jours de lactation – Moyennes trimestrielles (D17- Filière Blanche 2015)

Par ailleurs, le GT note en parallèle une évolution relativement similaire du débit de traite sans aucune analyse dans le rapport D17- Filière Blanche 2015 (cf. Figure 31). Cette augmentation du débit est liée à l'augmentation du niveau de production.



Figure 31 Evolution du débit de traite – Moyennes mensuelles (D17- Filière Blanche 2015)

Le rapport D17-Filière Blanche 2015 s'est par ailleurs intéressé à l'effectif moyen de vaches traites par jour entre fin 2009 et novembre 2014. Il ressort de cette étude que cet effectif est très important : de 70 à 75 vaches en moyenne, ce qui représente un effectif élevé pour une seule station de traite robotisée avec cette conception du bâtiment et la volonté d'exploiter au maximum le pâturage, comme dans le cas de l'EARL du Lody, pouvant conduire à un phénomène de saturation de cette station. Il est mentionné par ailleurs une fréquence moyenne de traite de 1,9 à 2,1 traites / vache / jour, ce qui est considéré comme insuffisant car M. Potiron indique qu'il doit diriger vers la station de traite environ 35 vaches qui ne s'y rendraient pas spontanément. Sur la base de cette moyenne de deux traites / vache / jour, le rapport D17- Filière Blanche 2015 conclut que le robot de traite n'est en réalité pas saturé, avis que le GT ne partage pas, malgré l'effectif trop important, dans la mesure où ce sont environ 150 traites quotidiennes (deux traites pour 75 vaches) qui sont effectuées par une station capable d'en réaliser 175 à 180, selon la rédactrice du rapport.

En ce qui concerne l'année 2018, période investiguée par l'équipe d'Oniris, la production annuelle par vache présente, de 5 391 L, est nettement inférieure à la moyenne d'un panel régional de référence²⁸ en race Normande, qui est de 6 500 L (de 5 600 à 7 400 L). Tout comme dans le cas de Mme Bouvet, les intervenants rappellent dans leur rapport que la production est dépendante de nombreux facteurs : potentiel génétique, stade moyen de lactation, proportion de primipares dans le troupeau, alimentation. Les taux protéiques et butyreux sont quant à eux tout à fait corrects et très proches de la moyenne du panel. Le rapport précise enfin, pour la période comprise entre le 11/03/2018 et le 28/03/2019, que le nombre moyen de vaches traites par jour est de 75,9 et que la moyenne du nombre de traites est de 1,88 / vache / jour, sachant que l'objectif en traite robotisée est de 2,2 à 2,6 traites / vache / jour. Il est également précisé que cette fréquence de traite insuffisante est de surcroît obtenue en dépit du fait que les éleveurs « *poussent* » les vaches au robot et que le robot devrait se trouver en situation de saturation, en raison du nombre moyen excessif de vaches en lactation.

Les rapports D17-Filière Blanche 2015 et D55-Oniris 2019, établis à différentes périodes, concluent donc à une importante sous-fréquentation du robot et à un niveau élevé de l'effectif moyen de vaches en traite, qu'il convient également de rapporter aux caractéristiques structurelles de la stabulation. En effet, pour cet effectif moyen de 70 à 75 VL, dont la traite robotisée est organisée selon un modèle mixte (circulation libre pour un côté et guidée pour l'autre), le bâtiment propose 53 logettes paillées et 35 places au cornadis. Cet ensemble est complété par un box de détournement, en sortie de la station de traite, comprenant trois logettes et sept cornadis. Tous les intervenants mentionnent (i) le nombre insuffisant de logettes et de cornadis en regard de l'effectif et (ii) un état de propreté insuffisant des animaux.

En ce qui concerne l'abreuvement des VL en stabulation, le rapport D17-Filière Blanche 2015 apporte peu d'information, puisqu'il ne mentionne que la présence de « *deux grands bassins à niveau constant* » dans « *la zone de prise de fourrage* », sans en fournir ni les dimensions ni le débit. Faute de ces éléments essentiels, le GT ne peut pas évaluer si l'abreuvement proposé aux VL était suffisant. Ceci est d'autant plus regrettable que les disponibilités d'abreuvement des vaches laitières peuvent fréquemment être un facteur limitant essentiel (i) de leur productivité, (ii) de l'optimisation nutritionnelle de leur alimentation et (iii) du maintien de leur bon état de santé. Dans le rapport D55-Oniris 2019, il est indiqué de manière plus précise que les animaux disposent de quatre points d'eau dans la stabulation : un abreuvoir dans l'aire d'attente du robot, un double abreuvoir à la sortie du robot et deux abreuvoirs dans l'aire d'exercice. Sans donner non plus, les caractéristiques de ces quatre points d'abreuvement (dimension et débit), le rapport précise néanmoins que les deux abreuvoirs de l'aire d'exercice n'étaient pas en service lors des différentes visites des intervenants ; la raison en étant de forcer les vaches à se diriger vers l'aire d'attente de la station de traite pour pouvoir s'abreuver et, donc, les forcer à la traite. Il s'agit d'une stratégie qui peut s'avérer délétère puisqu'elle est fortement susceptible d'entraîner un manque d'abreuvement chez des animaux pour lesquels les apports en eau sont tout à fait essentiels. Le rapport indique que le nombre d'abreuvoirs en service est insuffisant par rapport à la taille du troupeau.

Les rapports disponibles ne font pas mention des points d'abreuvement mis à disposition des VL lorsqu'elles se trouvent au pâturage (nombre, type, répartition, etc.).

À toutes fins utiles, il est rappelé que l'eau joue un rôle crucial dans la production des vaches laitières qui consomment environ de 4 à 4,5 litres d'eau pour chaque litre de lait produit. De manière habituelle et lorsqu'elles en ont la possibilité, les vaches s'abreuvent de 7 à 12 fois par jour, avec à chaque fois une consommation comprise entre 10 et 20 litres d'eau. Par ailleurs, elles préfèrent boire après la traite ou lorsqu'elles s'alimentent. Le rapport Anses (2010) souligne que les pertes urinaires, et surtout la production laitière, représentent une variable d'ajustement lorsque l'eau n'est pas apportée en quantité suffisante.

²⁸ Repères techniques et économiques en élevage laitier : résultats 2016 - Projection 2017 (Pays de la Loire). Inosys Réseau d'Elevage, Institut de l'Elevage Idèle, Chambres d'Agricultures Pays de la Loire

Pour terminer sur cet ensemble de troubles importants, liés à la production et la qualité du lait, le GT regrette que certains points majeurs n'aient pas été envisagés lors des premières séries de visites d'élevage (GPSE et Filière blanche) : évaluation de la ration alimentaire, évaluation du bon fonctionnement du robot de traite, ainsi que de la maintenance et l'entretien de l'ensemble de son matériel (remplacement régulier des manchons trayeurs par exemple), vérification des réglages des différents paramètres de traite (niveau du vide de traite par exemple), recherche des causes potentielles à l'origine des avaries régulières des cartes électroniques du robot, investigations complètes et objectives des principaux facteurs de risque impliqués dans la survenue des infections mammaires. De son côté, le rapport D55-Oniris 2019 n'a pas été en mesure d'évaluer le niveau nutritionnel de la ration fournie aux animaux, dans la mesure où les intervenants ne disposaient pas des analyses de la valeur nutritionnelle des fourrages. Par ailleurs, le GT ne dispose d'aucune information sur un éventuel audit de fonctionnement du robot de traite.

4.2.3 Troubles de reproduction

M. Potiron rapporte, depuis 2012, quasiment 100 % de non-délivrances, des séries de vélages dystociques avec une insuffisance de dilatation du col utérin, des torsions utérines. Ces troubles ne peuvent pas être étayés et objectivés par le GT en l'absence du registre sanitaire confirmant ces éléments. Le vétérinaire traitant, lors de son audition, confirme intervenir très peu au sein de l'exploitation, quasi-exclusivement pour les mises-bas dystociques et les césariennes. Les données issues des prescriptions hors examen clinique par le vétérinaire traitant sont parcellaires et ne permettent pas une meilleure confirmation des troubles de la reproduction évoqués par l'éleveur.

Le rapport D17-Filière Blanche 2015 relate toutefois des performances de reproduction constantes entre 2008 et 2014, tant chez les génisses que chez les vaches, et note que ces critères n'ont pas été altérés au cours de cette période. Cependant, le GT, par une interprétation plus précise des données présentées dans ce rapport, constate que :

- sur un historique de quatre années proposées dans ce rapport, du 01/05/2008 au 30/04/2012, les index de fertilité étaient relativement médiocres pour les vaches (les index de fécondité demeurant corrects) et moyens pour les génisses (pourcentage élevé de génisses à « trois inséminations artificielles et plus ») ;
- pour la campagne 2010/2011 (période exacte non précisée dans le rapport, mais supputée par le GT du 01/04/2010 au 31/03/2011, puisqu'il peut s'agir de « la campagne laitière »), la fertilité des vaches est franchement mauvaise, alors que celle des génisses est bonne, la fécondité des vaches se maintenant toujours à un niveau correct ;
- pour la campagne 2011/2012, la fécondité des vaches s'améliore très nettement (très supérieure aux objectifs attendus pour la race Normande), alors que celle des génisses se dégrade de manière conséquente ;
- enfin, pour les deux campagnes suivantes, de 2012/2013 et 2013/2014, les performances de reproduction (fertilité et fécondité) présentent de bons résultats, pour les vaches comme pour les génisses.

Les données de reproduction de 2018 n'étant pas disponibles lors de l'évaluation d'Oniris, les intervenants n'ont pu étudier que celles de l'année 2017. Sur cette période, les performances de reproduction de l'élevage sont très bonnes (cf. Tableau 10).

Tableau 10 Performances de reproduction laitières sur les campagnes 2017-2018 et 2018-2019 de l'élevage de l'EARL de Lody (atelier lait), comparaison par rapport au panel régional (Pays-de-La-Loire) (source : D55-Oniris 2019)

Critères		Elevage EARL de Lody (Année 2018)	Elevage EARL de Lody (Année 2017)	Moyenne en race Normande ⁹
Vaches	IVV (j)	Non disponibles	402	407
	IVIA1 (j)		99	90
	IVIAf (j)		117	124
	Taux de réussite en 1 ^{ère} IA (%)		56	56
	VL à 3 IA et plus (%)		4	20
	Nb d'IA / VL		1,7	1,81
Génisses	Age au 1 ^{er} vêlage (mois)	Non disponibles	34	32
	Taux de réussite en 1 ^{ère} IA (%)		60	60
	GL à 3 IA et plus (%)		7	16
	Nb d'IA / GL		1,6	1,74

⁹ - Données Reproscope Campagne 2016-2017, race Normande, Loire Atlantique

IVV = intervalle vêlage-vêlage ; IVIA = intervalle vêlage - insémination artificielle ; IA = insémination artificielle ; VL = vache laitière ; GL = génisse laitière

4.2.4 Troubles du comportement

Selon M. Potiron, en juillet 2013, les vaches ne voulaient plus rentrer dans le bâtiment, encore moins dans l'aire d'attente du robot. Pour lui, les vaches ne veulent qu'une chose, sortir du bâtiment, préférant rester dehors sous la pluie. Dans le rapport Filière Blanche (D17- Filière Blanche 2015), « *Les dates clés relatées par M. Potiron sur la période étudiée au cours de l'entretien* » incluent notamment « *Juin 2013 - Mise en fonctionnement des éoliennes - Les vaches ne veulent plus rentrer dans le bâtiment.* »

Pour sa part, le rapport D38-GPSE 2016 mentionne un refus d'entrer dans le robot de traite non pas depuis juillet 2013 mais « *depuis mi-2012* », bien que la fréquentation du robot par les vaches laitières du troupeau soit historiquement faible, bien avant cette période. Lors de son audition, Mme Laval a indiqué ne pas avoir observé de problème de comportement au robot de traite, ce qui reste subjectif selon elle.

Selon M. Potiron, les vaches tapent « *avec leurs postérieurs lorsqu'elle se trouvent dans la station de traite* », d'où un décrochage des gobelets trayeurs, elles n'aiment pas aller se faire traire ; la majeure partie piétine, bouge, le temps de traite est anormalement long (plus de huit minutes, ce qui est anormal pour 19 kg produits en moyenne). M. Potiron note en outre que, depuis 2013, les cartes électroniques du robot de traite subissent de nombreuses avaries, sans que, selon lui, les techniciens chargés de la maintenance du robot ne soient en mesure d'en identifier la cause.

Dans le § 4.2.2 ont été évoqués certains défauts de traite liés au comportement de certaines vaches. Il s'agit du pourcentage de chutes des gobelets trayeurs (cf. Figure 27). Ces chutes de gobelets en cours de traite sont en général provoquées par les mouvements intempestifs de la ou des vaches qui, à l'aide d'un de leurs membres postérieurs, entraînent volontairement le décrochage du gobelet trayeur alors que la traite n'est pas terminée. Différentes causes peuvent être évoquées, toutes étant en règle générale liées au caractère de la vache concernée et/ou à l'inconfort qu'elle ressent : mammite clinique ou subclinique, traite agressive, en raison de paramètres de traite mal réglés, douleurs et affections podales, dysfonctionnement du robot de traite, présence de courants parasites, présence de mouches. L'observation du mauvais niveau, de longue date, et de fluctuations très importantes et récurrentes de ce pourcentage de chutes accidentelles des gobelets n'a pas été suivi d'une étude de ses différentes causes. De plus, les animaux responsables de ces chutes ne sont ni connus ni répertoriés, ce qui aurait permis d'en investiguer plus précisément les causes.

L'évaluation qualitative du comportement des vaches, réalisée par Oniris au cours de neuf séquences distinctes entre le 16/01/2019 et le 03/04/2019, selon les mêmes critères (*Welfare Quality®*) et modalités techniques que pour l'exploitation de Mme Bouvet, ne fait ressortir que l'apathie et le peu de dynamisme d'un troupeau peu enclin à se mouvoir, éléments considérés dans le rapport comme compatibles avec le fait d'être fortement impacté par des boiteries. Par ailleurs, à partir de l'observation des différents enregistrements vidéo séquentiels (une image toutes les 30 secondes), les intervenants ne mettent pas en évidence de troubles du comportement mais mentionnent :

- de nombreuses « *poussées* » quotidiennes des vaches au robot par les éleveurs ;
- de nombreuses vaches qui restent debout dans les logettes, paillées et confortables, mais en nombre insuffisant par rapport à l'effectif du troupeau (53 logettes et 3 supplémentaires dans l'aire de détournement) ;
- des vaches debout dans les couloirs en début de matinée lors des périodes de stabulation intégrale ;
- un embouteillage au robot de traite au retour du pâturage lorsque les vaches passent la nuit en stabulation.

Le GT note que tous les rapports mis à sa disposition font état d'une importante sous-fréquentation de la station de traite du robot par les vaches, en ajoutant que cette fréquence de traite insuffisante n'est en outre obtenue que grâce à l'intervention quasi-constante des éleveurs pour conduire une part importante de vaches dans la station. Cette sous-fréquentation est un paramètre de première importance sur le niveau de production laitière. Si le rapport D17-Filière Blanche 2015 évoque brièvement la problématique de la circulation des animaux dans le bâtiment et des boiteries, facteurs ayant un impact fort sur cette fréquentation, le rapport D55-Oniris 2019 s'est attaché à investiguer de manière complète et détaillée le problème des boiteries dans l'élevage (cf. § 4.2.7). Il apparaît clairement dans les conclusions de ce rapport que la sous-fréquentation de la station de traite est en grande partie liée à l'ampleur des boiteries, lesquelles sont présentes de longue date au sein de l'élevage puisqu'elles sont déjà mentionnées comme une problématique ancienne dans le rapport de D17-Filière Blanche 2015.

4.2.5 Retard de croissance des jeunes

Selon le rapport du GPSE, un retard de croissance des jeunes bovins est rapporté « depuis mi-2012 » (« *les jeunes bovins ne se développent pas normalement* »).

Dans le rapport Oniris, il est évoqué le cas de deux jeunes animaux, respectivement âgés d'environ 2,5 mois et 4,5 mois, qui présentaient un déficit staturopondéral constaté lors de leur autopsie au CHUV (cf. § 4.2.6).

4.2.6 Mortalité

Selon M. Potiron, en juillet 2013, tous les veaux mouraient à certains emplacements, « *soit ils n'avaient pas d'appétit, soit ils attrapaient tout le temps des choses* » : « *en déplaçant les cabanes à veaux, il n'y a plus eu de mortalité* ». Des veaux ont présenté des convulsions, dans les champs ou dans les cabanes.

Les données de mortalité de la DDPP et du GDS entre 2007 et 2019 (D57-DDPP 2019) et d'OMAR entre juillet 2006 et juin 2018 (D60-OMAR 2019) permettent de relever, pour les différentes tranches d'âge considérées (0-21 j ; 21 j – 6 mois ; 6 – 24 mois ; > 24 mois) des fluctuations importantes sur ces périodes, sans que se dégage une tendance dans un sens ou dans l'autre, ni une évolution particulière sur la période 2012-2013. Un historique de taux élevés de mortalité est relevé, avec de surcroît une baisse de ces taux de mortalité entre 2013 et 2018 par rapport à la période de 2006 à 2012.

Dans le rapport Aexpertis (D6-Aexpertis 2014), un pic de mortalité est relevé en 2011-2012, attribué à des troubles respiratoires d'origine infectieuse, qui se seraient améliorés après

vaccination systématique (« II. Analyses sur la mortalité des animaux. (...) Sur l'année 2011/2012 on constate un taux de perte plus important qui est à imputer à des problèmes respiratoires (pasteurelle affaiblissant les animaux et entraînant une attaque virale de type RSB qui occasionne la perte de l'animal). Depuis cette période, la situation est redevenue normale par la vaccination systématique. Pour l'année 2012/2013, les pertes constatées ne sont pas expliquées par le vétérinaire qui suit l'élevage. »

Lors de son audition, M. Potiron a rapporté que, chez les vaches allaitantes, six veaux sont morts (cinq mort-nés et un mort deux jours après la naissance suite à des convulsions) sur une période d'environ 1,5 mois à l'été 2020. Il a indiqué que ces veaux n'avaient fait l'objet d'aucune autopsie ni analyse, et que les vaches ayant mis bas (parturientes) n'avaient fait l'objet d'aucune analyse (prélèvements sanguins ou placentaires). Par conséquent, la cause de leur mort ne peut pas être précisée. Les problèmes chez les vaches allaitantes remontent selon lui à 2012. Ces vaches sont tout le temps dehors car, à son avis, les vêlages se passent mieux dehors.

Comme d'autres constats et rapports antérieurs, l'évaluation réalisée par les intervenants d'Oniris conclut que la mortalité observée sur le cheptel de l'EARL du Lody entre le 01/01/2018 et le 31/12/2018 est très supérieure à la moyenne du panel régional de référence, en particulier en ce qui concerne les veaux. Plus précisément, le rapport indique un taux de mortalité de 34 % pour les veaux, comparé aux données pour les élevages de race Normande en Pays de Loire de 8 à 18 % (moyenne 13 %). Pour les animaux de plus d'un an, le taux de mortalité est établi à 4,7 %, alors qu'il devrait être inférieur à 2 %.

Comme pour d'autres troubles observés dans l'élevage, le rapport D55-Oniris 2019 investigate de manière détaillée l'ensemble des mortalités survenues entre le 01/01/2018 et le 31/03/2019, en reprenant pour chaque cas : l'identification de l'animal, sa date de naissance, la date et, lorsqu'elle est connue, l'origine de sa mort. Le GT regrette que l'origine de la mort ne soit quasiment jamais connue, dans la mesure où elle n'a pas été renseignée par les éleveurs. Sur les 59 mortalités recensées au cours de cette période, l'origine est connue pour seulement cinq dans la mesure où les animaux concernés ont été autopsiés par le service dédié du CHUV. Chacune de ces autopsies permet la mise en évidence de certaines atteintes :

- la génisse de race Normande FR.44.5215.0062, âgée de 22 mois, autopsiée le 24/09/2018 : la mort a été provoquée par un choc endotoxinique. Son autopsie a permis de constater une éversion de la muqueuse vaginale sous l'effet des efforts expulsifs qu'elle avait produit, étant gravide malgré son trop jeune âge d'un fœtus à terme, avec un col utérin non dilaté ;
- la vache laitière de race Normande FR.44.5215.0043, âgée de 2 ans ½, autopsiée le 30/01/2019 présentait des lésions consécutives à un décubitus prolongé, ainsi qu'une mammites suppurée subaiguë du quartier antérieur gauche. La présence d'infarcti rénaux et pulmonaires témoignaient d'une bactériémie *ante-mortem* ;
- le veau femelle de race Normande FR.44.5215.0143, âgé de 4 mois ½ autopsié le 04/02/2019 présentait une bronchopneumonie suppurée sévère, très évocatrice d'une infection par voie aérogène par une bactérie pyogène (*Pasteurella multocida*, *Trueperella pyogenes*) qui peut possiblement être consécutive à une lésion initiale d'origine virale (RSV, PI3) ;
- le bœuf de race Normande FR.44.5215.6182, âgé de 2 ans, hospitalisé le 13/03/2019 puis autopsié le 17/03/2019 était atteint d'un volumineux abcès, en face médiale de la mandibule, faisant protrusion dans la cavité buccale. Cet abcès avait pour origine un traumatisme inoculateur au niveau de la cavité buccale ;
- le veau femelle de race Normande FR.44.5215.5300, âgé de 81 jours autopsié le 20/03/2019 présentait une bronchopneumonie suppurée chronique, active et extensive, associée à une pleuropéricardite fibrineuse. Ces lésions respiratoires expliquent à elles seules, par leur intensité et leur chronicité, le déficit staturo-pondéral ainsi que la mort de l'animal par insuffisance respiratoire. L'examen bactériologique a permis de mettre en évidence la présence d'une *Pasteurella spp.* au niveau des lésions pulmonaires.

Par ailleurs, une sixième autopsie avait été auparavant réalisée le 02/03/2015, dans le cadre du protocole mis en place par le GPSE (cf. § 4.2.7). Au regard de l'historique ancien du taux de mortalité de l'élevage, sur les veaux comme sur les adultes, notamment antérieur à la mise en chantier du parc éolien des Quatre Seigneurs, le GT s'étonne de l'absence d'investigation antérieure à l'égard de cette problématique, fondamentale pour un élevage d'animaux de rente. De même, la réalisation d'une seule autopsie lors de l'étude réalisée par le GPSE, de surcroît sur un animal en toute fin d'évolution morbide d'un processus infectieux d'origine podale, ne paraît pas pertinente, tant en ce qui concerne le nombre qu'en ce qui concerne le choix de l'animal.

A partir de l'ensemble des autopsies réalisées, le rapport D55-Oniris 2019 conclut que (1) les troubles de santé diagnostiqués sur les animaux sont variés et ne font pas ressortir un profil dominant ou une origine unique, et que (2) les agents étiologiques, quand ils ont pu être identifiés, sont des agents couramment mis en évidence dans les élevages bovins en France.

Par ailleurs, le GT a eu connaissance d'un épisode de grande ampleur de bronchopneumopathies infectieuses ayant sévi sur les jeunes animaux en 2011/2012 (mort d'environ 40 jeunes animaux) (cf. D6-Aexperts 2014). Cet épisode semble avoir trouvé une issue favorable par la mise en place d'une vaccination adaptée des animaux dès l'âge de 15 jours à l'aide d'une vaccination multivalente RSV – PI3 – Pasteurelle (*Mannheimia haemolytica*), en substitution du protocole précédemment mis en place dans son élevage et qui n'était pas adapté. Le vétérinaire traitant n'a pas eu connaissance de cet historique, dans la mesure où les éleveurs ont fait appel en janvier 2012 à un vétérinaire dont le domicile professionnel était situé à Montmorillon, distant d'environ 260 km de Puceul. Aucune information n'est disponible au sujet de la durée d'application et du maintien ou non de ce protocole vaccinal.

Enfin, au vu des données fournies dans le rapport D55-Oniris 2019 pour la période d'étude entre le 01/01/2018 et le 31/03/2019, le GT a une nouvelle fois constaté qu'un nombre très important de mortinatalités (date de la mort identique à celle de la naissance) étaient survenues au cours de cette période (23 mortinatalités sur les 59 mortalités recensées), qui correspondaient règlementairement à des avortements. Le GT ne dispose toutefois d'aucune d'information sur ces mortinatalités et sur une éventuelle intervention du vétérinaire de l'élevage, règlementairement obligatoire, qui devait conduire à une démarche d'investigation diagnostique vis-à-vis de ces avortements ou mortinatalités. Ce manque d'information est d'autant plus regrettable que les processus pathologiques, le plus souvent infectieux, à l'origine de ces troubles, ont également des répercussions fréquentes sur la santé des autres catégories d'animaux du troupeau et, de ce fait, qu'ils étaient susceptibles de pouvoir trouver une explication.

4.2.7 Boiteries

M. Potiron indique que certaines vaches présentent des sortes de crampes, des tremblements au niveau des cuisses et des pattes arrière, et que des boiteries sévères peuvent entraîner la mort des bovins.

Lors de son audit du 20/05/2015 (D17- Filière Blanche 2015), le Dr Journal relate une « *note moyenne* » à propos des boiteries qui affectent les vaches laitières du troupeau. Elle mentionne également que « *la dermatite digitée est très présente dans l'élevage* », sans que l'on sache comment ce diagnostic a été établi. M. Potiron lui indique que le nombre de boiteries est habituellement plus élevé et qu'un plan de prévention est en place.

Selon le rapport du GPSE (D38-GPSE 2016, p. 3), « *la vache adulte autopsiée chez Potiron présentait une grave atteinte podale, avec infection ostéo-articulaire, ainsi qu'une mammite chronique suppurée* ». L'autopsie réalisée le 02/03/2015 sur cette vache laitière, identifiée FR.44.5215.1848, a permis d'observer au niveau des deux membres postérieurs « *une arthrite nécrosante sévère, chronique et une ostéomyélite nécrosante* » (cf. § 4.2.6).

Les boiteries représentent une problématique sévissant de longue date au sein de l'exploitation et qui n'a pas été maîtrisée au fil des années. En mars 2019, les intervenants d'Oniris accompagnés

d'un pareur professionnel, réalisent une évaluation de ces boiteries. En résumé, à partir de la notation de 45 vaches laitières et l'observation des lésions lors du parage de 33 vaches (22 primipares et 11 multipares), il est notamment observé que :

- la locomotion du troupeau est très dégradée, puisque 60 % des 45 animaux notés présentent une boiterie modérée à sévère,
- deux grands types de lésions podales sont le plus souvent observées, à savoir (i) des lésions infectieuses de dermatite digitée et (ii) des lésions de la corne comme les ulcères, les décollements de la sole, les maladies de la ligne blanche ou les nécroses de la pince,
- les lésions de dermatite digitée sont principalement des lésions actives,
- 29 des 33 vaches examinées lors du parage ont reçu au moins un traitement.

A partir de ces observations, le rapport D55-Oniris 2019 propose un inventaire des facteurs de risque de survenue des deux principales affections podales présentes dans l'effectif des vaches laitières de l'élevage : dermatite digitée (cf. Tableau 11) et lésions de la corne (cf.

Tableau 12).

Tableau 11 Facteurs de risque de la dermatite digitée présents dans l'EARL de Lody (source : D55-Oniris 2019)

Facteurs de risque de la dermatite digitée ¹⁰		Importance relative dans la survenue de la maladie ou la sévérité des lésions	EARL de Lody
Habitat	Humidité, défaut d'hygiène des aires de vie	Majeur	Troupeau sale : >50% des vaches avec note de propreté des membres de 3 ou 4 (cf. partie propreté des vaches). Accès au pré boueux.
Alimentation	Déficit énergétique	Secondaire	Amaigrissement en début de lactation des multipares (cf. partie état corporel)
	Carences marquées en minéraux	Secondaire	Non évalué (complémentation)
Conduite sanitaire	Sous-détection des boiteries, traitement absent ou inadapté	Majeur	Pas de traitement individuel en lactation Pas de parage curatif
	Mesure de prévention absente ou inadaptée	Majeur	Absence de traitement collectif efficace (pédiluve) Pas de parage préventif (parage ponctuel lors du tarissement des vaches par l'éleveur)

10 - UMT Maîtrise de la Santé des troupeaux bovins, 2014 « Guide d'intervention pour la maîtrise des boiteries en troupeaux de vaches laitières », 2e édition, par Bareille N, Roussel Ph. 177 p.

Tableau 12 Facteurs de risque des lésions de la corne présents dans l'EARL de Lody (source : D55-Oniris 2019)

Facteurs de risque des lésions de la corne : ulcère, maladie de la ligne blanche, dédoublement de la sole, nécrose de la pince ¹⁰		Importance relative dans la survenue de la maladie ou la sévérité des lésions	EARL de Lody
Habitat	Diminution du temps de couchage des animaux	Majeur	Vaches debout dans les couloirs et debout dans les logettes (Cf. partie comportement)
	Nature du sol (sol bétonné à risque)	Majeur	Passage d'une aire paillée ou pâturage (génisses, vaches tarées) à une stabulation bétonnée (vaches en lactation)
	Traumatisme lors des déplacements des animaux	Secondaire	Sol bétonné, racleur
Alimentation	Déficit énergétique	Majeur	Amaigrissement en début de lactation des multipares (cf. partie état corporel)
	Acidose subaiguë	Secondaire	Non évalué
	Carences marquées en minéraux	Secondaire	Non évalué (complémentation)
Conduite sanitaire	Sous-détection des boiteries, traitement absent ou inadapté	Majeur	Pas de traitement individuel en lactation Pas de parage curatif
	Mesure de prévention absente ou inadaptée	Secondaire	Pas de parage préventif (parage ponctuel lors du tarissement des vaches par l'éleveur)

10 - UMT Maîtrise de la Santé des troupeaux bovins, 2014 « Guide d'intervention pour la maîtrise des boiteries en troupeaux de vaches laitières », 2e édition, par Bareille N, Roussel Ph. 177 p.

En conclusion, le rapport indique que l'impact des lésions podales dans le troupeau est majeur, à la fois en termes de locomotion des animaux, de bien-être animal et de production. De nombreux facteurs de risque favorisant l'apparition de ces lésions podales sont présents dans l'élevage.

Sur la base de l'ensemble des documents et données qui ont été mis à leur disposition, le GT précise que les troubles locomoteurs, même s'ils n'ont été évalués de manière aussi complète qu'en mars 2019, préexistaient de longue date au sein de l'élevage, et ce, de manière tout à fait similaire (cf. rapports D17-Filière blanche 2015 et D38-GPSE 2016).

En résumé, plusieurs troubles ont été rapportés chez des bovins des deux élevages. Certains de ces troubles ont été à la fois rapportés par les éleveurs et confirmés par des témoignages et/ou décrits dans les documents transmis au GT. Il s'agit :

- chez Mme Bouvet, de mammites et d'une altération de qualité du lait, d'une baisse de production de lait, de troubles de la reproduction, de troubles du comportement, de retards de croissance des veaux,
- chez M. et Mme Potiron, de mammites et d'une altération de qualité du lait, d'une baisse de production de lait, de troubles de la reproduction chez les vaches laitières, de troubles du comportement, de retards de croissance, des mortalités et des boiteries.

Ces troubles ont été retenus par le GT pour l'attribution d'un score d'imputabilité (cf. § 6).

D'autres troubles ne sont confirmés ni par des témoignages de tiers, ni par des documents fournis au GT : il s'agit des troubles cardiaques, du franchissement des barbelés par les bovins chez Mme Bouvet, des troubles du comportement en pâture et des troubles de reproduction des vaches allaitantes chez M. et Mme Potiron. En l'absence complète de données sur ces troubles, il n'est pas possible d'appliquer une méthode d'imputabilité et ils n'ont pas été retenus par le GT.

5 Elaboration d'une méthode d'imputabilité au parc éolien des Quatre Seigneurs de troubles observés dans deux élevages bovins

Afin d'évaluer un lien de causalité entre une exposition à une substance, un produit, etc. et des effets, il convient d'avoir recours à une méthode d'imputabilité basée sur différents critères qui, considérés conjointement, conduisent à une conclusion objective et reproductible allant, selon les cas, de l'exclusion à une probabilité plus ou moins élevée de lien de cause à effet (Fagot-Largeault 2010; Miremont-Salamé *et al.* 2016). Ces critères reprennent en particulier les principales conditions de Hill et Evans (Evans 1978; Hill 1965) reliant deux événements, qui caractérisent une relation de cause à effet : (1) l'antériorité du facteur sur l'effet, (2) une association facteur – effet suffisamment forte, et (3) l'absence d'autres facteurs (de confusion).

Actuellement, plusieurs méthodes d'imputabilité sont disponibles et appliquées en France, dans différents domaines, comme la pharmacovigilance (humaine ou vétérinaire) pour les médicaments (respectivement humains ou vétérinaires), la nutrivigilance pour les compléments alimentaires, la cosmétovigilance pour les produits cosmétiques ou la toxicovigilance pour toutes les substances non répertoriées dans les autres vigilances nationales réglementées. Ces méthodes diffèrent les unes des autres afin de s'ajuster aux spécificités des domaines auxquels elles s'appliquent. En revanche, les experts n'ont pas identifié de méthode spécifiquement dédiée à des agents physiques et à leurs particularités. Il est ainsi apparu nécessaire de développer une méthode d'imputabilité dédiée aux agents physiques, en particulier ceux issus des éoliennes, pour pouvoir répondre à la question de la saisine.

Pour réaliser ces travaux, les experts se sont appuyés sur l'analyse des trois méthodes utilisées en pharmacovigilance vétérinaire, en nutrivigilance et en toxicovigilance, coordonnées par l'Anses, à partir desquelles ils ont ensuite élaboré une méthode adaptée aux agents physiques sus cités.

Il convient de souligner que cette méthode a été développée dans le délai contraint imparti au traitement de la saisine, délai court pour l'élaboration d'une telle méthode. Elle n'a pas pu être testée pour des cas autres que celui du parc éolien des Quatre Seigneurs et des deux élevages objets de la saisine. Par conséquent, son application à d'autres sites où des animaux seraient exposés à des éoliennes pourrait nécessiter d'autres développements.

5.1 Présentation des méthodes d'imputabilité analysées par le groupe de travail

5.1.1 Méthode d'imputabilité en pharmacovigilance vétérinaire

La pharmacovigilance vétérinaire consiste à surveiller les effets indésirables des médicaments vétérinaires utilisés pour la prévention, le diagnostic ou le traitement des maladies animales, après leur autorisation de mise sur le marché (AMM). Elle repose sur la déclaration spontanée d'effets indésirables rapportés chez l'animal et/ou chez l'être humain après utilisation d'un médicament vétérinaire.

L'évaluation de l'imputabilité correspond alors à l'évaluation du lien de causalité entre un médicament vétérinaire et un effet indésirable. Une déclaration porte sur un ou plusieurs médicaments, en considérant alors une imputation par médicament, pour l'effet indésirable dans sa globalité (et non pour chaque signe clinique). Elle s'appuie sur le système européen ABON et

sur des lignes directrices²⁹ relatives aux critères d'inclusion, en suivant des algorithmes d'imputation (cf. Tableau 13). Elle repose uniquement sur l'analyse des données fournies. Aucun test complémentaire n'est diligenté.

Tableau 13 Critères d'imputabilité en pharmacovigilance vétérinaire : système européen ABON

Imputabilité	Critères
« A » (Probable)	• <u>Chronologie compatible</u> entre administration du médicament et apparition et durée de l'événement indésirable • <u>Signes cliniques compatibles</u>, ou au moins plausibles, compte tenu de la pharmacologie et de la toxicologie connues du médicament. • <u>Pas d'autre explication tout aussi plausible du cas</u> (si autres explications suggérées, sont-elles valables ? Quel est leur degré de certitude ?). En particulier, l'usage concomitant d'autres médicaments vétérinaires (éventuelles interactions), ou une maladie intercurrente, doivent être pris en considération dans l'évaluation. Dès lors que l'un des critères précédents n'est pas rempli (par suite de données contraires ou d'un manque d'informations), les rapports correspondants pourront seulement être classifiés comme « B » (Possible), « N » (Improbable), « O1 » (Non-concluant) ou « O » (Non-classable)
« B » (Possible)	Imputabilité au médicament = une de plusieurs causes plausibles pouvant expliquer l'effet décrit, mais les données disponibles ne remplissent pas l'ensemble des critères justifiant une inclusion dans la catégorie « A »
« O1 » (Non-concluant)	Tous les cas où un lien avec le médicament ne peut être écarté mais où d'autres facteurs empêchent de conclure
« O » (Non-classable)	Tous les cas où des données fiables concernant l'effet indésirable sont indisponibles ou insuffisantes pour évaluer l'imputabilité
« N » (Improbable)	Des données suffisantes existent pour établir avec un degré raisonnable de certitude qu'une cause alternative et indépendante du médicament permet d'expliquer l'effet rapporté

Dans le cas de la pharmacovigilance vétérinaire, l'appréciation de l'imputabilité peut s'appuyer sur des données issues notamment du dossier d'AMM du médicament considéré, dont des données biologiques (paramètres sanguins par exemple), des effets ou des interactions indésirables identifiés.

5.1.2 Méthode d'imputabilité en nutrivigilance

La nutrivigilance a été mise en place en France en 2009, du fait du développement important et de la large consommation de compléments alimentaires, ainsi que des denrées destinées à des populations particulières, des aliments enrichis et de nouveaux aliments. La méthode d'imputabilité en nutrivigilance a été élaborée par l'Anses (avis Anses (2011)), chargée de ce dispositif visant à identifier un lien éventuel entre la prise de ces produits et des effets indésirables observés ou rapportés chez des consommateurs. Cette méthode a été actualisée en 2019 pour prendre en compte les compléments et précisions résultant de sa mise en application par le groupe de travail « Nutrivigilance ». Sont présentées ici les principales caractéristiques de cette méthode, par ailleurs détaillée dans l'avis de l'Anses (2019a).

La méthode d'imputabilité en nutrivigilance comprend deux volets **indépendants l'un de l'autre**, le score d'imputabilité intrinsèque et le score d'imputabilité extrinsèque.

²⁹ Recommendation on harmonising the approach to causality assessment for adverse events to veterinary medicinal products. European Medicines Agency, 2013. EMA/CVMP/PhVWP/552/2003 – Rev.1. Committee for Medicinal Products for Veterinary Use (CVMP)

5.1.2.1 Le score d'imputabilité intrinsèque

Ce score doit être établi indépendamment pour chaque produit consommé pouvant contenir plusieurs ingrédients. De plus, si un même produit est suspecté d'avoir entraîné plusieurs effets, le score est établi pour chaque effet.

Il résulte du croisement de deux scores, le score chronologique et le score étiologique.

5.1.2.1.1 Le score chronologique

Il prend en compte le délai entre la période de consommation du produit et l'apparition de l'effet indésirable, l'évolution de l'effet et une éventuelle réintroduction du produit. S'il n'y a pas d'information sur le délai de survenue de l'effet indésirable par rapport à la période de consommation du produit (délai inconnu), le score chronologique et, par conséquent, le score intrinsèque ne peuvent pas être estimés.

Les définitions des critères et de leurs qualificatifs sont synthétisées dans le Tableau 14.

Tableau 14 Définition des qualificatifs des critères pris en compte dans le score chronologique

	Critère	Qualificatif	Définition du qualificatif
Score chronologique	Délai entre consommation du produit et apparition de l'effet indésirable	Incompatible	L'effet indésirable est antérieur à la prise du produit Ou L'effet indésirable apparaît en dehors du délai attendu (délai trop court ou trop long)
		Compatible	L'effet indésirable apparaît dans le délai attendu
		Potentiellement compatible	Le délai, bien qu'atypique, est néanmoins possible pour l'effet considéré
	Evolution de l'effet	Suggestive	L'effet indésirable régresse ou évolue de façon typique après l'arrêt ou la diminution de la dose du produit, sans traitement symptomatique réputé efficace
		Non suggestive	L'effet indésirable ne régresse pas ou régresse hors du délai attendu après l'arrêt du produit, avec ou sans traitement symptomatique réputé efficace, alors qu'il s'agit de symptômes généralement réversibles Ou L'effet indésirable régresse significativement, sans arrêt du produit et sans traitement symptomatique réputé efficace.
		Non interprétable	Toutes les autres situations
	Réintroduction du produit suspecté	R(+) Positive	Le même effet indésirable réapparaît avec la réintroduction du produit quelle que soit la dose
		R(-) Négative,	L'effet indésirable ne réapparaît pas avec la réintroduction du produit à une dose identique ou supérieure
		R(0) Absente Ou non concluante	Il n'y a pas eu de récurrence de l'effet après reprise de la consommation à une dose plus faible Ou Il n'y a pas d'information concernant la réapparition de l'effet suite à la réintroduction du produit

La combinaison de ces trois critères conduit à la qualification d'un score chronologique de C0 à C4 (Tableau 15).

Tableau 15 Score chronologique (Anses 2020)

	Délai d'apparition de l'effet indésirable						
	Compatible			Potentiellement compatible			Incompatible
Evolution de l'effet	Réintroduction						C0
	R(+)	R(0)	R(-)	R(+)	R(0)	R(-)	
Suggestive	C4	C3	C2	C3	C2	C1	
Non interprétable	C3	C2	C1	C2	C1	C1	
Non suggestive	C2	C1	C1	C2	C1	C0	

5.1.2.1.2 Le score étiologique

Il dépend des examens étiologiques réalisés, des facteurs de risque ou de comorbidités, ou d'une possibilité d'interactions, par exemple entre le produit évalué et un médicament. Ce score va de E0 à E3, tel que décrit dans le Tableau 16.

Il convient de souligner que l'identification d'une autre cause (E0) ne permet pas d'exclure formellement la coresponsabilité du produit évalué.

Tableau 16 Score étiologique

Résultat de l'enquête étiologique	Score étiologique
Une autre cause a été identifiée	E0
Enquête étiologique non réalisée	E1 (ou E2*)
Enquête étiologique incomplète avec des causes fréquentes non explorées	E2
Enquête étiologique complète : Toutes les causes fréquentes ont été écartées Ou le produit évalué a été formellement incriminé	E3

*En cas de facteur de risque identifié ou d'interaction suspectée

5.1.2.1.3 Croisement des scores chronologique et étiologique : le score d'imputabilité intrinsèque

Le croisement de ces deux scores permet d'établir un score d'imputabilité intrinsèque avec l'un des qualificatifs suivants « I0 : exclu », « I1 : douteux », « I2 : possible », « I3 : vraisemblable » ou « I4 : très vraisemblable » (Tableau 17).

Tableau 17 Score d'imputabilité intrinsèque

SCORE INTRINSEQUE*	Score étiologique			
Score chronologique	E0	E1	E2	E3
C0	I0			
C1	I1	I1	I1	I2
C2	I1	I2	I2	I3
C3	I2	I3	I3	I4
C4	I3	I3	I4	I4

*I0 (exclu) ; I1 (douteux) ; I2 (possible) ; I3 (vraisemblable) ; I4 (très vraisemblable)

5.1.2.2 Le score d'imputabilité extrinsèque.

Il est indépendant du score d'imputabilité intrinsèque, et est fondé sur la bibliographie au moment de la détermination de ce score. Il évalue la qualité de la démonstration scientifique de la relation de cause à effet entre un ingrédient et un effet indésirable (Tableau 18).

Tableau 18 Score d'imputabilité extrinsèque

Bien documenté Etude(s) clinique(s) ou épidémiologique(s) (interventionnelle ou observationnelle) Cas clinique(s) isolé(s) étayé(s) par des données physiopathologiques	B2
Peu documenté Cas clinique(s) isolé(s) non étayé(s) par des données physiopathologiques Etude expérimentale chez l'animal	B1
Non documenté Ni cas clinique, ni étude clinique ou animale	B0

5.1.3 Méthode d'imputabilité en toxicovigilance

La méthode d'imputabilité en toxicovigilance, disponible en ligne³⁰, concerne les effets toxiques pour l'être humain liés à l'exposition aux produits qui n'entrent pas dans le champ des autres vigilances nationales réglementées. Il s'agit par exemple des produits utilisés dans la maison ou le jardin (produits d'entretien, pesticides...), des produits pour le bricolage (peinture, colle...) ou des toxines de l'environnement (champignons, plantes, insectes...)³¹ (Sinno-Tellier *et al.* 2019). Elle s'appuie sur les données des Centres antipoison (dossiers de téléconsultation médicale [99 %], notifications toxicovigilance). L'imputabilité est un indicateur de la force du lien de causalité entre une exposition à un xénobiotique et l'apparition d'un symptôme, d'un syndrome ou d'une maladie.

Dans ce chapitre, les « déterminants » sont les différents items/critères considérés pour évaluer une imputabilité. Les qualificatifs correspondent à la manière de définir chaque déterminant,

Elle a été développée par le « GT Qualité et Méthodes » du Comité de coordination de toxicovigilance de 2010 à 2016, selon la méthode de construction suivante :

- Choix des déterminants indépendants,
- Définition de leurs modalités,
- Mise au point d'un arbre de décision, puis d'un calculateur en ligne,
- Ateliers d'évaluation en GT Qualité et Méthodes (huit ateliers de sept à 12 experts-juges, chaque atelier ayant évalué 40 dossiers portant sur des expositions aiguës et chroniques, tous types de produits et tous types d'effets),
- Tests de concordance inter-juges des résultats (Kappa de Fleiss).

³⁰ Méthode d'imputabilité en toxicovigilance, Version 7.6 Comité de Coordination de la Toxicovigilance - Groupe de travail Qualité et Méthodes. Juin 2015

https://tv.antipoison.fr/v7.6/Notice_methode_imputabilite_v7.6.pdf

³¹ Art L.1340-2 du Code de la santé publique : (...) a pour objet la surveillance et l'évaluation des effets toxiques pour l'homme, aigus ou chroniques, de l'exposition aux produits (mélanges ou substances) naturels ou de synthèse disponibles sur le marché ou présents dans l'environnement qui n'entrent pas dans le champ des autres vigilances nationales réglementées

5.1.3.1 Déterminants

En TV, six déterminants sont évalués **indépendamment** les uns des autres :

- Exposition
- Symptomatologie
- Chronologie
- Éléments objectifs de caractérisation causale
- Autres causes possibles, diagnostics différentiels
- Bibliographie.

La méthode de toxicovigilance associe ainsi l'évaluation de l'imputabilité intrinsèque (*liée au cas*), via les cinq premiers déterminants et extrinsèque, via la bibliographie (*connaissances acquises sur le lien exposition – effets*).

5.1.3.1.1 Exposition

L'exposition peut être « exclue » (E₀), « possible » (E₁) ou « très probable » (E₂) (Tableau 19).

Tableau 19 Définition des qualificatifs du déterminant « Exposition » (exemples)

E ₀ Exclue	E ₁ Possible	E ₂ Très probable
Présence d'éléments objectifs permettant d'exclure toute possibilité d'exposition <i>Comprimé retrouvé in fine</i>	L'exposition est possible mais aucun élément ne l'atteste formellement <i>Prise de comprimés en l'absence de témoin (tentative de suicide)</i> <i>Travailleur affecté dans un atelier où ont lieu des opérations de ponçage</i>	Exposition constatée, le cas échéant sans certitude analytique / métrologique <i>Prise de comprimés devant un tiers qui l'atteste</i> <i>Ebéniste affecté à un poste de ponçage sans EPI adapté</i>

5.1.3.1.2 Symptomatologie

Les symptômes peuvent être « présents » (S₁) ou « absents » (S₀) (Tableau 20).

Tableau 20 Définition des qualificatifs du déterminant « Symptomatologie » (exemples)

S ₀ Absente	S ₁ Symptomatologie
Aucune symptomatologie n'est observée ou alléguée <i>Patient asymptomatique et vivant</i>	Symptôme/syndrome clinique ou paraclinique observé ou allégué <i>Symptômes rapportés par le patient ou par un tiers</i>

5.1.3.1.3 Chronologie

La chronologie peut être « incompatible » (C₀), « compatible » (C₁) ou « évocatrice » (C₂) (Tableau 21).

Tableau 21 Définition des qualificatifs du déterminant « Chronologie » (exemples)

C ₀ Incompatible	C ₁ Compatible	C ₂ Evocatrice
• Survenue des symptômes avant le début de l'exposition <i>(Vertiges débutés une heure avant exposition vapeurs de pétrole)</i> • Survenue des symptômes trop précocement ou trop tardivement compte tenu de la nature des effets, de leur mécanisme ou de leur pic d'effets lorsque ceux-ci sont connus <i>Hépatite cytolitique 15 jours après la prise de paracétamol</i> <i>Cancer de la vessie 6 mois après début exposition professionnelle amines aromatiques</i>	• Survenue des symptômes après arrêt exposition mais à distance de façon compatible avec effets <i>Hépatite cytolitique 48 h après surdose de paracétamol</i> • Persistance des symptômes sans modulation malgré la rythmicité de l'exposition, ou après la fin de l'exposition <i>Tachycardie de repos permanente et prise d'un CA chaque matin</i> <i>Nausées et vertiges à 12 heures de la dernière prise de tramadol LP</i> • Chronologie non précisée <i>La chronologie n'est pas connue avec le détail attendu pour être contributive</i>	• Reproduction des effets après une réexposition <i>Tachycardie dans l'heure qui suit chaque prise d'un complément alimentaire</i> • Atteinte survenant durant l'exposition ou dans un délai au plus égal à celui du pic plasmatique ou du pic d'effet(s) attendu <i>Somnolence dans les 2 heures suivant la prise d'un comprimé de bromazépam</i>

5.1.3.1.4 Eléments objectifs de caractérisation causale

Pour ce déterminant, il peut y avoir « présence d'éléments probants » (L₂), « absence d'éléments probants » (L₁) ou « présence d'éléments contraires » (L₀) (Tableau 22). Il convient de souligner que ce déterminant est le plus discriminant, mais il est souvent peu disponible car il nécessite des moyens analytiques ou métrologiques.

Tableau 22 Définition des qualificatifs du déterminant « Eléments objectifs de caractérisation causale » (exemples)

L ₀ Présence d'éléments contraires	L ₁ Absence d'éléments probants	L ₂ Présence d'éléments probants
• Test diagnostique à la fois spécifique et sensible négatif <i>Salicylémie nulle 4h après la prise supposée</i> • Concentration du toxique ou de ses métabolites dans des liquides biologiques ou des tissus à des niveaux incompatibles avec les effets observés <i>Encéphalopathie et plombémie à 300 µg.L⁻¹</i>	• Inexistence de test diagnostique spécifique <i>Dosage plasmatique des tensio-actifs présents dans la formulation d'une lessive</i> • Test diagnostique spécifique non fait <i>Recherche de paraquat dans les urines par réaction au dithionite de sodium non faite</i> • Concentration du toxique ou de ses métabolites dans des liquides biologiques ou des tissus non mesurée ou ininterprétable (pas de valeur de référence) <i>Quantification du GHB sanguin à H6, i.e. réalisée trop tard (1/2 vie du GHB dans le sang de 20 min à 2h)</i>	• Test diagnostique ou thérapeutique spécifique positif <i>Test de transformation lymphoblastique positif en cas de suspicion de béryllose</i> • Concentration du toxique/ ses métabolites dans des liquides biologiques ou des tissus à des niveaux pour lesquels des effets semblables à ceux observés sont rapportés <i>HbCO à 17 % et présence de céphalées</i> • Donnée métrologique environnementale (atmosphérique, de surface, contamination des milieux...) probante associée à l'exposition <i>200 ppm de CO en air ambiant du lieu d'exposition</i> • Situation probante par référence à une matrice emploi-exposition disponible <i>Dyspnée expiratoire à chaque prise de poste et amélioration ou résolution au domicile</i> • En cas d'effet local (hors toux et vomissement), symptomatologie évocatrice visible par un tiers <i>Etendue des lésions cutanées superposable aux zones de peau exposée</i>

5.1.3.1.5 Autres causes possibles, diagnostics différentiels

Pour ce déterminant, il peut y avoir « exclusion » (D₀), « absence » (D₁), ou « confirmation » (D₂) d'autres causes possibles (Tableau 23).

Tableau 23 Définition des qualificatifs du déterminant « autres causes possibles, diagnostics différentiels » (exemples)

D ₀ Confirmation	D ₁ Absence	D ₂ Exclusion
Une hypothèse diagnostique tierce est retenue <i>Gastro-entérite aigue infectieuse et vomissements persistants suite à l'inhalation ponctuelle de vapeurs d'acide acétique</i>	- Absence de confirmation formelle d'une autre hypothèse diagnostique <i>Interprétation non concluante de la sérologie VHC lors d'une suspicion d'hépatite au tétrachlorométhane</i> - Hypothèses tierces non évoquées <i>Aucune recherche de diagnostic différentiel</i>	Toutes les hypothèses diagnostiques tierces ont été étudiées et rejetées (dans l'état des connaissances du moment) <i>Absence d'hépatite virale, médicamenteuse, toxique non professionnelle, auto-immune, absence d'obstruction des voies biliaires principales ou des veines sus-hépatiques lors de l'exploration d'une d'hépatite supposée professionnelle</i>

5.1.3.1.6 Lien extrinsèque (bibliographie)

En fonction du niveau de preuves, il peut y avoir un « lien probable » (B₂), un « lien possible » (B₁), ou un « lien jamais décrit » (B₀) (Tableau 24).

Tableau 24 Définition des qualificatifs du déterminant « lien extrinsèque (bibliographie) » (exemples)

B ₂ Lien probable	B ₁ Lien possible	B ₀ Jamais décrit
- Preuves cliniques ou épidémiologiques suffisantes chez l'homme <i>Cancer de l'oropharynx et exposition au formaldéhyde</i> - Preuves suffisantes chez l'animal et preuve limitée clinique ou épidémiologique chez l'homme <i>Rétinopathies et exposition aux poppers</i>	Preuves suffisantes chez l'animal <i>Cancer broncho-pulmonaire et exposition aux fibres céramiques réfractaires</i>	Tableau non encore publié <i>Schizophrénie et exposition au e-liquide pour cigarette électronique</i>

5.1.3.2 Imputabilité

En toxicovigilance, l'imputabilité peut être :

- Indéterminable (absence d'effet de santé observé/allégué) en cas d'absence de symptômes (S₀),
- Nulle (I₀) (absence de lien exposition - effet),
- Non exclue / douteuse (I₁),
- Possible (I₂),
- Probable (I₃),
- Très probable (I₄).

En pratique, un **arbre de décision** a été élaboré³², qui comprend les six déterminants mentionnés ci-dessus. Pour chaque cas de toxicovigilance à évaluer, un qualificatif est attribué à chaque déterminant, ce qui conduit à suivre une branche de l'arbre pour aboutir à une qualification de l'imputabilité. Un calculateur en ligne reprend les données de cet arbre pour aboutir à l'imputabilité de manière rapide³³.

Les cas d'imputabilité nulle correspondent à :

- une exposition « exclue » (E0), ou
- une chronologie incompatible (C0), ou
- la présence d'éléments contraires (L0).

Les cas d'imputabilité élevée (I3 ou I4) témoignent le plus souvent d'une situation d'exposition toxicologique déjà connue (→ L₂, C₂). L'analyse de leurs déterminants, et de l'évolution chronologique du nombre de cas similaires (analyse de tendance), sont utiles à la mise en place de mesures préventives puis à l'évaluation de leur efficacité.

La plupart des liens « exposition – effets » inconnus auront initialement un niveau d'imputabilité faible (I1 ou I2) (→ L₁, C₁). Ces cas peuvent cependant permettre de faire émerger des signaux. La recherche de cas similaires sera ensuite nécessaire pour suivre ou renforcer un signal.

5.2 Démarche d'élaboration de la méthode

5.2.1 Analyse des trois méthodes présentées

Les trois méthodes présentées au § 5.1 portent sur des agents chimiques et compléments alimentaires, qui se distinguent des agents physiques, notamment ceux associés aux éoliennes (infrasons, champs électriques, champs magnétiques, vibrations) :

- Les trois méthodes prennent en compte les aspects chronologiques et le diagnostic différentiel, i.e. la recherche des différentes causes possibles des troubles observés.
- L'exposition est considérée certaine dans les méthodes utilisées en pharmacovigilance et en nutrivigilance, qui envisagent le cas d'une réexposition *via* la réintroduction du médicament ou du produit. En revanche, en toxicovigilance, l'exposition n'est pas toujours certaine.
- Ces méthodes prennent en compte les signes cliniques de manière différente : en fonction du mode de recueil et de la finalité de chaque source de données : en toxicovigilance, les cas enregistrés, de façon non nominative, dans la base de données sont issus des appels aux Centres antipoison qui font l'objet d'un conseil médical ou d'une expertise toxicologique individuelle par le Centre antipoison qui a pris en charge l'appel. Les personnes (particuliers, professionnels de santé...) peuvent donc appeler pour connaître un risque suite à une exposition, une conduite à tenir... même en l'absence de symptômes. En pharmacovigilance, les signes cliniques sont compatibles ou non, au regard des données du dossier d'AMM sur le métabolisme et les mécanismes d'action du médicament considéré. En nutrivigilance, la méthode d'imputabilité part d'une déclaration d'effets indésirables moins bien connus et ne dispose pas toujours de données précises comme en toxicovigilance et surtout en pharmacovigilance.
- La méthode utilisée en pharmacovigilance vétérinaire peut s'appuyer sur des données souvent connues, en particulier le dossier d'AMM des médicaments. Ce dossier inclut notamment des données sur le métabolisme des médicaments, des mécanismes d'action précis, des mesures de paramètres biologiques, et des effets indésirables possiblement identifiés. Or de telles données ne sont pas disponibles dans le cas des agents physiques

³² https://tv.antipoison.fr/v7.6/Notice_methode_imputabilite_v7.6.pdf

³³ https://tv.antipoison.fr/v7.6/Calcul_imputabilite.html

associés aux éoliennes. Cette particularité a limité les possibilités d'adaptation de cette méthode au cas des agents physiques.

- La méthode de nutrivigilance spécifie, dans le déterminant « chronologie », la « réintroduction du produit » (cf. Tableau 14), critère d'intérêt dans le cas des expositions à des agents physiques.
- La méthode utilisée en toxicovigilance présente l'intérêt de se rapprocher de la question de la saisine car elle inclut des expositions environnementales, et pas uniquement l'ingestion de compléments alimentaires ou de médicaments vétérinaires.

Au terme de cette analyse, l'arbre de décision utilisé en toxicovigilance est apparu comme une démarche pertinente pour une application aux agents physiques associés aux éoliennes. Les experts ont donc choisi d'adapter les déterminants et les qualificatifs de cet arbre décisionnel pour évaluer le cas des agents physiques liés aux éoliennes (CEM, courants parasites, infrasons, vibrations). Les scores d'imputabilité utilisés en toxicovigilance restent pertinents : « I0 = exclue ; I1 = non exclue / douteuse ; I2 = possible ; I3 = probable ; I4 = très probable ».

5.2.2 Définition des déterminants et de leurs qualificatifs : élaboration de l'arbre décisionnel

Pour élaborer l'arbre décisionnel adapté au cas des éoliennes et des troubles en élevage bovins, le GT s'est d'abord interrogé sur le fait d'envisager l'imputabilité soit aux éoliennes dans leur globalité, soit à chacun des différents agents physiques associés aux éoliennes. Il est apparu pertinent de distinguer les différents agents physiques dus aux éoliennes du fait d'une exposition variable en fonction de l'agent considéré, et des éléments différents pouvant être source de ces agents physiques, variant selon l'agent physique considéré. De plus, leurs caractéristiques et leurs effets sont différents et plus ou moins connus. Par ailleurs, lorsque plusieurs troubles sont rapportés, le GT a convenu d'envisager l'imputabilité pour chaque trouble, ou chaque type de troubles lorsqu'ils peuvent être regroupés car similaires ou liés. Par conséquent, l'arbre décisionnel sera appliqué à un couple agent physique / trouble.

Dans un second temps, à partir de l'arbre décisionnel de toxicovigilance, plusieurs déterminants ont été retenus, considérés comme incontournables pour l'estimation d'une imputabilité à un agent physique. Inversement, les déterminants inadaptés au cas des agents physiques ont été supprimés.

5.2.2.1 Exposition

L'exposition des organismes vivants aux agents physiques est un phénomène quasi permanent, correspondant à un bruit de fond ou niveau ambiant. L'exposition à un même agent physique provient de diverses sources, naturelles ou non (par exemple, les vibrations peuvent être dues aux éoliennes, au vent, au trafic routier...). Pour une source donnée, l'exposition pourra varier en fonction du niveau d'émission du (ou des) agent(s) physique(s) et de la distance par rapport à la source. Ces particularités distinguent les agents physiques des produits visés en toxicovigilance, nutrivigilance et pharmacovigilance, que ce soient des médicaments, des compléments alimentaires, etc. pour lesquels, il n'y a pas d'exposition permanente. Dans ce contexte, il peut s'avérer difficile de caractériser l'exposition aux éoliennes et aux agents physiques qu'elles génèrent.

Pour tenir compte de ces particularités, le GT a identifié deux déterminants :

- Le niveau d'exposition (à l'agent physique considéré), qui prendra en compte les protocoles et résultats de mesures réalisés, la validité de ces données, c'est-à-dire la confiance qui peut être accordée aux résultats. Cette confiance peut par exemple être élevée dans le cas de mesures reposant sur une méthodologie solide. Inversement, certains résultats peuvent être écartés dans le cas d'un protocole inadapté ou mis en place de manière incorrecte. Les références et normes disponibles pour cet agent physique pourront être mises en

perspective des mesures obtenues. Cependant, pour les animaux, dans la mesure où il n'y a pas de valeur de référence, des données de mesures dans des situations similaires (CE, CM, infrasons notamment) pourront être utilisées afin de déterminer s'il s'agit d'une exposition considérée comme classique ou atypique.

Le GT a ainsi retenu deux niveaux d'exposition :

- ✓ des « **niveaux habituellement rencontrés dans des environnements similaires** » qui correspondent au bruit de fond,
 - ✓ des « **niveaux remarquables par rapport à ceux mesurés dans des environnements similaires** », autrement dit des niveaux inhabituellement élevés.
- la part attribuable à l'une des sources d'agents physiques, les éoliennes dans le cas de la saisine, qui pourra être « **négligeable / minoritaire** », « **du même ordre de grandeur** », ou « **substantielle / majoritaire** » par rapport aux autres sources de l'agent physique.

Dans l'hypothèse où l'exposition initiale (hors contribution des éoliennes) à un agent physique est déjà importante, et que la contribution supplémentaire liées aux éoliennes va conduire à l'apparition de signes cliniques, la question peut se poser de savoir si les effets doivent être considérés comme attribuables aux éoliennes. Si une autre cause importante est déjà présente, les troubles ne pourront pas être attribués aux seules éoliennes. Concernant l'éventualité d'effets liés à une additivité des expositions à différents agents physiques, il convient de noter que très peu d'agents physiques différents peuvent s'additionner (par exemple comment considérer des expositions simultanées à un CEM et à des infrasons) et il ne semble pas y avoir d'exemple documenté d'effet synergique de ce type. De plus, les expositions multiples à un même agent physique ne s'additionnent pas toujours. Par exemple, dans le cas des vibrations, les fréquences sont différentes en fonction des sources. Ce cas peut s'observer pour une mine sur le point de s'effondrer : est-ce la petite vibration à l'origine de son effondrement qu'il faut considérer comme responsable, ou toutes les précédentes vibrations qui ont conduit à cette fragilisation ? Il faudrait alors montrer que n'importe quelle autre vibration aurait entraîné l'effondrement.

5.2.2.2 Chronologie

La chronologie entre exposition et apparition d'effets constitue un déterminant essentiel pour attribuer une imputabilité, quelle que soit la méthode considérée. Pour pouvoir établir un score chronologique, il est ainsi indispensable de disposer de données fiables antérieures et postérieures à l'exposition à l'agent considéré et, le cas échéant, de données de réexposition à cet agent.

Pour ce déterminant, le GT a choisi les qualificatifs :

- « **incompatible** », par exemple lorsque les troubles étaient antérieurs à l'exposition particulière à un agent physique. L'attribution de ce qualificatif implique que les données disponibles sur la chronologie sont fiables, donc associées à un faible niveau d'incertitude.
- « **compatible** », lorsque l'apparition et/ou l'évolution des troubles est cohérente avec le moment d'exposition à l'agent physique, également sur la base de données fiables associées à un faible niveau d'incertitude.
- « **possible** », (i) lorsque les données disponibles sont effectivement peu en faveur d'une chronologie compatible, sans toutefois pouvoir la considérer incompatible, ou (ii) lorsque le manque de données ne permet de trancher ni vers une compatibilité, ni vers une incompatibilité. Ce deuxième cas de figure se trouve associé à un niveau d'incertitude élevé pour évaluer la chronologie des événements. En nutrivigilance, en l'absence d'information sur le délai entre consommation du produit et apparition des effets, le score chronologique, et donc le score intrinsèque, ne peuvent pas être estimés. En toxicovigilance, lorsque la chronologie n'est pas précisée, i.e. elle n'est pas connue avec le détail attendu pour être contributive, elle est considérée de manière intermédiaire « C1 - possible / compatible » (vs C0 - Incompatible et C2 – évocatrice, cf. § 5.1.3.1.3). En cas de

manque de données sur la chronologie, le GT a choisi une approche similaire à celle de la toxicovigilance, qui revient à surestimer le rôle possible de l'agent physique.

5.2.2.3 Autres causes possibles

Ce déterminant concerne les autres causes des signes cliniques étudiés, autrement dit le diagnostic différentiel : il peut s'agir d'agents infectieux ou parasitaires, d'une origine alimentaire (équilibre de la ration, contamination d'aliments par exemple par des mycotoxines, de problèmes de conduite d'élevage, etc.). A ce titre, il se distingue de la part attribuable aux éoliennes qui concerne les autres sources d'agents physiques.

Le GT a maintenu ce déterminant compte tenu de la nécessité de prendre en compte, dans une méthode d'imputabilité, les différentes causes possibles des troubles observés et non de se restreindre à l'hypothèse causale du seul agent incriminé. Les qualificatifs suivants ont été définis :

- « **Toutes causes fréquentes étudiées et exclues** »,
- « **Autres causes non étudiées ou étudiées et non confirmées** »,
- « **Confirmation d'une autre cause** ». Il convient de souligner que, si la confirmation d'une autre cause rend très peu probable une imputabilité à l'agent physique considéré, elle ne permet pas de l'exclure formellement dans la mesure où un effet conjoint de ces deux facteurs ne peut pas être totalement exclu.

5.2.2.4 Bibliographie (lien extrinsèque)

Ce déterminant se distingue des précédents qui s'appuyaient uniquement sur l'analyse des données issues du cas. En nutrivigilance, le score bibliographique, nommé score extrinsèque, est envisagé uniquement lorsque l'imputabilité intrinsèque (chronologie et étiologie) n'a pas été exclue. En toxicovigilance ou en pharmacovigilance, la bibliographie est le dernier déterminant examiné.

Les données issues de la bibliographie sont importantes à considérer dans une méthode d'imputabilité dans la mesure où elles peuvent appuyer l'imputabilité d'un cas lorsque le lien entre exposition à un agent et troubles a clairement été identifié et rapporté, a fortiori dans plusieurs publications aux conclusions convergentes. Néanmoins, les experts soulignent que, de manière générale comme dans le cas des agents physiques, l'absence de données bibliographiques sur un effet lié à un agent ne signifie pas que cet effet n'existe pas. Il peut en effet s'agir d'un phénomène émergent. De plus, tous les cas ne font pas l'objet de publications. Dans ce cadre, les différentes vigilances peuvent contribuer à identifier un problème émergent par l'enregistrement des cas, dont la répétition peut attirer l'attention.

Pour ce déterminant, les qualificatifs suivants ont été attribués : « **lien bien documenté** », « **lien peu documenté** » et « **lien non documenté** », en fonction du nombre et de la qualité des publications identifiées.

5.2.2.5 Déterminants retirés de l'arbre décisionnel destiné aux agents physiques

Le GT n'a pas retenu de déterminant « *symptomatologie* ». En effet, dans le contexte de la saisine, la question de l'imputabilité résulte d'une déclaration initiale de troubles rapportés, à l'instar de la nutrivigilance où le point de départ est un couple symptôme – consommation d'un complément alimentaire. Dans l'arbre de toxicovigilance, le déterminant « symptomatologie » se justifie par de possibles appels aux centres antipoison de cas d'exposition accidentelle à un toxique alors qu'aucun symptôme n'est rapporté. L'objectif est alors de savoir si des troubles peuvent apparaître et, le cas échéant, de les caractériser.

Le GT n'a pas retenu le déterminant « *éléments objectifs de caractérisation causale* » qui repose, en toxicovigilance, sur des dosages du toxique, des modifications de paramètres sanguins compatibles avec l'exposition au toxique, ou sur des données météorologiques environnementales (cf. § 5.1.3.1.4). Or, pour une méthode d'imputabilité à des agents physiques, la météorologie est déjà incluse dans l'exposition. De plus, les connaissances relatives à des seuils et des effets

sanitaires manquent pour renseigner ce déterminant. Ainsi, il n'existe pas de dosage biologique permettant de confirmer une exposition aux infrasons ou aux CEM (par exemple, pas de modification de la formule sanguine).

5.2.2.6 Synthèse

Les déterminants et qualificatifs retenus par le GT sont synthétisés dans le Tableau 25.

Tableau 25 Déterminants et qualificatifs de la méthode d'imputabilité élaborée par le GT

Déterminant	Qualificatifs (exemples)
Exposition à l'agent physique étudié	Niveaux d'exposition habituellement rencontrés dans des environnements similaires
	Niveaux d'exposition remarquables par rapport à ceux mesurés dans des environnements similaires
Part attribuable de l'exposition à la source étudiée	Négligeable/ minoritaire (rapport 1 à 10, ou moins)
	Même ordre de grandeur que les autres sources
	Substantielle/ majoritaire (rapport 10 à 1, ou plus)
Chronologie (trouble par trouble)	Compatible <i>Survenue des symptômes après le début de l'exposition dans un délai compatible</i> ET/OU <i>Symptômes disparaissant après l'arrêt de l'exposition</i> ET/OU <i>Reproduction des effets après une réexposition</i> ET/OU <i>Aggravation, après l'exposition, de symptômes présents antérieurement</i>
	Possible <i>Survenue des troubles après le début de l'exposition mais avec délai non compatible (cf. ci-dessous)</i> OU BIEN <i>Symptômes apparaissant encore après l'arrêt de l'exposition</i> OU BIEN <i>Symptômes ne réapparaissant pas après une réexposition</i> OU BIEN <i>Symptômes ne s'aggravant pas après exposition</i>
	Incompatible <i>Survenue des symptômes avant le début de l'exposition</i> OU BIEN <i>Survenue des symptômes trop précocement ou trop tardivement compte tenu de la nature des effets et de leur mécanisme lorsque celui-ci est connu ou vraisemblable</i>
Autres causes possibles/ Diagnostic différentiel	Toutes causes fréquentes étudiées et exclues <i>Aucune autre hypothèse diagnostique/cause ne peut être retenue</i>
	Autres causes non étudiées ou étudiées et non confirmées <i>Absence de confirmation formelle d'une autre hypothèse diagnostique</i>
	Confirmation d'une autre cause possible <i>Une hypothèse diagnostique tierce est retenue/confirmée</i>
Bibliographie	Lien bien documenté <i>Résultats convergents de plusieurs études scientifiques</i>
	Lien peu documenté <i>Nombre limité d'études scientifiques</i> ET/OU <i>Convergence de dires d'experts du GT</i>
	Lien non documenté <i>Pas de référence trouvée attestant du lien</i>

5.2.3 Attribution des scores d'imputabilité de l'arbre décisionnel

5.2.3.1 Préambule

Après avoir construit l'arbre décisionnel d'imputabilité aux agents physiques avec les déterminants et qualificatifs définis ci-dessus (§ 5.2.1), le GT a attribué un score d'imputabilité à chaque branche de l'arbre. Une branche correspond à une combinaison de qualificatifs des cinq déterminants, par exemple « niveaux d'exposition habituellement rencontrés dans des environnements similaires – part attribuable aux éoliennes du même ordre de grandeur que les autres sources – chronologie compatible – majorité des autres causes possibles étudiées et exclues/non confirmées – lien bien documenté » (Figure 32). Toutes les combinaisons possibles entre qualificatifs des cinq déterminants sont ainsi envisagées dans l'arbre.

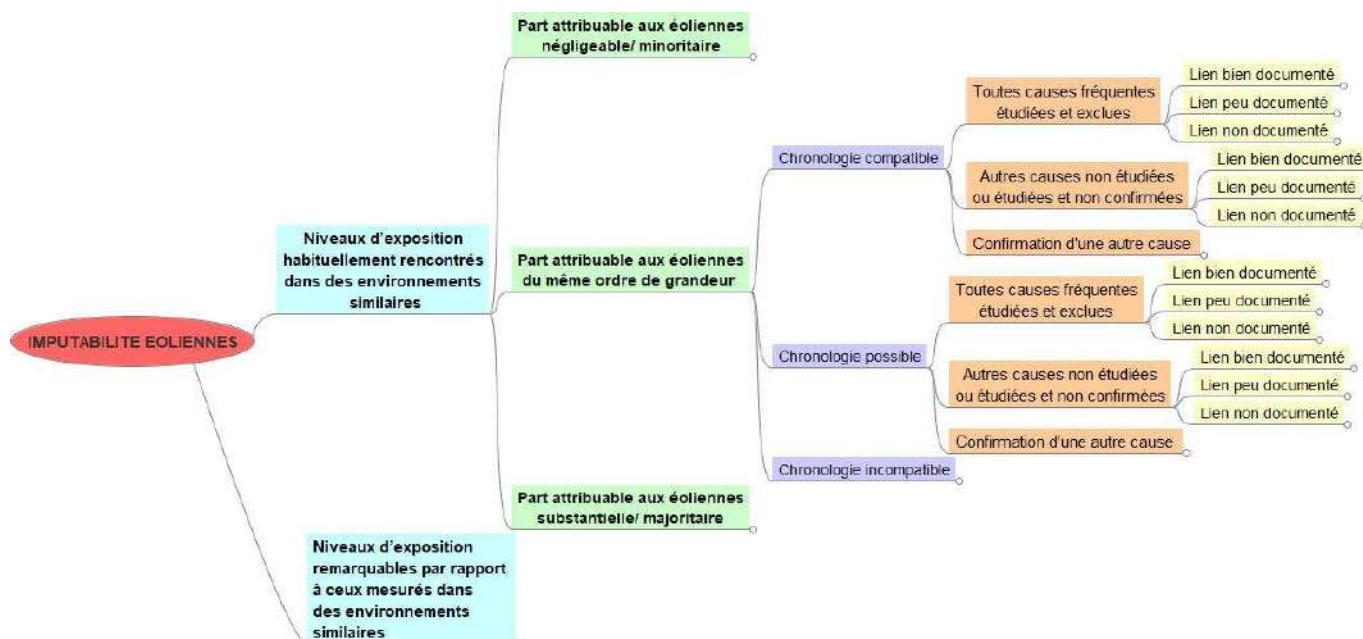


Figure 32 Exemples de branches de l'arbre décisionnel

Comme mentionné au § 5.2.1, les scores d'imputabilité retenus par le GT, repris de la méthode de toxicovigilance sont les suivants :

- Imputabilité I0 = exclue
- Imputabilité I1 = non exclue / douteuse
- Imputabilité I2 = possible
- Imputabilité I3 = probable
- Imputabilité I4 = très probable

Certains scores ont été déterminés d'emblée de manière collégiale :

- une chronologie incompatible conduit systématiquement à une imputabilité exclue I0,
- la confirmation d'une autre cause (par exemple, identification d'un agent pathogène) ne permet pas d'exclure complètement un rôle de l'agent physique, qui agirait conjointement avec la cause confirmée, néanmoins ce rôle est considéré très peu probable. Elle conduit à une imputabilité non exclue/douteuse I1.

L'attribution des autres scores a été réalisée de manière collégiale suite à une élicitation d'experts.

5.2.3.2 Attribution des scores par élicitation/avis d'experts

5.2.3.2.1 Etape de notation individuelle

Les membres du GT ont attribué, de manière individuelle, sans concertation avec les autres experts, un score d'imputabilité à chacune des 96 cases de l'arbre décisionnel. Lors de cette

étape, il est indispensable que les experts ne se concertent pas pour ne pas influencer leurs réponses.

5.2.3.2.2 Etape d'atteinte du consensus sur les scores d'imputabilité

En réunion, pour chaque case, les résultats des notations individuelles ont été discutés de manière collégiale afin d'arriver à un consensus pour chaque score d'imputabilité. Lors de cette étape, certaines notes ont pu être modifiées après discussion collégiale. En effet, les experts pouvaient ne pas avoir eu la même appréciation d'un point, et revoir leur note au vu des arguments des autres experts. Lorsqu'une note se détachait des autres notes, son auteur a expliqué les raisons de son choix, qui a pu faire évoluer le choix final des experts. Ainsi, le consensus pour la note finale ne s'est pas forcément basé sur les notes majoritairement attribuées de manière individuelle. En pratique, les notations des experts ont été globalement peu divergentes, et l'atteinte du consensus aisée.

Dans certains cas, les discussions ont conduit les experts à attribuer un score d'imputabilité avant la fin de certaines branches, qui ont ainsi été tronquées. A titre d'exemple, la branche débutant par des « niveaux d'exposition habituellement rencontrés dans des environnements similaires » et une « part attribuable aux éoliennes minoritaire » correspond à un bruit de fond. Dans ce cas, le niveau d'exposition lié aux éoliennes est négligeable, et les éoliennes ne peuvent pas être responsables des troubles, une autre cause est nécessairement impliquée. Par conséquent, l'imputabilité est 10 exclue. La suite du cheminement de l'arbre, sans objet, a ainsi été supprimée.

Tout au long et au terme de cette étape, les experts ont veillé à la cohérence des scores les uns par rapport aux autres.

Il convient de noter que trois membres du GT ont proposé une approche mathématique, élaborée individuellement, pour attribuer ces scores d'imputabilité. Dans ces méthodes, pour chaque branche, une note a été attribuée à chacun des cinq déterminants, avec trois échelles de notation différentes. Ensuite, soit les cinq notes étaient additionnées, soit deux d'entre elles étaient multipliées (différentes d'une méthode à l'autre) et additionnées aux trois autres. La note totale était ensuite rapportée à 4 (pour revenir aux scores d'imputabilité I1 à I4) et arrondie au nombre entier le plus proche. Une telle approche permettrait d'avoir une approche quantifiée derrière les qualificatifs (non exclu, possible...) et d'homogénéiser davantage les résultats, ce qui pourrait rendre ces résultats moins discutables. Néanmoins, chaque note reste attribuée sur avis d'expert et aurait également pu faire l'objet de critiques. L'élaboration d'une approche mathématique par le GT aurait nécessité un travail collégial encore conséquent relatif (1) à l'attribution des notes de chaque qualificatif, pour les cinq déterminants, (2) aux modalités d'obtention de la note totale (addition, multiplication) discuter l'indépendance des déterminants, (3) aux modalités pour rapporter à un score d'imputabilité de 0 à 4.

Lors de l'éllicitation d'experts, les approches sont possiblement plus binaires mentalement (i.e. choisir par exemple entre une note de 2 ou de 3) que dans l'approche mathématique. Certaines subtilités de l'éllicitation disparaissent avec l'approche mathématique, qui donne faussement l'apparence de solidité. L'étape d'atteinte du consensus pallie le manque d'homogénéité et les incertitudes individuelles.

Finalement, compte tenu du caractère très consensuel de l'éllicitation, du délai contraint de traitement de la saisine qu'il était préférable de consacrer à la vérification de la méthode par quelques tests, puis à sa mise en application, tous les membres du GT ont convenu de se consacrer à l'imputabilité sur la base du processus d'éllicitation décrit plus haut.

5.2.3.3 Arbre décisionnel adapté au cas des agents physiques générés par les éoliennes

L'arbre décisionnel, élaboré par le GT après définition des déterminants et de leurs qualificatifs, puis des scores d'imputabilité par le processus d'éllicitation d'experts, est présenté ci-dessous (Figure 33).

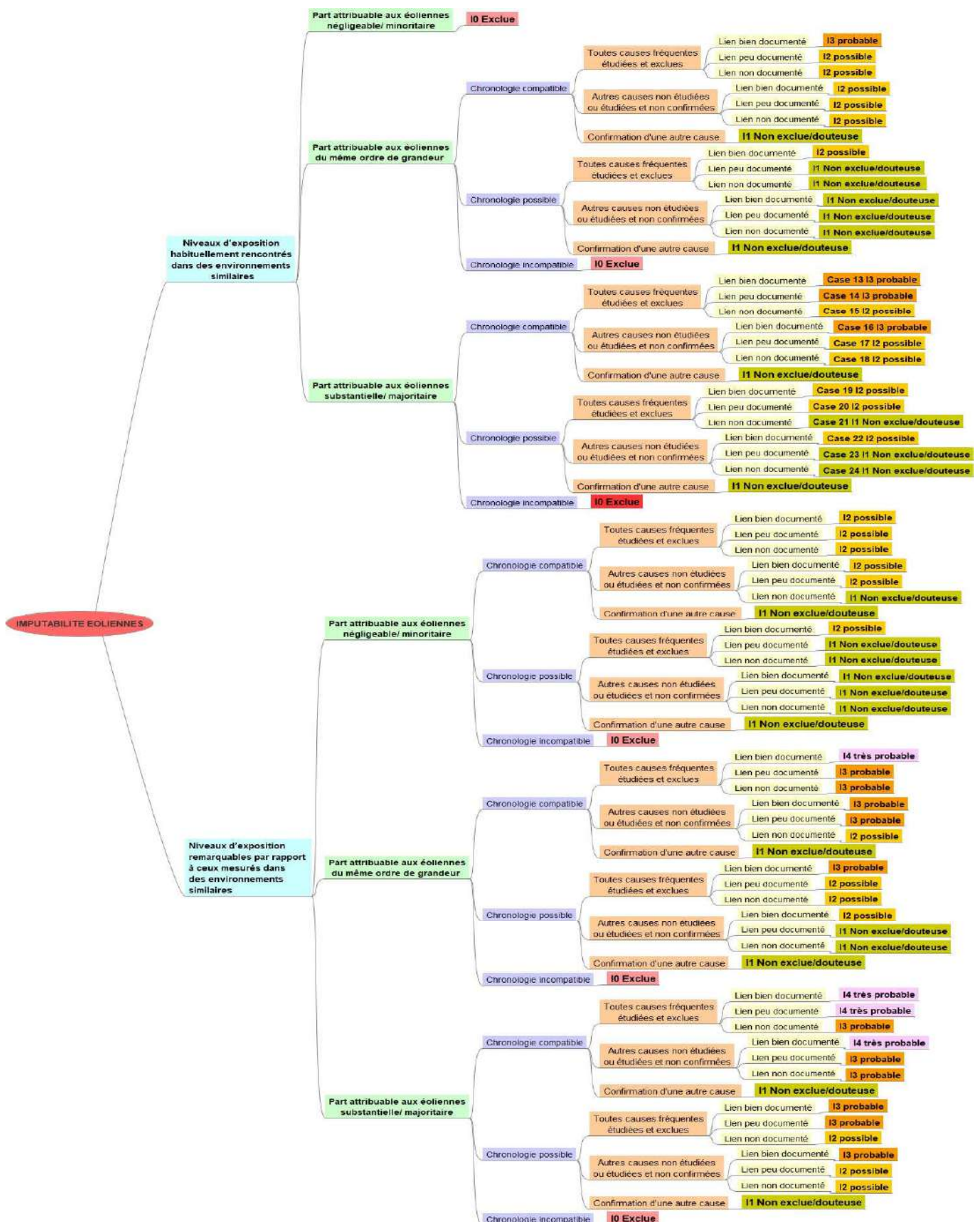


Figure 33 Arbre décisionnel de la méthode d'imputabilité aux agents physiques générés par les éoliennes

5.2.4 Incertitudes

Un niveau d'incertitude (ou indice d'incertitude (*ii*)) global est associé à chaque score d'imputabilité par le GT, en s'appuyant sur les (*ii*) des principaux déterminants « niveaux d'exposition », « part attribuable aux éoliennes » et « chronologie ». Pour les déterminants « diagnostic différentiel » et « score bibliographique », le GT a choisi de ne pas attribuer de niveau d'incertitude, inclus de fait dans les qualificatifs. Ce niveau peut être faible = 1 / moyen = 2 / élevé = 3. Un (*ii*) de 4 correspond à un manque de données qui ne permet pas d'attribuer un score (tableau infra). Le cas échéant, il est précisé si cette incertitude est associée principalement à un déterminant (ex : chronologie), à un manque de données... Il est également indiqué dans quel sens l'incertitude a orienté une notation, par exemple, en cas d'hésitation entre deux notes, si l'incertitude a conduit à surestimer et noter 2 plutôt que 1, ou à sous-estimer, i.e. mettre 2 alors qu'une note de 3 était également envisageable.

Les critères d'attribution des indices d'incertitude ont été adaptés à partir d'une grille élaborée et utilisée à l'Anses dans le cadre de précédents travaux. Ces critères sont présentés dans le Tableau 26.

Tableau 26 Modalités d'expression et d'attribution des indices d'incertitude

Expression de l'incertitude		Critères d'attribution des indices d'incertitude
Indice (<i>ii</i>)	Qualification	
1	Faible	La note attribuée est fondée sur des résultats convergents d'études/rapports scientifiques
2	Moyen	La note attribuée est fondée sur un très petit nombre d'études/rapports scientifiques ET la présence de convergence entre auteurs et/ou experts.
3	Elevé	La note attribuée est fondée sur : - un très petit nombre d'études/rapports scientifiques ET l'absence de consensus entre auteurs et/ou experts ; - ou sur un avis d'experts en l'absence d'études/rapports scientifiques
4	Absence de données	Aucune note n'est attribuée du fait de l'absence totale de données et d'avis d'expert.

En résumé, pour répondre à la question de la saisine, le GT a élaboré, dans un délai très contraint, une méthode d'imputabilité adaptée au cas particulier du parc éolien des Quatre Seigneurs et des deux élevages rapportant des troubles attribués aux éoliennes, en l'absence d'une méthode appropriée déjà existante. Cette méthode a été construite par les experts du GT et présentée aux CES Santé animale et Agents physiques. Elle permet d'attribuer une imputabilité, allant d'exclue (I0) à très probable (I4), à un couple agent physique – trouble(s). Pour cela, elle s'appuie sur un arbre décisionnel, inspiré de la méthode de toxicovigilance, dans lequel sont évalués, de manière indépendante, l'exposition à l'agent physique considéré (niveau d'exposition et part attribuable de l'exposition aux éoliennes), la chronologie des troubles, le diagnostic différentiel et la documentation dans la bibliographie du lien entre agent physique et trouble(s).

Etant donné le délai contraint d'instruction de la saisine, cette méthode d'imputabilité n'a pas pu être testée pour des cas autres que celui du parc éolien des Quatre Seigneurs et des deux élevages objets de la saisine. Par conséquent, son application à d'autres sites où des animaux seraient exposés à des éoliennes pourrait nécessiter d'autres développements.

6 Application de la méthode au cas du parc éolien et des deux élevages objets de la saisine

Pour son analyse, le GT a considéré l'ensemble « éoliennes + câbles + PdL + transformateur », et pas uniquement les seules éoliennes du parc dans la mesure où il ne serait pas pertinent de faire abstraction de la circulation de l'électricité produite par les éoliennes dans les câbles, le PdL et jusqu'au transformateur ou poste-source (cf. Figure 6). La partie du câble Enedis issu du PdL et longeant des parcelles de l'élevage de Mme Bouvet a également été prise en compte.

La méthode d'imputabilité a été appliquée aux couples constitués par :

- D'une part, les agents physiques générés par les éoliennes, (1) les CEM, (2) les courants parasites (tensions de contact, tensions de pas), (3) les infrasons et (4) les vibrations. La question des co-expositions entre agents physiques et de leurs éventuels effets n'a pas pu être abordée par manque de données scientifiques.
- D'autre part les différents troubles retenus dans les deux élevages bovins :
 - Chez Mme Bouvet, (1) des mammites, (2) une baisse de production et de qualité du lait, (3) des troubles de reproduction, (4) des troubles du comportement (refus d'avancer sur la route, évitement d'un quai de traite), (5) des retards de croissance des veaux,
 - Chez M. et Mme Potiron, (1) des mammites, (2) une baisse de production et de qualité du lait, (3) des problèmes de reproduction et de mise bas (dystocie...), (4) des troubles du comportement (chute de gobelets trayeurs, problèmes de déplacements au robot de traite, d'entrée dans les bâtiments), (5) des retards de croissance, (6) des mortalités, (7) des boiteries.

Les couples obtenus (i.e. CEM – mammites, CEM – retard de croissance...) ont été évalués dans les deux élevages, d'une part en bâtiment et, d'autre part en pâture, compte tenu des différences d'exposition aux agents physiques entre ces deux situations, liées en particulier à la présence des installations et appareils électriques à l'intérieur des bâtiments. La chronologie des troubles a été évaluée par rapport à la construction du parc éolien qui a débuté le 10 août 2012. Entre septembre 2012 et février 2013 ont eu lieu des travaux de terrassement, de fondations des éoliennes et des travaux électriques. Après la préparation et le montage des tours en avril - mai 2013, des tests de mise en service et démarrage des éoliennes ont eu lieu en juin 2013, et la mise en service progressive a débuté le 28 juin 2013 (cf. § 2).

6.1 Elevage de Mme Bouvet

6.1.1 Exposition aux agents physiques

Chez Mme Bouvet, les troubles concernent les veaux, qui sont en bâtiment, et les VL en production, qui sont en bâtiment ou vont dans des pâtures situées à proximité des bâtiments, de la salle de traite en particulier (cf. Figure 34, extraite de la Figure 12), soit à environ 1 500 m des éoliennes. Les terrains exposés aux éoliennes et aux câbles enterrés reliant les éoliennes se situent près de E4 et entre E3 et E7. D'après le plan d'occupation des pâtures par les différents types d'animaux fourni par Mme Bouvet, le champ à proximité de E4 et du PdL (implanté à 100 m au sud de E4) est un champ de culture. Entre E3 et E7, se trouvent des VL taries, des génisses et des cultures. Les VL en production se retrouvent exposées aux lignes aériennes HTA (violet - Figure 12 et Figure 34), au transformateur situé au bout de la laiterie, à côté de la salle de traite, aux clôtures électriques, notamment utilisées pour créer des paddocks, et au câble Enedis enterré (en orange - Figure 12 et Figure 34) qui part du PdL. Ce câble ne passe pas par l'exploitation de Mme Bouvet, mais se trouve en limite de certaines de ses pâtures. Il peut transiter dans ce câble

16 MW lorsque les éoliennes fonctionnent à puissance maximale. Ces données ont été prises en compte dans l'évaluation de l'exposition des bovins aux agents physiques.

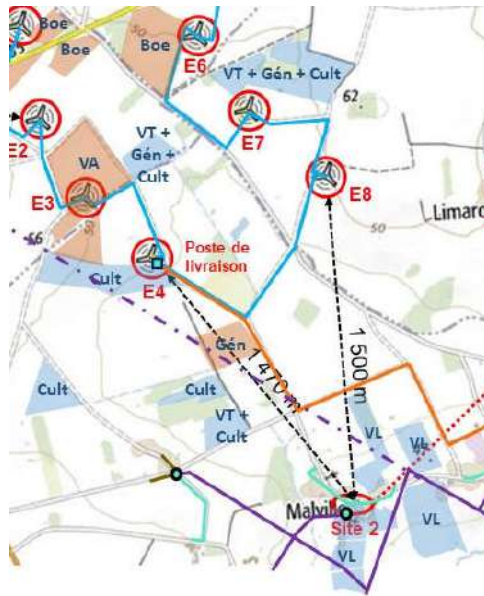


Figure 34 Localisation des bovins dans les pâtures de Mme Bouvet (extrait de la Figure 12)

6.1.1.1 CEM

6.1.1.1.1 En bâtiment

• Niveaux d'exposition

Plusieurs rapports portent sur des résultats de mesures de CEM. L'analyse de ces rapports a fait ressortir les points suivants :

- Rapport D46-8.2 France 2017 : concernant les mesures de CE, il conclut à des dépassements de seuil relatifs aux réglementations limitant l'exposition des travailleurs et du public aux CEM, notamment à l'intérieur des bâtiments (zone de stabulations, niches à veau, salle de traite...). Ces valeurs sont issues de deux textes concernant les prescriptions d'expositions pour les salariés, le décret n°2016-1074 du 3 août 2016 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux CEM, issu de la transposition de la directive européenne 2013/35/UE et le décret n°2002-775 du 3 mai 2002 issu de la recommandation 1999/519/CE. Ces textes définissent deux types de valeur en basse fréquence afin de prévenir des effets sur les fonctions du système nerveux :
 - ✓ des restrictions de base pour le décret n°2002-775 (public) s'exprimant en valeur efficace de densité de courants (S en mA/m^2) ; pour le décret 2016-1074 (travailleurs), des valeurs limites d'exposition (VLE) s'exprimant en valeur crête spatiale du CE interne en V/m caractérisant le CE induit à l'intérieur du corps humain. Le seuil pour l'ensemble du corps humain est de $1,1 \text{ V/m}$ à 50 Hz , c'est la référence retenue dans ce rapport ;
 - ✓ des valeurs d'action (VA, salariés) ou niveaux de référence (publics). Il s'agit notamment d'intensité de CE et CM, auxquels tout ou partie du corps est exposé. On parle alors de valeur externe. Pour le CE à 50 Hz , les VA sont de $20\,000 \text{ V/m}$ et les niveaux de référence de $5\,000 \text{ V/m}$.

La mesure réalisée caractérise les intensités de CE en présence dans l'environnement des animaux, donc le CE externe, correspondant aux VA de la réglementation et non aux VLE. L'auteur du rapport D46 a retenu pour la VA une valeur de $1,1 \text{ V/m}$ au lieu de $20\,000 \text{ V/m}$, et pour la valeur public un seuil de 5 V/m au lieu de $5\,000 \text{ V/m}$. C'est cette valeur de $5\,000 \text{ V/m}$ qui aurait dû être retenue par l'auteur.

Au vu de la confusion entre VLE et VA dans le rapport D46-8.2 France 2017, en référence à la réglementation relative aux travailleurs, et de l'erreur sur la valeur de référence pour la réglementation relative au public, les experts n'ont pas retenu les conclusions de ce rapport concernant l'exposition aux CE. Cette position ne pénalise pas la démarche d'imputabilité compte tenu du nombre de relevés disponibles et utilisés (110 points de mesures).

- Rapport D51- CETIM 2019. Ce rapport comprend une campagne de mesures des CE et CM avec la mise en place d'enregistreurs de données dans les fermes. Les résultats représentés sous forme graphique montrent, pour les CE, des valeurs particulièrement élevées pour ce type d'installation (e.g. des valeurs supérieures à 5 000 V/m chez M. et Mme Potiron). Ce type de valeur est de l'ordre de grandeur d'une mesure faite sous une ligne THT de 400 000 V (elle est de l'ordre de 40 V/m à 100 m de la ligne THT). Or aucune source HT pouvant expliquer ces valeurs n'est présente. De plus, ces valeurs relevées par les phases d'enregistrement ne sont pas confirmées par les relevés ponctuels ou les résultats décrits dans les autres rapports.

Deux éléments ont apporté un doute sur la validité des résultats/conclusions de ce rapport :

- ✓ certaines photos semblent montrer la présence de câbles au contact des sondes (cf. figure 22, rapport D51-CETIM 2019), toutefois la nature et la fonction de ces câbles ne sont pas précisées. La présence au contact de la sonde d'une source de courant peut conduire à un résultat non représentatif des champs en présence.
- ✓ l'auteur précise (p. 67) « *On peut constater que cette mesure s'est arrêtée le 28 février entre 14h20 et 14h30, du fait de l'absence d'alimentation sur la prise où était connecté le moyen de mesure* ». On peut donc comprendre que les enregistrements ont été réalisés au moyen d'un champmètre raccordé sur une prise de secteur. Ce doute est renforcé par la présence possible de chargeur sur les figures 22 et 23 du rapport D51-CETIM 2019.

Comme pour de nombreux champmètres, le fabricant des équipements de mesures utilisé (champmètres NFA 1000 et NFA 400) signale que la réalisation de mesures avec le chargeur branché est susceptible de fausser les valeurs mesurées. Par exemple, on peut lire dans le Manuel d'instructions Version 8.7.1 NFA 400/NFA 1000 chap. 6.3 que : « *Physiquement, une mesure / un enregistrement des champs électriques, avec alimentation de réseau, [...] n'a aucun sens* ». Les mesures avec alimentation externe doivent suivre des dispositions particulières décrites par le fabricant (e.g. accumulateur externe additionnel).

En relation avec les valeurs mesurées et les observations, les experts ont décidé de ne pas retenir les résultats issus des données de ces enregistreurs. Les autres éléments du rapport ont cependant été pris en compte.

- Les mesures retenues dans les fermes varient de 0,025 à 0,06 μ T pour les CM, de 0,15 à 0,35 V/m pour l'intensité de CE, et de 2,7 à 15 V/m à proximité immédiate de sources comme les armoires électriques. Ces valeurs sont à considérer comme faibles et habituelles. En liaison avec plusieurs références (rapports Anses (2015) et Anses (2019b), décret n°2002-775 du 3 mai 2002), les valeurs de référence réglementaires sont de 100 μ T et 5 000 V/m pour le public. Les relevés, en dehors de la proximité immédiate avec des sources électriques, sont tous bien inférieurs à ces seuils. L'exposition est donc considérée comme faible par le GT.

Tout appareil fonctionnant à l'électricité émet un CE en permanence (proportionnel à la tension à laquelle il est branché). Plus on s'éloigne de la source, plus les valeurs de ces champs sont faibles. Les CEM dus aux appareils électriques domestiques dépassent

rarement 500 V/m et 150 μ T à une distance d'utilisation habituelle³⁴. Les valeurs sont inférieures aux maximums que l'on peut relever pour des équipements électriques (par exemple un sèche-cheveux environ 80 V/m) et sont habituels pour ce type de source.

Par conséquent, les valeurs relevées étaient très basses. En bâtiment, les niveaux d'exposition aux CEM sont des niveaux habituellement rencontrés dans des environnements similaires, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$).

- Part attribuable aux éoliennes

La part attribuable aux éoliennes est négligeable / minoritaire par rapport aux installations électriques des bâtiments qui apportent ces valeurs de CEM. Si les éoliennes étaient impliquées, les niveaux de CEM devraient être constants dans tous les bâtiments, or ils augmentent lorsqu'on s'approche des sources d'alimentation ou des câbles du bâtiment. En outre, à environ 1,5 km des éoliennes, il n'y a pas de rayonnement de CEM généré par les éoliennes mesurable du fait de la décroissance rapide des amplitudes des champs rayonnés (cf. § 3.3.2).

La part des CEM attribuable aux éoliennes dans les bâtiments d'élevage est estimée négligeable / minoritaire, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$).

6.1.1.1.2 En pâtures

- Niveaux d'exposition

Les valeurs relevées dans les rapports (cf. § 3.3.2) permettent de conclure que les niveaux d'exposition aux CEM en pâture sont des niveaux habituellement rencontrés dans des environnements similaires, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$).

- Part attribuable aux éoliennes

Sur le parc éolien des Quatre Seigneurs, concernant les éoliennes elles-mêmes, les impacts d'un CM généré par des équipements de production et de transformation des éoliennes, seront très faibles au niveau du sol, compte tenu de la distance entre ces équipements et le sol (105 m) (cf. § 3.3.2).

Concernant les câbles enterrés, ils rayonnent très peu : 0,012 à 0,087 μ T pour les câbles enterrés d'ABO Wind, loin des pâtures à étudier pour Mme Bouvet. Selon les données de simulation transmises au GT par RTE, le câble enterré d'Enedis, partant du PdL vers le poste source, rayonne un champ de 0,017 μ T d'amplitude à un mètre du sol pour un câble enterré à 80 cm de profondeur conduisant un courant de 400 A (soit une puissance de 14 MW), ce qui est très faible.

Par ailleurs, selon des données transmises au GT par Enedis, au maximum 109 kW transitent sur une ligne HTA aérienne au-dessus d'une pâture de VL de Mme Bouvet (Figure 34 à l'est de sa ferme) : le CM généré au-dessous de la ligne est estimé au maximum à 0,08 μ T (cf. § 3.3.2).

Il convient de noter que les CM sont plus élevés au niveau du PdL tout en restant très faibles. Cependant, le PdL n'est pas considéré pour sa contribution à l'exposition car d'une part il est trop éloigné des élevages (à près de 1 500 m des VL de Mme Bouvet) et, d'autre part, le terrain situé à proximité immédiate du PdL est un champ de cultures.

En outre, les CE ne peuvent venir que des lignes HTA aériennes, puisque les écrans des câbles enterrés les arrêtent.

Chez Mme Bouvet, trois des quatre pâtures de VL sont exposées majoritairement, voire exclusivement aux lignes aériennes (en violettes sur la Figure 34). La pâture VL la plus au nord est

³⁴ source INERIS <https://ondes-info.ineris.fr/node/719>

d'avantage exposée au câble enterré d'Enedis puisqu'elle est longée par le câble sur son petit côté nord. Les niveaux d'exposition simulés sont dans tous les cas très faibles (0,08 μ T et 0,017 μ T respectivement pour la ligne aérienne et les câbles enterrés). Les lignes aériennes HTA sont donc majoritaires et les éoliennes minoritaires quant à leur contribution à l'exposition aux CEM.

Par conséquent, la part attribuable aux éoliennes des CEM en pâture est estimée négligeable / minoritaire, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$).

6.1.1.2 Courants parasites

6.1.1.2.1 En bâtiment

- Niveaux d'exposition

Concernant l'estimation du niveau d'exposition, le GT a considéré qu'un niveau d'exposition était remarquable en considérant la valeur seuil de 500 mV, au-delà de laquelle la majorité des vaches peuvent ressentir les courants (rapport Anses (2015) et la brochure GPSE 2019).

Chez Mme Bouvet, dans la salle de traite, lors des mesures de tension de contact, trois pics à 500 mV ont été relevés le 16 janvier 2017 sur la période d'enregistrement du 12 au 20 janvier 2017, ainsi qu'une série de huit pics de tensions de contact à 500 mV du 26 janvier au 5 février 2017 et quelques pics au-dessus de 500 mV. Des valeurs de tensions continues comprises entre 200 et 600 mV maximum ont été mesurées (D44-8.2 France 2017).

Dans cette salle de traite, les anomalies sur l'installation peuvent se traduire par des tensions de contact d'autant plus fortes que l'installation sera sollicitée, c'est-à-dire quand il y aura beaucoup d'appareils mis sous tension. Le cas le plus critique (mais difficile à mesurer) est celui du démarrage des appareils qui peut engendrer momentanément un fort appel de courant, provoquant des tensions de contact parasites.

Des courants de fuite à la terre de 150 mA ont été relevés dans la barrette de terre du compteur (D44-8.2 France 2017), et ces anomalies ne correspondent pas aux heures de traite. Elles pourraient être liées à un appareil défectueux ou à l'installation elle-même (effet capacitif permanent lié à la longueur des câbles tirés). Le GT envisage qu'il y ait des remontées de potentiel liées à ces courants, mais d'amplitude assez faible compte tenu des calculs d'ordre de grandeur exposés précédemment. Lors de son audition, Mme Bouvet a indiqué avoir fait mettre tous ses équipements (cornadis, abreuvoirs ...) à la terre, la situation étant pire depuis, selon elle. Le GT note que, pour la partie du sol en terre battue, donc sans treillis métallique, une mise à la terre correcte des équipements est difficile, d'où un risque d'apparition de tensions parasites entre éléments métalliques et terre.

Dans ces bâtiments, très peu de mesures dépassent 500 mV (D44-8.2 France 2017). Cependant, des valeurs supérieures à 200 mV, et jusqu'à 500 mV, sont trop fréquentes pour pouvoir conclure que tout le système électrique fonctionne correctement chez Mme Bouvet, d'autant qu'il est établi dans certaines publications (Anses 2015; Rigalma, Gallouin et Roussel 2009) que les vaches peuvent être sensibles aux tensions : à 500 mV, voire un peu en-dessous, certaines vaches vont ressentir le passage du courant. De plus, d'après la littérature, certaines vaches seront plus perturbées par des pics légèrement moindres que par des niveaux en permanence plus élevés (Rigalma, Gallouin et Roussel 2009). Ainsi, des variations entre 100 et 400 mV pourront perturber davantage certaines vaches qu'un niveau permanent de 600 mV. Dans cet élevage, il faudrait que les tensions soient contenues à des niveaux moindres.

Compte tenu des résultats de mesures ci-dessus, le niveau d'exposition aux courants parasites en bâtiment est considéré remarquable, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$).

- Part attribuable aux éoliennes

La part attribuable aux éoliennes est quasi nulle par rapport aux installations électriques des bâtiments qui apportent ces courants parasites.

A ce titre, le rapport D12-Consultelec 2015 mentionne :

- l'absence de treillis métallique dans les sols, notamment au niveau du quai de traite et du parc d'attente, obligatoires depuis juin 2003 ;
- des liaisons en série entre divers éléments métalliques de la salle de traite : il en résulte un cumul des résistances de contact qui peut devenir excessif ou générer une rupture de liaison ;
- certains éléments non reliés à la terre, notamment les supports des portillons d'entrée des quais de traite gauche et droit, le pont mobile de sortie du quai de gauche, des lices avant selon la position des animaux n° 1 et n° 5 du quai de traite droit dans la salle de traite, ainsi que l'abreuvoir buvette dans la nurserie.

De plus, les éoliennes sont trop éloignées pour induire des courants parasites dans les bâtiments. En effet, les simulations (cf. Annexe 4) réalisées pour fournir un premier ordre de grandeur donnent des tensions de pas de l'ordre de quelques mV entre les éoliennes du parc des Quatre Seigneurs. Les courants résiduels qui pourraient circuler au-delà du parc éolien seront extrêmement atténués avec la distance, ce qui conduira à des tensions de pas imperceptibles par les bovins. Il n'est donc pas envisageable d'imaginer des courants vagabonds se rebouclant par la terre sous les fermes situées entre 700 et plus de 1 000 mètres, puisque la câblée et la terre entre fonds de fouille constituent le chemin le plus court pour refermer le circuit (cf. Figure 9).

Il convient de noter que d'éventuelles remontées de tension liées aux installations défectueuses de l'exploitation de Mme Bouvet pourraient se faire par la terre (elle-même liée au neutre) : ainsi, si d'autres installations défectueuses à proximité étaient sources de dysfonctionnements électriques, des courants parasites pourraient passer sous son étable pour créer des tensions parasites. Il faudrait néanmoins pour cela que sa ferme se situe entre les installations défectueuses et le transformateur qui les alimente. La configuration de l'installation étant T-T (Tout à la Terre), le courant qui passe dans la terre doit revenir à la source, i.e. au point de connexion situé au niveau du transformateur (cf. brochure GPSE 2019 sur les courants électriques).

En bâtiment, chez Mme Bouvet, la part attribuable aux éoliennes est considérée négligeable/minoritaire, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$), les courants parasites étant liés aux installations électriques.

6.1.1.2.2 En pâtures

- Niveaux d'exposition

Une campagne de mesures a été réalisée, mais le GT ne dispose pas de l'information sur l'endroit où les mesures avaient été prises (D10-Consultelec 2015). Elle conclut à l'absence de courants parasites, mais il n'y avait pas de vent, donc les éoliennes n'étaient pas en fonctionnement. Une autre mesure de tensions de pas a été réalisée (D56-Cetim 2019) au pied des éoliennes, avec mise à la terre via le pieu de terre, comme en BT, en injectant du courant (valeur ramenée à 500 mA), ce qui ne reflète pas ce qui se passe dans les écrans (valeur de 5,1 Aeff mesurée dans un écran et cohérente avec les simulations faites par le GT). Les mesures disponibles sont ainsi issues d'une méthodologie inadaptée, et la seule mesure de tension de pas tentée en conditions réelles a été effectuée un jour sans vent (le 11/02/2015, D10- Consultelec 2015).

Le GT a néanmoins retenu les mesures effectuées en l'absence d'autres informations. Les valeurs des tensions mesurées par Consultelec (sans injection de courant) sont négligeables, celles du Cetim donnent des tensions de pas de l'ordre de 200 mV (avec injection de courant). Pour le courant induit dans la vache, D. Reinemann (2012) prenait 500 Ω en moyenne sur le corps, il

signalait que le seuil le plus bas testé sur 355 vaches était de 2,5 mA pour 5 % des vaches les plus sensibles, ce qui fait 1,25 V ($500 \Omega \times 2,5 \text{ mA}$) ; le 50^{ème} percentile était à 4,8 mA.

Par ailleurs, deux campagnes de mesure de déconnexion des écrans ont été réalisées : une en 2016 (voir les rapports D29 à D32, D35, D36-Dekra 2016) et une en 2018 (cf. rapport D56-Cetim 2019).

Pour la première campagne, la démarche consistait à faire une corrélation entre les déconnexions des écrans et le comportement des bovins dans les fermes. Ce protocole n'est pas le plus pertinent dans la mesure où on ne cherche pas à mesurer un effet électrique direct (courant de fuite ou tension de pas). Il faut néanmoins signaler que des mesures de tension écran-terre ont été effectuées par Dekra quand les écrans étaient déconnectés (test du 3 février 2016, 600 mV en charge, cf. D31-Dekra 2016 ; cet ordre de grandeur est cohérent avec les simulations effectuées par le GT, cf. Annexe 4).

Pour la seconde campagne, le Cetim a effectué des mesures de courant de fuite dans le réseau de mise à la terre avant et après déconnexion des lignes équipotentielles. Le problème méthodologique est que les mesures avant déconnexion ont été faites un jour où les éoliennes produisaient peu ; ceci rend cette campagne de mesures inexploitable.

Le GT a réalisé des simulations des courants parasites dans les écrans entre E4 et le PdL (cf. § 3.3.3 et Annexe 4) afin d'estimer si l'écoulement de ces courants dans les écrans ou la câblure de terre est susceptible de provoquer des tensions de pas perceptibles par les bovins. Les résultats de ces simulations montrent des valeurs de tension de pas négligeables pour les bovins dans le scénario le plus défavorable (bovin parallèle au trajet des câbles et immédiatement à leur aplomb) lorsqu'une travée d'éoliennes fonctionne à sa puissance maximale.

Les éoliennes se situent à environ 1 500 mètres des VL de Mme Bouvet, et sont donc trop éloignées pour induire des courants parasites pour ces VL.

L'exposition des VL pourrait résulter principalement du câble enterré Enedis de 16 MW maximum, qui peut induire quelques courants parasites dans la terre. Cependant, le GT n'a pas de données sur les tensions de pas au-dessus de ce câble enterré (il faudrait connaître la position exacte des câbles, leurs dimensions... pour être en mesure d'estimer les niveaux de courant induits).

En pâture, sur la base des mesures existantes, le niveau d'exposition aux courants parasites est estimé habituel avec un niveau d'incertitude moyen ($ii=2$) lié au manque de fiabilité des mesures du fait d'un protocole de mesures discutable, compensé par les simulations réalisées par le GT.

- Part attribuable aux éoliennes

Du fait de la conception des clôtures électriques pour créer des paddocks, sur postes portatifs comme sur réseau, des courants parasites se rebouclent par la terre en cas de défaut d'isolement (contact avec la végétation, isolateurs défectueux, etc.). Mme Bouvet organise le pâturage de ses VL en délimitant des enclos sur lesquels elles progressent petit à petit dans la pâture, du plus près des bâtiments jusqu'à sa partie la plus éloignée. Par conséquent, les VL restent peu de temps au plus près du câble Enedis (la partie terminale de la pâture, la plus éloignée des bâtiments) et sont plus exposées aux clôtures électriques. De plus, les câbles installés par Enedis sont torsadés, donc très peu émissifs tant en termes de CM rayonné que de courants induits. Par ailleurs ces écrans sont mis à la terre tous les 5 km. Cependant, les experts ne disposent pas de données de mesure chiffrées, ni pour les clôtures, ni pour le câble Enedis.

Pour les VL en pâture autour des bâtiments, les experts ont estimé que la part attribuable aux courants parasites générés par les éoliennes est minoritaire, avec un niveau d'incertitude moyen ($ii=2$), le GT estimant que la possibilité d'avoir des courants parasites associés aux clôtures électriques est qualitativement plus élevée qu'avec le câble Enedis qui passe à côté d'une de ses pâtures.

6.1.1.3 Infrasons et basses fréquences sonores

Les infrasons et basse fréquences (BF) sonores ont fait l'objet de mesures simultanées à trois points distincts pour chacun des élevages concernés : à proximité (150 m) de l'éolienne E4 la plus proche (mesure du signal acoustique généré), à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments (mesures des expositions acoustiques), cela pour différentes classes de vent (rapport D39-Cerema 2016).

Il est à souligner que si l'objectif des mesures consistait à déterminer la part d'exposition acoustique liée au parc éolien, les signaux enregistrés concernent l'ensemble des contributions acoustiques des différentes sources sonores présentes sur les deux exploitations durant ces enregistrements. De même, si des points intermédiaires de mesure ont été réalisés auprès des éoliennes les plus proches (celles dont la contribution à l'exposition devrait être la plus forte), les expositions acoustiques ont été mesurées en situation réelle auprès des bâtiments et intègrent donc l'ensemble de la contribution acoustique du parc éolien (pas de spécificité ou de restriction de l'exposition aux seules éoliennes les plus proches).

Dans le cas de l'élevage de Mme Bouvet, l'éolienne concernée est la E4 et le bâtiment concerné est celui de la salle de traite. Il est à noter que ce bâtiment ne comporte pas de façade³⁵ face à l'éolienne E4 la plus proche (distance de 1 500 m).

Si la démarche d'analyse des niveaux de bruit n'appelle pas de remarque particulière, celle d'analyse de l'impact des éoliennes s'avère cependant lacunaire. À ce titre, les limites suivantes ont été identifiées par les experts du GT :

- Celle concernant l'intervalle des fréquences mesurées dans ces mesures (de 12,5 Hz à 1 000 Hz) constitue une limite majeure à l'interprétation de ces données. Cet intervalle couvre bien le domaine considéré des basses fréquences (20 - 200 Hz) mais il ne recouvre que partiellement le spectre d'émission infrasonore des éoliennes dont des éléments d'intérêt (pics de signature spectrale, voir exemple en Figure 35) apparaissent à partir de 2-3 Hz, bien que complexes à mesurer pour des raisons météorologiques (Anses 2017) ;

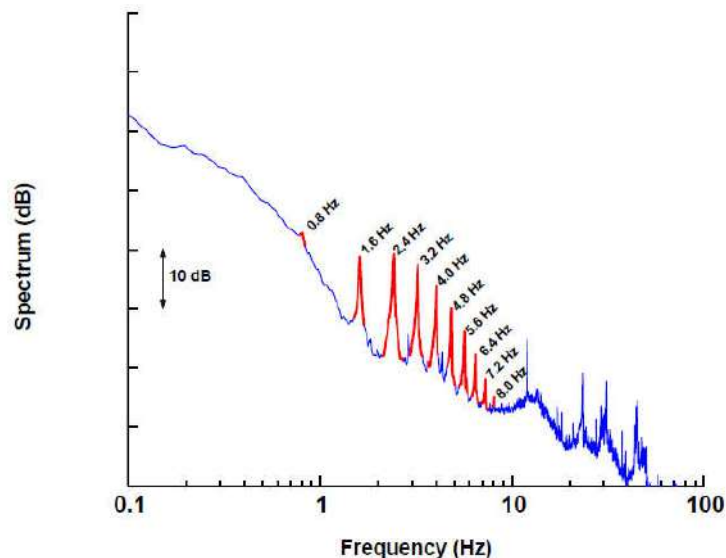


Figure 35 Exemple de spectre mesuré à 2,5 km de quatre éoliennes. Les pics rouges sont dus aux éoliennes. La ligne bleue correspond au bruit de fond du site (Source MG_Acoustics (2012))³⁶

³⁵ Il est ouvert, il n'y a pas de mur ou de porte en face de l'éolienne

³⁶ Description du document disponible sur le site <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/noise-bruit/turbine-eoliennes/information-renseignements-eng.php>, rapport disponible dans son intégralité auprès de Santé Canada ccrpb-pcrpcc@hc-sc.gc.ca

- Les résultats des mesures du bruit des éoliennes, dans les domaines temporel (évolution de l'intensité sonore au cours du temps) et spectral (répartition fréquentielle de l'énergie sonore) près des éoliennes ne sont pas présentés dans le rapport D39-Cerema 2016. Il aurait été intéressant de les comparer aux mesures obtenues à l'intérieur et à proximité des bâtiments afin de pouvoir mieux apprécier la part des éoliennes à l'exposition sonore ;
- Afin de mieux caractériser le signal éolien, les auteurs ont écarté les mesures réalisées durant les périodes d'activité de l'exploitation. Cela constitue une limite dans le sens où les contributions de possibles autres sources produisant des BF ou infrasons lors des activités de l'exploitation ne sont pas prises en compte, et donc sous-estimées ;
- À l'intérieur des bâtiments, il aurait été intéressant de déplacer le sonomètre pour relever de possibles variations de niveau de bruit liées à la présence d'éventuelles ondes stationnaires (phénomènes de résonance) ;
- De manière assez classique avec des campagnes de mesures réalisées sur quelques jours, les conditions de vent (vitesse/direction) observées ne représentent pas l'entièreté des conditions moyennes du site sur une année (les auteurs estiment que les conditions de vent observées correspondent à 31 % de ces conditions moyennes) ;
- Les enregistrements ont été analysés et rapportés sous forme de spectres de niveaux sonores établis à partir de niveaux médians d'intensité sonore (L_{50}) calculés sur des périodes (répétées) de 10 minutes. Ce choix permet dans la pratique d'éliminer statistiquement les fluctuations rapides de bruit associées aux événements peu répétables, considérés comme des artéfacts (issus d'autres sources sonores). De fait, un pic de bruit non répété, qu'il soit lié aux éoliennes ou à d'autres sources ne sera pas détecté ;
- Enfin, si l'étude marche-arrêt des éoliennes semble indiquer de très faibles émergences du bruit éolien du bruit de fond au niveau des installations des deux exploitations, signifiant une faible contribution du bruit d'origine éolienne à l'exposition acoustique, ces analyses par bande de fréquences, et non *via* une analyse fine des fréquences, ne permet pas totalement d'écarter d'éventuels phénomènes très centrés en fréquence (pics fins noyés dans la moyenne de l'intervalle de fréquence). Néanmoins, il convient de noter que, compte tenu des intensités mesurées, une émergence mono fréquentielle de ce type ne pourra pas être de forte intensité. Afin de réduire ces incertitudes, la comparaison de telles analyses fines des spectres d'exposition, en intérieur et en extérieur des bâtiments, avec celle du spectre d'émission de l'éolienne pour ces périodes de marche-arrêt aurait été utile.

Ainsi, si les données fournies par ce rapport D39-Cerema 2016 auraient pu être complétées par d'autres informations d'intérêt, les résultats qui en sont issus sont néanmoins jugés fiables. Il convient cependant de souligner que ces résultats ne peuvent se rapporter avec fiabilité qu'à la bande de fréquence mesurée dans l'étude (12,5 - 1 000 Hz), celle-ci recouvrant bien la bande des basses fréquences mais ne recouvrant que partiellement l'intervalle d'intérêt des infrasons pour les éoliennes.

6.1.1.3.1 En bâtiment

- Niveaux d'exposition

Dans le rapport D39-Cerema 2016, en termes de fréquence et de niveau de bruit, des niveaux d'exposition habituels ont été relevés en bâtiment, avec des niveaux sonores faibles, de 10 à 15 dB, un peu plus élevés qu'à l'extérieur (10 dB), différence fort probablement liée aux machines de l'exploitation agricole.

En bâtiment, le niveau d'exposition aux infrasons et BF sonores est considéré habituel, avec un niveau d'incertitude moyen ($i=2$) lié aux limites méthodologiques mentionnées ci-dessus (i.e. la bande de fréquence tronquée pour les infrasons).

- Part attribuable aux éoliennes

Les niveaux sonores mesurés sont faibles, avec une contribution du parc éolien très faible, de l'ordre de 1 à 2 dB chez Mme Bouvet. En effet, il n'y a quasiment pas de différence entre les mesures obtenues, que les éoliennes soient en marche ou à l'arrêt. Les incertitudes liées à l'appareil de mesure sont de l'ordre du dB, donc du même ordre de grandeur que la contribution des éoliennes. De plus, entre 2 h et 6 h du matin, un creux est observé qui débute vers 22 h, probablement lié au manque d'activité humaine, ce qui irait dans le sens d'un bruit intérieur majoritairement d'origine anthropique. À ce titre, la probabilité que l'exposition aux BF et infrasons à l'intérieur de ces bâtiments soit principalement liée à des sources présentes au sein de ces mêmes bâtiments est plus élevée.

Le GT s'interroge sur l'origine d'une tonalité émergeant à 20 Hz, plus intense et plus étalée en fréquence à l'intérieur qu'à l'extérieur du bâtiment, ainsi que sur l'émergence à 53 Hz d'un pic dépassant 45 dB, observé en intérieur aussi bien durant le fonctionnement qu'à l'arrêt des éoliennes. L'origine de ces pics n'a pas été recherchée.

Par conséquent, en bâtiment, la part attribuable aux éoliennes est estimée négligeable/minoritaire, du fait d'une variation d'1 à 2 dB entre marche – arrêt des éoliennes, les tonalités retrouvées n'étant en outre pas liées aux éoliennes. Le niveau d'incertitude est moyen ($ii=2$) du fait des limites méthodologiques mentionnées ci-dessus (i.e. la bande de fréquence tronquée pour les infrasons).

6.1.1.3.2 En pâture

- Niveaux d'exposition

Dans le rapport D39-Cerema 2016, en termes de fréquence et de niveau de bruit, des niveaux d'exposition habituels ont été relevés à l'extérieur, à proximité des bâtiments, avec des niveaux sonores faibles (10 dB).

Cependant, les niveaux sonores pour les pâtures situées à proximité des éoliennes ne peuvent pas être assimilés à ceux mesurés à l'extérieur proche des bâtiments en raison des différences importantes en termes de distance aux différentes sources sonores dont les éoliennes. Si la campagne de mesures a été réalisée en plusieurs points, dont un situé à proximité (150 m) des éoliennes, ces mesures ne sont malheureusement pas fournies par le rapport malgré leur intérêt en vue de caractériser les expositions acoustiques à ces distances en pâture.

Bien que ces mesures ne soient pas fournies, les niveaux d'exposition sonores au pied des éoliennes peuvent tout de même être considérés comme remarquables par rapport au bruit de fond. Dans la littérature, par exemple, les niveaux sonores documentés jusqu'à 500 m d'une éolienne³⁷ s'avèrent plus élevés comparativement à ceux régulièrement constatés pour le bruit de fond d'une région rurale (de 20 à 40 dB la nuit [DRASS Rhône Alpes Groupe Régional Bruit 2009³⁸]). Dans cette gamme de distance, le niveau de bruit lié aux éoliennes peut être considéré comme remarquable. Il convient de noter qu'il pourrait être habituel dans des milieux plus urbanisés.

En pâture, le niveau d'exposition des vaches taries et génisses aux infrasons et BF sonores est considéré remarquable au pied des éoliennes, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$).

En pâture, à proximité des bâtiments où sont rassemblées les VL, le niveau d'exposition est estimé habituel, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$).

³⁷ De 85 à plus de 110 dBA au pied des éoliennes, de 20 à 45 dBA à une distance de 500m de ces mêmes sources sonores (Anses 2017)

³⁸ <https://www.isere.gouv.fr/content/download/10676/69998/file/Generalites%20sur%20le%20bruit.pdf>

- Part attribuable aux éoliennes

À faible distance des éoliennes et sans présence d'une autre source sonore fixe à proximité, il apparaît évident que l'exposition sonore en infrasons et BF est principalement liée aux émissions acoustiques de ces éoliennes.

Dans les pâtures situées à proximité du bâtiment, la part de la contribution des éoliennes à l'exposition acoustique est bien plus incertaine. En effet, si, aucune émergence liée aux sources éoliennes n'est a priori observée en façade de ce bâtiment³⁹, il paraît particulièrement hasardeux d'extrapoler ces données pour rendre compte d'une situation à distance de ce bâtiment. Se combine à ces difficultés l'absence de mesures relatives aux fréquences inférieures à 12,5 Hz, alors que les signatures spectrales infrasonores des sources éoliennes (pics caractéristiques permettant plus facilement d'identifier la hauteur des contributions d'une éolienne au signal acoustique) se situent autour de quelques hertz. Considérant la somme de ces incertitudes, il n'apparaît pas possible d'estimer la part d'exposition aux infrasons et, dans une moindre mesure, aux BF attribuable aux éoliennes.

En pâture, au pied des éoliennes, où sont rassemblées des vaches tarées et génisses, la part attribuable aux émissions de sons de BF et d'infrasons générés par les éoliennes est estimée majoritaire, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$).

En pâture, à proximité des bâtiments, où sont rassemblées les VL, le manque de données n'a pas permis au GT d'estimer la part attribuable aux éoliennes ($ii=4$).

6.1.1.4 Vibrations du sol

Les vibrations dans le sol ont été mesurées autour des bâtiments d'élevages et au niveau des éoliennes, ces dernières étant alternativement en fonctionnement et à l'arrêt (rapport D45- Sixense 2017). Dans ce rapport, de qualité et bien étayé, les auteurs ont observé à moins de 340 m la fréquence dominante de 22 Hz, qui disparaît sur des mesures plus lointaines. Les niveaux trouvés sont tellement faibles qu'il ne faut aucune perturbation pour les ressentir. Au pied de l'éolienne, la mesure est de 0,15-0,3 mm/s, donc à la limite du seuil de perception des vibrations par l'humain, de l'ordre de 0,7 mm/s pour la vitesse particulière et 2 mg pour l'accélération (Caprio *et al.* 2015). Les vibrations peuvent être ressenties au pied des éoliennes, en mettant la main sur le bloc de béton, mais pas en se tenant debout à côté. A 10-15 m du pied des éoliennes, où peuvent se trouver des vaches, il est peu probable que les vaches puissent ressentir une quelconque vibration. Les vibrations dues aux éoliennes sont beaucoup plus faibles que toutes les vibrations anthropiques classiques comme le passage d'un camion (1 mm/s par exemple pour un camion de 9 000 kg passant à 8 m et à 20 km/h soit trois fois plus qu'au pied des éoliennes, Lombaert et Degrande (2003)). Au pied des éoliennes, l'arrêt des éoliennes correspond bien à la chute des vibrations. Chez Mme Bouvet, il n'y a aucun changement vibratoire observé lors du démarrage et de l'arrêt des éoliennes.

Par conséquent, sur la base de ces mesures, le niveau d'exposition aux vibrations du sol est considéré habituel et la part attribuable aux éoliennes négligeable/minoritaire, en bâtiment comme en pâture, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$) pour les deux déterminants.

6.1.1.5 Synthèse

Le Tableau 27 ci-dessous reprend l'ensemble des qualificatifs attribués aux agents physiques sur la base des données disponibles, et des simulations réalisées pour les CEM.

³⁹ Différences d'à peine 1 à 2 dB entre les périodes de marche-arrêt du parc éolien, soit de l'ordre de grandeur des incertitudes de mesures à ces faibles fréquences.

Tableau 27 Qualificatifs attribués aux déterminants relatifs à l'exposition pour les différents agents physiques dans l'élevage de Mme Bouvet

		Déterminant	
Agent physique		Niveau d'exposition	Part attribuable aux éoliennes
CEM	Bâtiment	Habituel* (<i>ii</i> =1)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =1)
	Pâtures	Habituel (<i>ii</i> =1)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =1)
Courants parasites	Bâtiment	Remarquable (<i>ii</i> =1)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =1)
	Pâtures	Habituel (<i>ii</i> =2)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =2)
Infrasons	Bâtiment	Habituel (<i>ii</i> =2)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =2)
	Pâtures	Remarquable au pied des éoliennes vaches taries et génisses) (<i>ii</i> =1) Habituel autour des bâtiments) (VL) (<i>ii</i> =1)	Majoritaire au pied des éoliennes (vaches taries et génisses) (<i>ii</i> =1) Indéterminable autour des bâtiments (manque de données) (VL) (<i>ii</i> =4)
Vibrations	Bâtiment	Habituel (<i>ii</i> =1)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =1)
	Pâtures	Habituel (<i>ii</i> =1)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =1)

*habituellement rencontrés dans des environnements similaires

6.1.2 Troubles chez les bovins

6.1.2.1 Mammmites et qualité du lait

6.1.2.1.1 Chronologie

Pour ce petit troupeau de 35 vaches, des mammmites ont été rapportées en février - mars 2010, entre janvier et mai 2011, un cas de mammite en janvier 2012 et une en novembre 2012, puis des mammmites entre février et mai 2013, en décembre 2013 et janvier-février 2014 (cf. § 4.1.1, Figure 22). Concernant les concentrations en cellules somatiques du lait de tank (CCST), le GT a relevé qu'une augmentation des comptages leucocytaires mensuels avait débuté dès juin 2012, donc avant le début des travaux de construction des éoliennes. Ces CCST mensuels retrouvaient un bon niveau en mai 2013, avant de connaître une nouvelle dégradation fin 2013, suivie d'une amélioration début 2014, puis des fluctuations. Cette chronologie n'est donc pas compatible avec les phases de construction et de mise en service des éoliennes. De plus, ces données font état d'un niveau de qualité sanitaire du lait et d'un nombre de mammmites périodiquement fluctuants et font apparaître une saisonnalité des phases de dégradation récurrentes.

Au vu de ces données, la chronologie de survenue des mammmites cliniques est incompatible avec les phases de construction et de mise en service des éoliennes, avec un niveau d'incertitude faible (*ii*=1). De plus, la survenue récurrente des cas de mammmites laisse apparaître une certaine périodicité entre 2010 et 2013, plus marquée en période hivernale.

6.1.2.1.2 Diagnostic différentiel

Mme Bouvet parle d'une « flambée » de mammmites, ce qui ne correspond pas aux données objectives sur l'incidence des mammmites. Elle a également évoqué des mammmites « incurables ». A l'appui des analyses de lait prescrites par le vétérinaire traitant et de leur évolution clinique, les experts considèrent que ces mammmites cliniques correspondraient très vraisemblablement à des mammmites « d'environnement ». Celles-ci peuvent classiquement résulter de paramètres de conduite d'élevage et de l'émergence de certains facteurs de risque, i.e. en saison hivernale, sur une aire paillée de dimensions constantes à une période où l'effectif augmente rapidement du fait de l'arrivée de primipares, alors que toutes les vaches sont donc logées en stabulation. En 2013,

Mme Bouvet incorpore de nombreuses primipares, l'effectif évoluant de 27 à 36 vaches, pour une aire paillée dont les dimensions ne peuvent augmenter (le rapport D55-Oniris 2019 mentionne, avec 38 VL présentes au total, dont 31 en lactation en moyenne, une surface de 4,2 à 5,4 m²/VL, insuffisante par rapport aux recommandations de 6 à 8 m²/VL⁴⁰). La confirmation de ces causes, comme d'autres envisageables, n'a pas été étudiée dans les différents rapports. Il est à noter que les données du contrôle laitier sur le nombre de mammites proviennent uniquement des déclarations d'éleveur.

6.1.2.2 Baisse de production de lait

6.1.2.2.1 *Chronologie*

D'après les données du rapport D16-Filière Blanche 2015, après avoir atteint un très bon niveau de production de 9 500 L par VL présente en mars – avril 2012 (7 000 L en moyenne jusqu'en juin 2011), une baisse très importante débute en mai 2012, s'accroît en juin 2012 pour descendre à 6 000 L en septembre 2012, puis la production remonte à 8 500 en octobre 2012. En 2013, la production baisse en avril, remonte en mai, baisse à nouveau entre mai et juillet 2013. En juillet 2013 débute une lente remontée de la production jusqu'en début 2014 (cf. § 4.1.2, Figure 25).

Ces données rendent la chronologie de la baisse de production de lait incompatible avec la construction et la mise en service des éoliennes, avec un niveau d'incertitude faible (*ii*=1).

6.1.2.2.2 *Diagnostic différentiel*

Les autres causes n'ont pas été étudiées.

6.1.2.3 Troubles de la reproduction

6.1.2.3.1 *Chronologie*

Le GT dispose de peu d'informations objectivées sur les troubles de la reproduction. Les propos de Mme Bouvet, évoquant des vaches nécessitant six inséminations artificielles (IA) alors qu'il n'y avait pas de troubles avant l'implantation des éoliennes, ont été repris dans le rapport D16-Filière Blanche 2015. Dans ce rapport, à l'issue d'une visite le 19 mars 2015, il a été préconisé de réaliser une recherche de *Coxiella burnetii* (fièvre Q) et de *Chlamydia* par sérologie sur 10 VL. Les résultats de cette recherche sérologique, effectuée le 12 mai 2015, se sont tous avérés négatifs (rapport D38-GPSE 2016). Le GT note que, compte tenu des difficultés à mettre en évidence la fièvre Q par sérologie, des prises de sang en mai 2015 ne constituent pas un critère d'élimination de ce qui aurait pu se passer en 2012/2013.

Le rapport D54-Seenovia 2019 mentionne, pour 2018, des problèmes de reproduction, uniquement sur des génisses (38 % de réussite en 1^{ère} IA et 25 % de trois IA et plus). Le rapport D55-Oniris 2019 indique que la campagne avril 2017 / mars 2018 est meilleure que la moyenne. Lors de la campagne mars 2018 / mars 2019, une détérioration limitée est relevée pour les VL et une nette dégradation pour les génisses (29 % de réussite en 1^{ère} IA et 43 % de trois IA et plus, trois IA par génisse en moyenne). On retrouve ainsi les très mauvais résultats présentés par Seenovia en 2018. Le GT ne dispose pas de données sur les origines de cette dégradation. En tout état de cause, ces troubles observés en 2018, ne permettent pas d'apporter d'informations sur la période 2012 – 2013. En revanche, l'observation d'assez bonnes performances sur deux campagnes, postérieures à la mise en service des éoliennes, donc une potentielle « amélioration » par rapport à 2013-2014, n'est pas compatible avec l'apparition des troubles en lien avec l'installation et la mise en route des éoliennes.

⁴⁰ Idèle. Synthèse. Des vaches laitières en bonne santé. Moins d'antibiotiques avec de bonnes pratiques d'élevage et des bâtiments adaptés. 88 p. (Partie 4- Conception et entretien du logement des vaches en production, des vaches taries..., Fiche 1)

Par conséquent, la chronologie des troubles de reproduction est estimée incompatible avec les phases de construction et de mise en service des éoliennes, avec un niveau d'incertitude faible ($ij=1$).

6.1.2.3.2 Diagnostic différentiel

Hormis la recherche ponctuelle de *C. burnetii* et de *Chlamydia* en mai 2015, les autres causes possibles de troubles de reproduction n'ont pas été recherchées.

6.1.2.4 Troubles du comportement

6.1.2.4.1 Chronologie

Le refus des VL d'avancer sur la route à côté de la ferme, relaté par Mme Bouvet, a été observé par le vétérinaire traitant mais n'a pas été constaté par les experts d'Oniris. Le GT n'a pas observé la difficulté de franchissement de la route sur les vidéos envoyées par Mme Bouvet. En revanche, le GT a noté, sur certaines vidéos fournies par Mme Bouvet, une tendance des vaches à aller davantage sur le quai de traite de droite.

Cependant, au-delà de ces observations, aucune donnée n'est disponible sur la chronologie de ces troubles ($ij=4$).

6.1.2.4.2 Diagnostic différentiel

Les autres causes n'ont pas été étudiées. Sur la route, aucune investigation, par exemple en lien avec la proximité de poteau électrique, de transformateur, n'a été rapportée. La fréquentation des quais de traite suscite plusieurs interrogations liées à la présence le plus souvent de quatre vaches sur le quai de gauche vs cinq sur le quai de droite, la faible incitation à les faire aller sur le quai de gauche. Là encore, les causes de ce constat n'ont pas été recherchées.

6.1.2.5 Retards de croissance des veaux

6.1.2.5.1 Chronologie

Les rapports D38-GPSE 2016 et D55-Oniris 2019 les évoquent, mais les données manquent sur la chronologie des retards de croissance ($ij=4$).

6.1.2.5.2 Diagnostic différentiel

Très peu de données sont disponibles sur le diagnostic différentiel. Toutefois, les autopsies, réalisées par le CHU vétérinaire d'Oniris sur deux jeunes animaux présentant un retard de croissance (cf. § 4.1.5 et 4.1.6), font état de la présence de parasitisme intestinal « d'étable » : giardiose, cryptosporidiose et strongyloïdose. Ces parasites sont plutôt des révélateurs de problèmes zootechniques en élevage, au vu notamment du nombre de *Strongyloïdes* détectés.

6.1.2.6 Synthèse

Le Tableau 28 ci-dessous reprend l'ensemble des qualificatifs attribués aux troubles sur la base des données disponibles.

Tableau 28 Qualificatifs attribués aux différents troubles dans l'élevage de Mme Bouvet

Troubles	Déterminant	
	Chronologie	Diagnostic différentiel
Mammites et qualité du lait	Incompatible ($ij=1$)	Autres causes non étudiées
Baisse de production de lait	Incompatible ($ij=1$)	Autres causes non étudiées
Troubles de la reproduction	Incompatible ($ij=1$)	Autres causes non étudiées
Troubles du comportement	Pas de données ($ij=4$)	Autres causes non étudiées
Retard de croissance des veaux	Pas de données ($ij=4$)	Confirmation d'une autre cause

6.2 Elevage de M. et Mme Potiron

6.2.1 Exposition aux agents physiques

D'après le plan fourni par M. et Mme Potiron localisant, dans leurs différentes parcelles, les différentes catégories de bovins (cf. Figure 36, extrait de la Figure 12), les bœufs se situent à proximité de E1 et E6, les vaches allaitantes près de E3, certaines génisses de E1. Certains câbles inter-éoliennes longent une partie de ces parcelles, sans les traverser. Une pâture de génisses est longée, sur un côté, par le câble Enedis issu du PdL. Pour les bovins à l'engraissement et les VL, l'éolienne la plus proche est E1. Aucun câble ne longe leurs pâtures.

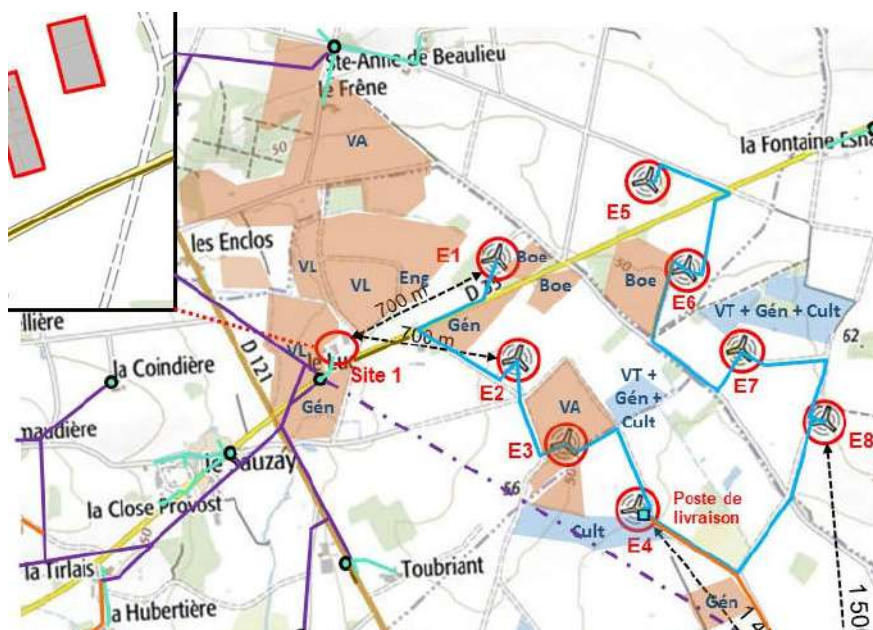


Figure 36 Localisation des bovins dans les pâtures de M. et Mme Potiron (extrait de la Figure 12)

6.2.1.1 CEM

6.2.1.1.1 En bâtiment

• Niveaux d'exposition

Les valeurs relevées sont très basses après exclusion de valeurs aberrantes tel que décrit au § 6.1.1.1.1.

Les niveaux d'exposition aux CEM en bâtiment sont des niveaux habituellement rencontrés dans des environnements similaires avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$) compte tenu des données disponibles.

• Part attribuable aux éoliennes

La part attribuable aux éoliennes est quasi nulle par rapport aux installations électriques des bâtiments qui apportent ces valeurs de CEM (e.g. CE jusqu'à 15 V/m) : éclairage, câbles amenant du 50 Hz au robot de traite, etc. Si les éoliennes étaient impliquées, les niveaux de CEM devraient être assez constants dans tous les bâtiments, or ils augmentent lorsqu'on s'approche des sources d'alimentation, des câbles du bâtiment. En outre, à environ 700 m des éoliennes, le rayonnement de CEM généré par les éoliennes est trop faible pour être mesurable du fait de la décroissance de ce rayonnement à l'inverse du carré de la distance.

Par conséquent, la part de CEM attribuable aux éoliennes dans les bâtiments d'élevage est estimée négligeable / minoritaire avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$) compte tenu des données disponibles.

6.2.1.1.2 En pâtures

- Niveaux d'exposition

L'exposition aux CEM peut résulter des éoliennes elles-mêmes, des câbles enterrés inter-éoliennes et du câble enterré d'Enedis.

Les valeurs relevées dans les différents rapports (cf. § 3.3.2) permettent de conclure, que les niveaux d'exposition aux CEM en pâture sont des niveaux habituellement rencontrés dans des environnements similaires, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$).

- Part attribuable aux éoliennes

La part attribuable va varier en fonction de la localisation des pâtures.

A proximité de l'élevage, où pâturent les VL, les CEM peuvent provenir des éoliennes et des lignes HTA aériennes.

Selon les informations fournies par Enedis, une puissance de 25 kW transite au-dessus des pâtures VL⁴¹ ce qui conduit à un CM 0,018 μ T.

Les câbles enterrés rayonnent entre 0,02 et 0,08 μ T pour les câbles enterrés d'ABO Wind selon des mesures réalisées de E1 à E8 (rapports D10-Consultelec 2015 et D7-Emitech 2014). Cependant la distance entre les câbles HTA enterrés et les pâtures est d'au moins 150 m (voir Figure 12). A une telle distance, le CM est atténué d'un facteur 900 (décroissance du champ en $1/r^2$ en considérant que les mesures ont été faites au maximum à 5 m du câble) ce qui donnerait une valeur maximale du CM de 0,09 nT.

Compte tenu de ces données, le GT conclut que les CM issus des câbles enterrés des éoliennes sont plus faibles que ceux induits par les lignes HTA dans les pâtures.

La part de l'exposition aux CEM provenant des éoliennes est certes majoritaire au pied des éoliennes, loin des pâtures en cause, mais ce sont des valeurs extrêmement faibles.

Quant aux CE, ils ne peuvent résulter que des lignes HTA aériennes, puisque les écrans des câbles enterrés les arrêtent.

Au niveau du PdL, le niveau de CM est plus élevé (20 μ T). Cependant, les pâtures occupées par des bovins sont éloignées du PdL, d'où une exposition négligeable aux CM au vu des résultats des simulations réalisées (cf. § 3.3.2).

La pâture occupée par des génisses (« Gén » sur la Figure 36) la plus au sud des parcelles de M. et Mme Potiron est longée par la ligne enterrée Enedis partant de E4. Cette ligne de 16 MW est majoritaire et rayonnerait en théorie 0,017 μ T (cf. § 6.1.1.1.2). Cette valeur est, comme celles des câbles inter-éoliennes, négligeable et n'entraîne pas d'effets (Anses 2015, 2019b).

En résumé, en pâture, la part attribuable aux éoliennes des CEM est minoritaire pour les VL, pour lesquelles les lignes HTA aériennes sont majoritaires. Pour les bœufs, les génisses et les VA, cette part est majoritaire, les valeurs de champs étant toutefois extrêmement faibles. Le niveau d'incertitude est faible ($ii=1$) dans les deux cas.

⁴¹ Pour le GT, 25 kW serait plutôt la puissance qui alimente la ferme (abonnement de 36 kVA). D'après la figure 12, les lignes HTA suspectées alimentent aussi d'autres fermes et hameaux à proximité de celle de Mr Potiron ce qui devrait conduire à des puissances transitées plus importantes.

6.2.1.2 Courants parasites

6.2.1.2.1 En bâtiment

- Niveaux d'exposition

Des mesures de tensions parasites en courant alternatif allant jusqu'à 800 mV ont été relevées pour un seuil moyen de perception par les vaches de 500 mV (cf. § 6.1.1.26.1.1.2).

De plus, dans le compte-rendu d'examen d'installation électrique (D11-Consultelec 2015), lors de son intervention initiale des 10 et 12 février 2015 chez M. et Mme Potiron, Consultelec a relevé des valeurs de tensions parasites en courant continu au-delà du seuil moyen de perception des bovins (800 mV, cité dans ce rapport comme seuil reconnu en courant continu) sur différents éléments des bâtiments d'élevage :

- respectivement 990 mV et 1 080 mV au niveau de l'eau des deux abreuvoirs des cornadis référencés n° 11 et n° 12 ;
- de 482 mV à 815 mV en douze points de mesure du robot de traite, cette dernière mesure, au niveau de l'élément de contention d'entrée dans la station de traite, étant la seule supérieure au seuil considéré de 800 mV ;
- de 830 mV à 990 mV pour l'ensemble des six mesures effectuées au niveau des grilles porte-seau des cases individuelles extérieures des veaux.

Ce même rapport a notamment noté par ailleurs que des connecteurs de prise de terre n'étaient pas serrés et que les sols des locaux où séjournent les animaux n'étaient pas équipés de treillis métalliques ou, s'ils en étaient équipés, qu'ils n'étaient pas reliés entre eux ou à la liaison équipotentielle principale. Les liaisons équipotentielles des éléments métalliques accessibles aux animaux étaient défectueuses ou absentes. Consultelec a également mis en cause des isolants des conducteurs inadaptés pour l'électrificateur de la clôture, situé à moins d'un mètre du bâtiment. Concernant le robot de traite, il a recommandé (1) de réaliser les liaisons des éléments électroniques avec des câbles blindés et liaison du blindage à la terre, (2) de placer les cartes électroniques du robot de traite dans des coffrets métalliques hermétiquement fermés et mis à la terre (D11- Consultelec 2015). En janvier 2019, Dekra a réalisé des tests de conformité sans rien déceler de non réglementaire. Néanmoins, le Cetim a connu des problèmes avec ses appareils de mesure, des surtensions neutre-terre qui les ont fait disjoncter à deux reprises (D51- Cetim 2019).

En résumé, chez M. et Mme Potiron, en bâtiment, le niveau d'exposition aux courants parasites est estimé remarquable, du fait de pics de tension fréquents au-delà du seuil de perception des vaches (500 mV), avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$).

- Part attribuable aux éoliennes

La part attribuable aux éoliennes est quasi nulle par rapport aux installations électriques des bâtiments qui apportent ces courants parasites, sur la base de l'argumentaire décrit dans le cas de l'élevage de Mme Bouvet (cf. § 6.1.1.2.1).

La part de courants parasites attribuable aux éoliennes dans les bâtiments d'élevage est négligeable /minoritaire, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$) : à 700 m des éoliennes, le GT estime que les éoliennes ne peuvent aucunement être à l'origine de tensions de pas perceptibles par les animaux.

6.2.1.2.2 En pâtures

- Niveaux d'exposition

L'argumentaire relatif aux niveaux d'exposition en pâture chez M. et Mme Potiron est identique à celui de Mme Bouvet (cf. § 6.1.1.2.2).

En pâture, avec les mesures existantes, le niveau d'exposition aux courants parasites est estimé habituel avec un niveau d'incertitude moyen ($ii=2$) lié au manque de fiabilité des mesures du fait d'un protocole de mesures discutable, compensé par les simulations réalisées par le GT.

- Part attribuable aux éoliennes

Chez M. et Mme Potiron, pour les VL à proximité des bâtiments, plusieurs autres sources pourraient générer des courants parasites, les bâtiments, la ligne HTA aérienne et les clôtures électriques (sur secteur ou pile parfois solaire pour la création de paddocks). Cependant, les experts ne disposent pas de données de mesure chiffrées.

Les mesures sont faites au pied des éoliennes, donc la part attribuable aux éoliennes des courants parasites en pâture y est majoritaire avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$). Cela concerne quelques parcelles fréquentées par des VA, génisses et bœufs.

Pour les VL, dans les pâtures à proximité des bâtiments, la part attribuable aux éoliennes est considérée minoritaire par le GT avec un niveau d'incertitude moyen ($ii=2$), le GT estimant que la possibilité d'avoir des courants parasites associés aux autres sources citées ci-dessus, est qualitativement plus élevé qu'avec les éoliennes.

6.2.1.3 Infrasons et basses fréquences sonores

6.2.1.3.1 En bâtiment

- Niveaux d'exposition

Dans le cas de cet élevage, le bâtiment concerné par les mesures est celui de la salle de stabulation, située à équidistance des éoliennes E1 et E2 (700 m).

Les niveaux d'exposition sont assez faibles et habituels (47 dB sur l'ensemble du spectre), les mesures ayant des composantes tonales relativement basses, en deçà du seuil (10-15 dB à l'intérieur). Certaines composantes tonales atteignent toutefois facilement 50-60 dB. Le bruit est plus fort à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments.

En bâtiment, le niveau d'exposition aux infrasons et BF sonores est considéré habituel, avec un niveau d'incertitude moyen ($ii=2$) lié aux limites méthodologiques mentionnées ci-dessus.

- Part attribuable aux éoliennes

Les niveaux sonores mesurés semblent indiquer une contribution du parc éolien inférieure à l'incertitude de mesure (moins de 3 dB (D39-Cerema 2016)) : il n'y a pas de différence notable d'exposition entre fonctionnement et arrêt des éoliennes. De plus, le profil spectral n'est pas le même à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments.

A l'intérieur des bâtiments, la part attribuable aux éoliennes des infrasons et BF sonores est estimé négligeable/minoritaire, avec une incertitude moyenne ($ii=2$) du fait des limites à l'interprétation des données issues du rapport (méthodes de mesurage).

6.2.1.3.2 En pâture

- Niveaux d'exposition

Au pied des éoliennes, bien que les mesures ne soient pas fournies, les niveaux sonores liés aux éoliennes sont considérés remarquables par rapport au bruit de fond (cf. argumentaire du § 6.1.1.3.2).

À l'extérieur des bâtiments, le niveau d'intensité acoustique est équivalent, voire légèrement supérieur lorsque les éoliennes sont en marche. En extérieur, hormis la présence d'une tonalité située à un peu moins de 50 Hz, la forme du spectre s'apparente à celui attendu à proximité d'une éolienne (spectre riche en basses fréquences et dont l'intensité diminue avec l'augmentation des

fréquences, voir Anses 2017). Les auteurs du rapport (D39-Cerema 2016) signalent la possibilité d'une corrélation entre le bruit éolien et l'exposition sonore mesuré en façade (contribution modeste, de l'ordre de 3 dB, et non systématique). Cette corrélation entre l'évolution des bandes fréquentielles mesurées sur le site et l'émission sonore de l'éolienne a été observée lors des phases marche/arrêt. Cette corrélation n'est cependant pas systématique et n'est observée que pour des fréquences inaudibles. Considérant qu'une augmentation de 3 dB d'un niveau sonore signifie un doublement de l'énergie acoustique (échelle logarithmique de l'échelle en décibel), il peut être postulé que le signal éolien en façade soit approximativement de même niveau que celui du bruit de fond, pour la bande de fréquence mesurée. De fait, l'exposition sonore pourra être qualifiée de remarquable, sans être pour autant exceptionnelle, malgré les nombreuses incertitudes citées plus avant.

En pâture, à proximité des éoliennes, les niveaux d'exposition aux BF sonores et aux infrasons sont remarquables. L'incertitude est faible ($ii=1$).
En pâture, à proximité des bâtiments, le niveau d'exposition aux BF sonores et aux infrasons est estimé remarquable, avec une incertitude élevée ($ii=3$).

- Part attribuable aux éoliennes

Tel que précédemment discuté, la part attribuable aux BF et infrasons des éoliennes aux abords des éoliennes peut être considérée majoritaire.

Dans le rapport D39-Cerema 2016, le niveau sonore à l'extérieur immédiat des bâtiments est plus élevé qu'à l'intérieur pour les fréquences les plus basses (jusqu'à 50 Hz). Il convient de souligner que, compte tenu que, d'une part, l'effet d'écran du bâti joue davantage sur les hautes fréquences que sur celles plus basses et que, d'autre part, ces points de mesure (intérieur / extérieur) sont éloignés de seulement trois mètres, le bruit provenant de l'intérieur du bâtiment aura sans doute une influence notable sur les plus basses fréquences du spectre acoustique mesuré en façade.

Néanmoins, considérant l'émergence d'environ 3 dB du parc éolien, correspondant à un doublement de l'énergie acoustique, la contribution du parc éolien à l'exposition est considérée comme équivalente aux autres sources sonores présentes.

Tel que déjà souligné par ailleurs, l'absence de mesures en dessous de 10 Hz entache ces déductions d'un fort niveau d'incertitude.

En pâture à proximité des éoliennes, la part attribuable aux BF sonores et aux infrasons générés par les éoliennes est majoritaire à proximité de l'éolienne avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$). En pâture, à proximité des bâtiments, la part attribuable est estimée du même ordre de grandeur que les autres sources, avec une incertitude élevée ($ii=3$) en l'absence de bande spectrale ad hoc.

6.2.1.4 Vibrations du sol

Comme chez Mme Bouvet, les niveaux de vibrations du sol sont très faibles et aucun changement vibratoire n'est observé lors du démarrage et de l'arrêt des éoliennes chez M. et Mme Potiron (cf. § 6.1.1.4).

Par conséquent, sur la base des mesures du rapport D45-Sixense 2017, le niveau d'exposition aux vibrations du sol est considéré habituel et la part attribuable aux éoliennes est négligeable/minoritaire, en bâtiment comme en pâture, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$) pour les deux déterminants.

6.2.1.5 Synthèse

Le Tableau 29 ci-dessous reprend l'ensemble des qualificatifs attribués aux agents physiques sur la base des données disponibles.

Tableau 29 Qualificatifs attribués aux déterminants relatifs à l'exposition pour les différents agents physiques chez M. et Mme Potiron

		Déterminant	
Agent physique		Niveau d'exposition	Part attribuable aux éoliennes
CEM	Bâtiment	Habituel* (<i>ii</i> =1)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =1)
	Pâtures	Habituel (<i>ii</i> =1)	Majoritaire au pied des éoliennes (bœufs, VA, génisses) (<i>ii</i> =1) Négligeable / minoritaire autour des bâtiments (VL) (<i>ii</i> =1)
Courants parasites	Bâtiment	Remarquable (<i>ii</i> =1)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =1)
	Pâtures	Habituel (<i>ii</i> =2)	Majoritaire au pied des éoliennes (bœufs, VA, génisses) (<i>ii</i> =1) Négligeable / minoritaire autour des bâtiments (VL) (<i>ii</i> =2)
Infrasons	Bâtiment	Habituel (<i>ii</i> =2)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =2)
	Pâtures	Remarquable à proximité des éoliennes (<i>ii</i> =1) Remarquable autour des bâtiments (<i>ii</i> =3)	Majoritaire au pied des éoliennes (<i>ii</i> =1) Equivalente autour des bâtiments (VL) (<i>ii</i> =3)
Vibrations	Bâtiment	Habituel (<i>ii</i> =1)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =1)
	Pâtures	Habituel (<i>ii</i> =1)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =1)

*habituellement rencontrés dans des environnements similaires

6.2.2 Troubles chez les bovins

6.2.2.1 Mammmites et qualité du lait

6.2.2.1.1 Chronologie

Le GT ne dispose pas d'informations directes sur les mammmites cliniques et leur historique. Cependant les concentrations en cellules somatiques du lait de tank (CCST), révélateurs des mammmites subcliniques, sont déjà très élevés, et ce depuis bien avant la construction des éoliennes, puisque cela est observable depuis décembre 2010 (il n'y a pas d'information avant cette date). Parmi ces CCST très variables mais constamment élevés (cf. Figure 36), un pic supérieur aux autres de la concentration en cellules somatiques est observé en août 2013. Concernant la proportion de lait commercialisable, qui était relativement correcte jusqu'en juillet 2011 (92 à 96 %), elle connaît effectivement une dégradation en 2012, mais avant la construction des éoliennes (une diminution du lait commercialisable peut être liée à une infection mammaire, c'est-à-dire une mammite...) (cf. Figure 37). Une très nette dégradation est donc déjà observée dès août 2011 (jusqu'à 87 % en novembre 2011), et se produit à nouveau en juillet 2012 et en juillet 2013, avant une amélioration en novembre de cette même année, ce qui peut correspondre à la saisonnalité des mammmites, notamment liées à certaines infections bactériennes. Cependant, dans le rapport D17-Filière Blanche 2015 présentant ces résultats, ce constat n'est pas mentionné, le rapport concluant au contraire que la dégradation apparaît à partir des travaux et de la mise en service des éoliennes.

Il en va de même pour la compatibilité de la chronologie en ce qui concerne les évolutions des CCST (cf. Figure 38). Les résultats de l'élevage de l'EARL du Lody ont toujours été médiocres. Le GT note par ailleurs que le même rapport (D17-Filière Blanche, 2015) et le rapport D6-Aexpertis mentionnent le fait que l'EARL du Lody a réformé, au cours de la campagne 2012 – 2013 (avril 2012 à mars 2013), 52 vaches laitières infectées chroniques au niveau mammaire, pour les remplacer par des vaches saines. Ce nombre de réformes, qui représente un taux de renouvellement de plus de 60 % pour cette seule cause, est particulièrement important (en situation normale, le renouvellement est de 20 à 30 % par an, toutes causes de réforme

confondues). Le rapport D17-Filière blanche précise également que « si cette politique de réforme importante n'avait pas été pratiquée, le niveau d'infection aurait entraîné l'arrêt de collecte depuis déjà plusieurs mois ». Or, le GT rappelle que les infections mammaires chroniques sont des affections qui n'apparaissent pas de manière subite au sein d'un troupeau de vaches laitières. En effet, faute de mise en œuvre de mesures préventives et curatives adaptées, celles-ci prennent de plus en plus d'ampleur, tant en termes de proportion de vaches atteintes qu'en termes d'intensité de cette atteinte, au fur à mesure de la contamination des vaches laitières. La dynamique de ces infections mammaires chroniques se raisonne sur plusieurs mois. Aussi, un tel niveau d'infection, qui a conduit à la réforme de plus de 60 % des vaches laitières du troupeau entre avril 2012 et mars 2013, ne peut être apparu brièvement au cours de cette même période. En conséquence, de toute évidence, la majeure partie de ces infections chroniques préexistait avant avril 2012.

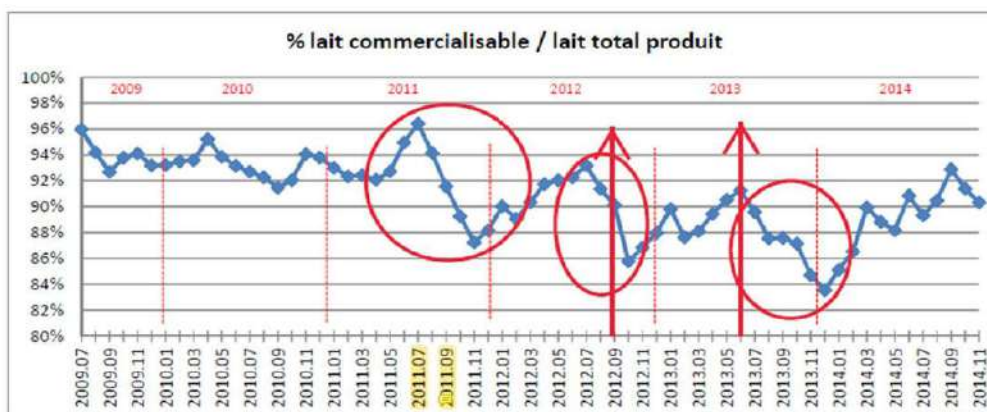


Figure 37 Pourcentage de lait commercialisable par rapport au lait total produit (D17- Filière Blanche 2015)

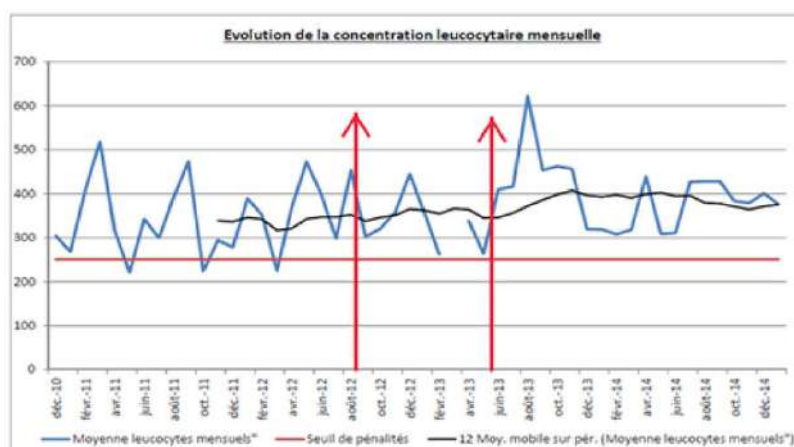


Figure 38 Evolution de la concentration leucocytaire mensuelle – décembre 2010 à décembre 2014 (D17- Filière Blanche 2015)

Le GT ne dispose pas d'informations directes sur les mammites et leur historique. Les CCST et pourcentages mensuels de lait commercialisable sont normalement corrélés, mais pas toujours parfaitement associés. Les CCST sont déjà très élevés, et ce depuis bien avant la construction des éoliennes, puisque cela est observable depuis décembre 2010 (il n'y a pas d'information avant cette date). Il existe un pic de concentrations de leucocytes en août 2013. Concernant la proportion de lait commercialisable, qui était relativement correcte jusqu'en juillet 2011 (92 à 96 %), elle connaît effectivement une dégradation en 2012, mais avant la construction des éoliennes (une diminution du lait commercialisable peut être liée à une infection mammaire).

Par conséquent la chronologie est estimée incompatible avec un niveau d'incertitude moyen ($ii=2$) du fait du manque de données sur les mammites cliniques.

6.2.2.1.2 Diagnostic différentiel

Les causes habituelles sont (1) une mauvaise hygiène de traite, à l'origine de mammites de traite – le rapport D17-Filière Blanche 2015 mentionne « *une hygiène de traite qui n'est pas bonne, un tapis se décolle [dans la station de traite], rien n'est fait derrière* », (2) des causes environnementales liées à des problèmes d'hygiène et de conduite d'élevage, par exemple laisser les vaches se coucher aussitôt après la traite. Le fonctionnement du robot n'est pas étudié, bien que certains éléments soient sommairement évoqués. Il s'agit notamment d'anomalies survenues au cours du temps qui, selon le rapport, ont été corrigées, ainsi que de quelques points techniques d'amélioration qui sont considérés à envisager : tapis de sol impossible à nettoyer, ce qui entraîne des salissures des membres ; mise en place d'un surpresseur pour augmenter la pression d'eau dans le système de rinçage et de lavage du système de traite.

Le dimensionnement et la configuration du bâtiment ne sont pas adaptés à la taille du troupeau. Ces bâtiments trop petits associés avec des vaches qui boitent constituent des facteurs favorisant les mammites. De plus, le type de mammites n'a jamais été recherché et aucun audit de traite n'a été réalisé, ce que le GT a pu vérifier lors des diverses auditions. Enfin, un nombre important de survenue d'infections mammaires à l'issue de la phase de tarissement a été observé.

Les autres causes n'ont pas été étudiées.

6.2.2.2 Baisse de production de lait

6.2.2.2.1 Chronologie

Les courbes de production de lait montrent un caractère saisonnier, avec une baisse de production à l'automne, quand les VL rentrent, et une augmentation de production au printemps lorsqu'elles sortent. Le niveau d'étable exprimé s'effondre en 2011-2012. En 2013, la production augmente au printemps et chute en juillet. La persistance du pic d'été de production de lait est moins importante en 2013 (avec un pic en mai, suivi d'un début de baisse) qu'en 2012 et 2014 (avec un plateau). Entre juin 2013 et novembre 2013, il y a une chute d'effectif d'animaux en traite, de 75 à 65 animaux, sans aucune explication disponible. Plus précisément, l'effectif augmente notablement en juin / juillet 2013 (+ 5 VL) pour redescendre régulièrement à un niveau bas fin 2013 (probablement du fait de réformes, en lien avec des problèmes sanitaires⁴², par exemple les mammites chroniques). Certaines de ces réformes se font à partir de septembre 2013. Cette baisse d'effectif peut avoir un impact sur l'expression du potentiel laitier, dans la mesure où le robot de traite est au maximum de ses capacités. Cette variation d'effectif n'est pas retrouvée en 2014. En 2012, l'effectif varie (avec un maximum à 73 vaches), mais se situe à un niveau faible. Ces phénomènes sont généralement impactants sur la gestion et la production d'un troupeau.

En 2012 et 2014, le niveau de production de lait fait un plateau lors de la période de pâturage, beaucoup plus élevé que l'hiver. En mai 2013, un pic à la mise à l'herbe est observé, mais pas de plateau. Dans la mesure où le plateau de 2012 se retrouve en 2014, alors que l'exposition aux éoliennes persiste, celles-ci ne peuvent donc pas être considérées comme étant à l'origine de cette évolution de production de lait, et d'autres facteurs sont très probablement intervenus. Il n'y a cependant pas de résultats d'analyses pour cette période (recherche d'agents pathogènes...).

La chronologie des baisses de production de lait est donc estimée incompatible avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$).

⁴² En mai 2013, il n'y a pas d'informations directes sur les mammites. Mais les leucocytes augmentent de manière très importante en août 2013. La quantité de lait/traité s'effondre en sens inverse (de 11 à 9 L). Le stade moyen de lactation s'élève entre mai et septembre 2013 (de 175 à 200 j moyen lactation). Le pourcentage de lait commercialisable chute régulièrement de 92 % en juin à 84 % en décembre 2013. Les causes pouvant expliquer le lait non commercialisable (en plus des vaches fraîches vélées) sont : des traitements avec délai d'attente (animaux malades), tels que boiteries ou mammites, etc. Le débit de traite baisse également régulièrement entre juin et décembre 2013 (de 1,5 à 1,3). Les chutes accidentelles des gobelets augmentent de manière très importante en juillet, août et septembre 2013, donc plutôt après les « premiers problèmes » (effectif, stade moyen, lait commercialisable, débit de traite ...) et concomitant de l'augmentation des leucocytes.

6.2.2.2.2 Diagnostic différentiel

Les experts n'ont pas eu mention d'autres hypothèses, normalement investiguées lors d'un audit, expliquant la baisse de production de lait, notamment à l'été 2013.

Les autres causes probables des baisses de production de lait n'ont pas été étudiées.

6.2.2.3 Troubles de la reproduction

6.2.2.3.1 Chronologie

Le bilan de reproduction des VL chez M. et Mme Potiron (D17-Filière Blanche 2015) montre des résultats médiocres sur 2010-2012 et bons sur 2012-2014. Les performances de reproduction analysées dans le rapport Oniris ne concernent que l'année 2017, mais elles sont qualifiées de « très bonnes ».

La chronologie des troubles de la reproduction est donc estimée incompatible avec un niveau d'incertitude faible ($ij=1$).

Pour mémoire, les VA n'ont pas été retenues pour l'analyse en l'absence de données disponibles les concernant (cf. § 4.2.3).

6.2.2.3.2 Diagnostic différentiel

En l'absence de troubles objectivés, ce déterminant est sans objet.

6.2.2.4 Troubles du comportement

6.2.2.4.1 Chronologie

Les troubles du comportement retenus sont les chutes de gobelets trayeurs et les refus d'aller au robot de traite (cf. § 4.2.4). Toutefois, le refus d'un certain nombre de vaches de se diriger suffisamment fréquemment vers la station de traite n'est pas réellement objectivé. Sur ce dernier point, toujours présent lors des investigations réalisées par l'équipe d'Oniris en 2018 – 2019 (cf. D55- Oniris 2019), il est précisé qu'il pourrait être expliqué par l'impact des lésions podales sur la locomotion des animaux, « *la prévalence des boiteries dans l'élevage permettant d'expliquer la sous-fréquentation du robot de traite, elle-même à l'origine de la sous-production du troupeau* ».

Le taux des chutes de gobelets trayeurs (cf. Figure 39) étaient déjà élevées avant la construction des éoliennes par rapport à la référence moyenne de 5 % : entre janvier 2012 et juin 2013, les moyennes mensuelles des traites avec chutes accidentelles des gobelets sont comprises entre 10 à 15 %. Les données brutes quotidiennes issues du robot de traite (cf. D42-8.2 France 2016) indiquent même des taux compris entre 6 % et plus de 30 % (cf. Figure 40). Un pic de chutes des gobelets trayeurs s'amorce en juillet 2013, aux environs de 30 % (cf. Figure 38) et atteint même des taux de 30 à 50 % en août 2013 (cf. Figure 40). Le pourcentage redescend à 10 % en mars-avril 2014 (même niveau, voire mieux qu'en 2012). Puis un nouveau pic de chutes de gobelets (30 %) est observé en juillet 2014, à la même période qu'en 2013. En 2014 et 2015, les chutes restent constamment au-dessus de 15 %, voire 20 %. Le GT souligne l'absence d'informations sur (1) le niveau de vide du robot (s'il baisse, le risque de chutes de gobelets augmente) et ses réglages, (2) l'entretien du robot, (3) le nombre de vaches responsables de ces chutes, (4) la présence plus ou moins abondante des mouches. Il convient par ailleurs de noter qu'a priori les boiteries n'influent pas sur les chutes de gobelets trayeurs une fois les vaches dans le robot de traite.

Le rapport D42-8.2 France 2016 constate par ailleurs que les pourcentages quotidiens de chutes des gobelets ne paraissent pas corrélés aux niveaux quotidiens de production du parc éolien (cf. Figure 40 et Figure 41). Selon ce rapport, les pourcentages de chutes des gobelets ne montrent aucune corrélation avec la vitesse du vent, son orientation, l'énergie journalière produite par le parc éolien ou encore l'énergie journalière produite par chaque éolienne.

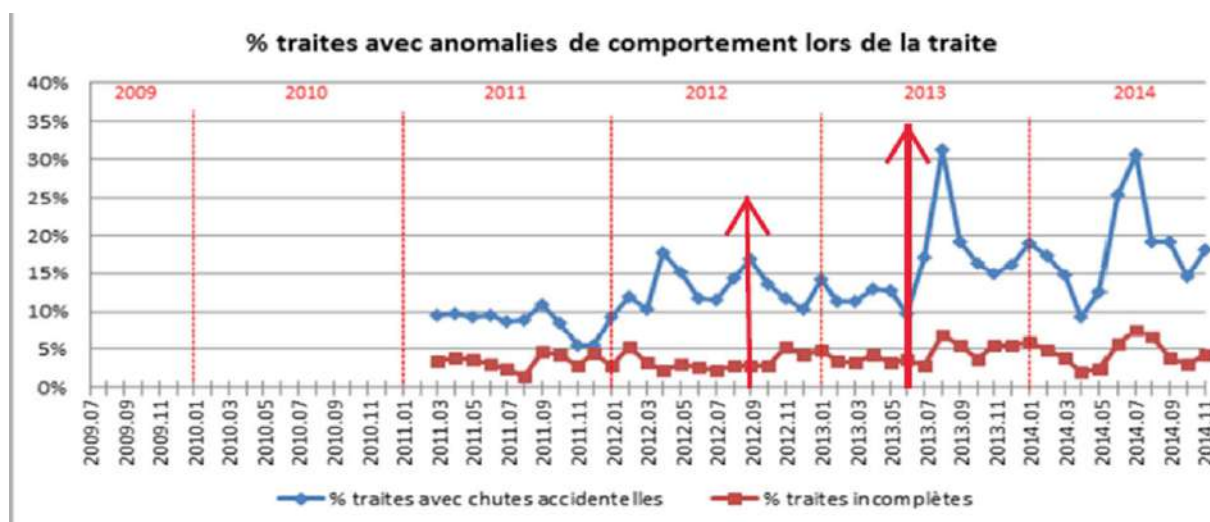


Figure 39 Evolution du pourcentage de traites avec anomalies – mars 2011 à novembre 2014 (D17-Filière Blanche 2015), les flèches rouges représentent le démarrage des travaux d'implantation et de production des éoliennes.

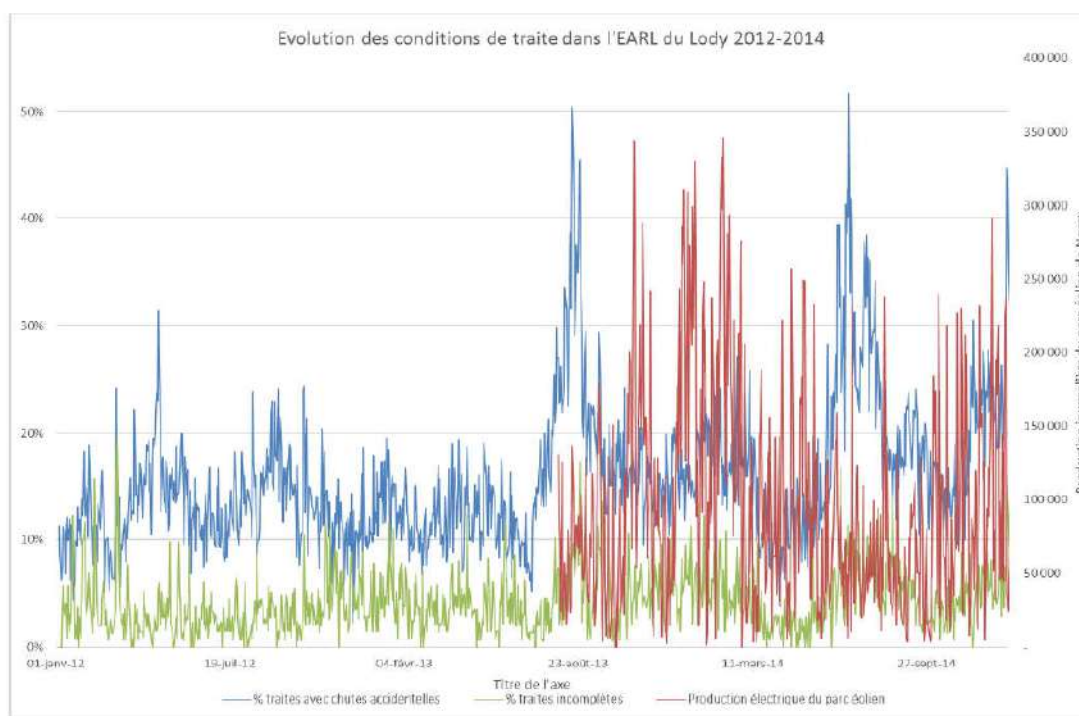


Figure 40 Evolution du pourcentage de traites avec anomalies (chutes accidentelles des gobelets trayeurs, courbe bleue, et traites incomplètes, courbe verte) et de la production électrique du parc éolien (courbe rouge) – janvier 2012 à décembre 2014 (D42-8.2 France 2016)

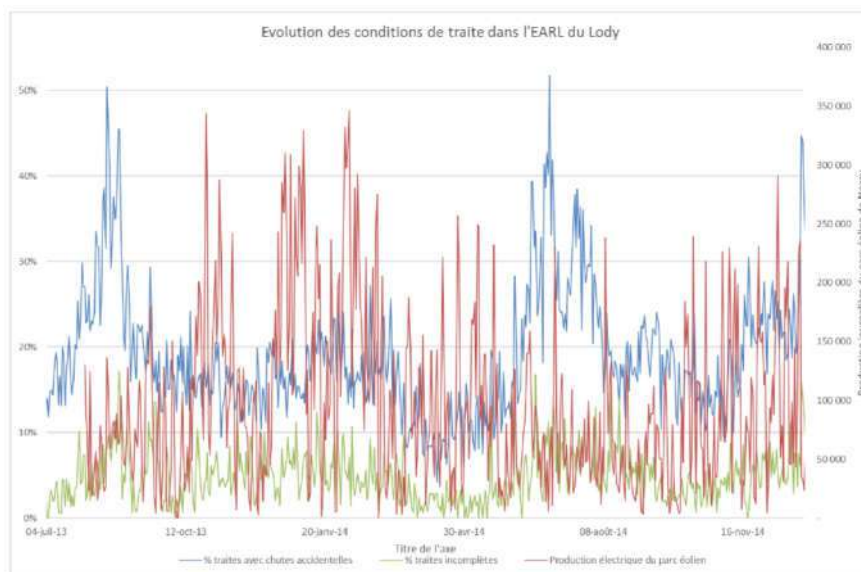


Figure 41 Evolution du pourcentage de traites avec anomalies (chutes accidentelles des gobelets trayeurs, courbe bleue, et traites incomplètes, courbe verte) et de la production électrique du parc éolien (courbe rouge) – Focus de juillet 2013 à décembre 2014 (D42-8.2 France 2016)

La fréquence de traite est insuffisante dans cet élevage (Figure 42). Elle était déjà très mauvaise en septembre 2012 et augmente un peu en octobre 2012. Elle baisse vraiment entre janvier et mai 2013 et remonte un peu en juillet 2013. Globalement, elle reste très mauvaise en permanence, puisqu'au cours des plus de cinq années étudiées, de juillet 2009 à novembre 2014, elle est toujours comprise entre 1,8 et 2,1 traites / vache présente / jour. Lors de l'évaluation réalisée par le CHU vétérinaire d'Oniris, elle est de 1,88 traite / vache / jour (rapport D55- Oniris 2019)

Le pourcentage de primipares est en 2012 de 20-30 % tous les mois (25 % = renouvellement normal). Il a commencé à augmenter en mai 2013, pour ensuite baisser fortement en 2014 alors que les chutes de gobelets se poursuivent.

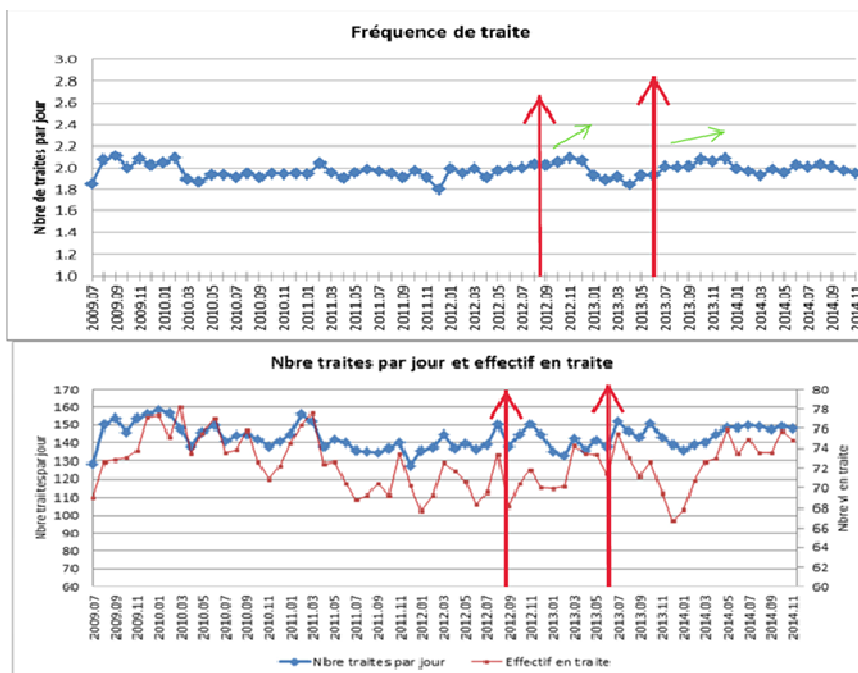


Figure 42 Evolution de la fréquence de traite, du nombre de traites par jour et de l'effectif en traite (D17- Filière Blanche 2015), les flèches rouges représentent le démarrage des travaux d'implantation et de production des éoliennes.

En bâtiment, la chronologie des troubles du comportement est donc estimée possible du fait des fluctuations après juillet 2013 (cf. supra) avec un niveau d'incertitude élevé ($ii=3$).

6.2.2.4.2 Diagnostic différentiel

Concernant les causes possibles de chute des gobelets trayeurs, il n'y a pas de données sur le réglage du robot (niveau de vide), ni sur la présence de mouches en lien avec la météorologie. L'existence de courants parasites au niveau de certains éléments métalliques de la station de traite du robot (cf. D11-Consultelec 2015) pourrait être l'une des causes à investiguer en ce qui concerne sa sous-fréquentation par les vaches laitières de l'élevage, comme en ce qui concerne les taux anormalement élevés de chutes accidentelles des gobelets trayeurs.

Les autres causes n'ont donc pas été étudiées ou prises en compte.

6.2.2.5 Retards de croissance

Ils peuvent concerner les veaux et les génisses, dont certaines peuvent être élevées majoritairement en pâture au pied des éoliennes.

6.2.2.5.1 Chronologie

Des animaux maigres ont été autopsiés en 2018 et 2019 (cf. rapport D55-ONIRIS 2019). Dans les lots à l'engraissement, des retards de croissance sont relatés dans la plupart des rapports, mais il s'agit d'un phénomène chronique, récurrent tous les ans. La prise en compte de ces troubles a été maintenue dans les travaux du GT car des éléments issus des rapports permettent de les objectiver, mais les données de chronologie manquent.

Le GT ne peut donc pas conclure sur la chronologie des retards de croissance ($ii=4$).

6.2.2.5.2 Diagnostic différentiel

Les bronchopneumonies infectieuses peuvent jouer un rôle dans le retard de croissance des veaux (cf. § 4.2.6 et § 6.2.2.6).

Au moins une autre cause a donc été confirmée.

6.2.2.6 Mortalité

Elles touchent tous les âges et toutes les catégories de bovins. Cependant, les mortalités sont particulièrement importantes sur les très jeunes animaux (cf. § 4.2.6).

6.2.2.6.1 Chronologie

Le rapport D60-Omar 2019 montre notamment que les mortalités dans l'élevage de M. et Mme Potiron sont historiquement élevées et antérieures à la construction des éoliennes. Une amélioration de la mortalité globale est même notée sur la période 2013-2018, par rapport à la période 2006-2012. Les courbes du tableur DDPP/GDS (D57-DDPP/GDS 2019) confirment les conclusions du rapport D60, et vont dans le sens d'une diminution des mortalités pour les animaux de plus de deux ans lors de la construction des éoliennes.

Le rapport D6-Aexpertis 2014 venait un peu à l'encontre des données du GDS. Toutefois, le comptable, auteur de ce rapport, trouvait également que les mortalités commençaient avant 2011. Une courbe réalisée à partir des données brutes de mortalité en annexe de ce rapport conduit les experts finalement aux mêmes conclusions que les documents D57 et D60.

La chronologie de la mortalité est donc estimée incompatible avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$) compte tenu des données disponibles.

6.2.2.6.2 Diagnostic différentiel

Des autopsies et le rapport du vétérinaire de Montmorillon (qui n'est pas le vétérinaire traitant) (rapport D6-Aexperts 2014) mentionnent des bronchopneumonies infectieuses sévères d'origine virale et bactérienne, d'où l'existence notamment de graves troubles respiratoires.

Au moins une autre cause, antérieure à la construction du parc éolien, a été confirmée.

6.2.2.7 Boiteries

Les données disponibles rapportent des boiteries uniquement chez les VL.

6.2.2.7.1 Chronologie

Les données sur les boiteries sont très parcellaires et imprécises au sein des premiers rapports de 2015 (D17-Filière Blanche), sans information sur une éventuelle évolution des boiteries en bâtiments vs en pâtures. Les données du vétérinaire traitant n'ont pas permis de préciser l'historique de ces boiteries. Il n'y a pas eu de notation précise des boiteries avant le rapport D55-Oniris 2019. M. Potiron rapporte que ses vaches ne se déplacent pas, les intervenants extérieurs (Filière Blanche, Oniris) attribuent cette observation aux boiteries.

Le rapport D17-Filière Blanche 2015 (en annexe du rapport GPSE) - visite du 19/03/2015 indique « Salissure de pattes - Note de boiterie générale : moyenne - M. Potiron relate que le nombre est habituellement plus élevé - Dermatite digitée très présente dans l'élevage », suggérant des boiteries anciennes, mais sans pouvoir les objectiver et en préciser la chronologie, en l'absence de notation, d'enregistrement sanitaire disponibles aux experts.

Le manque de données ne permet pas au GT de conclure sur la chronologie des boiteries ($ii=4$).

6.2.2.7.2 Diagnostic différentiel

D'autres affections à l'origine de boiteries ont été diagnostiquées. Ainsi, la maladie de Mortellaro a été rapportée dans deux rapports (D17-Filière Blanche 2015 et D55-Oniris 2019), le rapport D17-Filière Blanche 2015 évoquant en conséquence la mise en place d'un parage systématique au tarse. Des panaris ont également été mentionnés dans le rapport D55-Oniris 2019.

Plusieurs autres causes possibles de boiteries ont donc été identifiées : logement avec nombre de logettes insuffisant, présence de dermatite digitée non maîtrisée, vaches présentant une note de propreté dégradée, etc.

6.2.2.8 Synthèse

Le Tableau 30 ci-dessous reprend l'ensemble des qualificatifs attribués aux troubles sur la base des données disponibles.

Tableau 30 Qualificatifs attribués aux différents troubles dans l'élevage de M. et Mme Potiron

Troubles	Déterminant	
	Chronologie	Diagnostic différentiel
Mammites et qualité du lait	Incompatible ($ii=2$)	Autres causes non étudiées
Baisse de production du lait	Incompatible ($ii=1$)	Autres causes non étudiées
Troubles de reproduction (VL)	Incompatible ($ii=1$)	Sans objet (pas de troubles)
Troubles du comportement (VL)	Possible ($ii=3$)	Autres causes non étudiées
Retard de croissance	Pas de données ($ii=4$)	Confirmation d'une autre cause
Mortalités (VL)	Incompatible ($ii=1$)	Confirmation d'une autre cause
Boiteries (VL)	Pas de données ($ii=4$)	Confirmation d'une autre cause

6.3 Lien bibliographique

L'analyse bibliographique du lien entre la présence d'éoliennes et l'existence de troubles chez les animaux a permis de constater le manque d'études sur les troubles engendrés par les différents agents physiques étudiés (CEM, courants parasites, infrasons et vibrations), notamment chez les bovins. Il y a bien quelques données, mais obtenues sur les animaux de laboratoire et les animaux sauvages.

Concernant l'impact des éoliennes sur les animaux, les publications les plus nombreuses retrouvées s'intéressent en effet à l'impact des installations de parcs éoliens pour des espèces sauvages : ce sont majoritairement des oiseaux, mais elles concernent aussi les mammifères en particulier les chauves-souris. Quelques articles (Coppes, Braunisch, *et al.* 2020; Schuster, Bulling et Köppel 2015; Tabassum *et al.* 2014) et rapports (Helldin *et al.* (2012), Parent (2007) retenus principalement pour les références bibliographiques citées), très généraux, listent les impacts possibles de la présence de parcs éoliens, avec notamment les collisions pour oiseaux et chauves-souris. Ces revues soulignent de manière répétée l'intérêt majeur de conduire des études de manière rigoureuse avec une approche « contrôle de l'impact avant / après » (BACI design, pour Before After control impact en anglais).

Plusieurs publications rapportent une moindre occupation des sites éoliens par les animaux après leur construction, qu'il s'agisse d'oiseaux (Coppes, Kämmerle, *et al.* 2020; McNew *et al.* 2014) ou de mammifères et notamment des rennes (Skarin et Alam 2017; Skarin *et al.* 2015; Skarin, Sandström et Alam 2018; Helldin *et al.* 2012) ou des chevreuils (Klich *et al.* 2020). Toutefois, les perturbations rapportées sont généralement modérées (Coppes, Kämmerle, *et al.* 2020), comme celles qui concernent par exemple des populations d'élans étudiées avant / après l'installation d'un parc éolien (Walter, Leslie et Jenks 2006).

Plusieurs publications rapportent également une augmentation générale du stress chez des blaireaux (*Meles meles*), des chevreuils (*Capreolus capreolus*), des campagnols (*Microtus arvalis*) ou des oies (*Anser anser f. domestica*), attestée notamment par des mesures de cortisol (Agnew, Smith et Fowkes 2016; Klich *et al.* 2020; Łopucki *et al.* 2018; Mikolajczak *et al.* 2013) ou par l'étude du comportement : ainsi les écureuils de Californie (*Spermophilus beecheyi*), qui utilisent la communication acoustique pour éviter la prédation, ajustent leurs comportements à proximité des turbines (Rabin, Coss et Owings 2006). Toutefois, toutes les espèces n'ont pas le même niveau de sensibilité au stress comme le soulignent deux études dans lesquelles des mulots rayés (*Apodemus agrarius*) (Łopucki *et al.* 2018) et des hamsters européens (*Cricetus cricetus*) (Łopucki et Perzanowski 2018) semblent indifférents à la présence des éoliennes. De même, certaines études ne parviennent pas à mettre en évidence d'effet de la présence et du fonctionnement d'éoliennes, comme celle de Karwowska *et al.* (2015) portant sur des élevages de porcs. A l'inverse, il est même constaté dans certains cas une augmentation de la fréquentation de chemins de terre construits pour les éoliennes par certaines espèces de mésocarnivores (lynx roux [*Lynx rufus*], coyote [*Canis latrans*], renard gris [*Urocyon cinereoargenteus*] et moufette tachetée occidentale [*Spilogale gracilis*]) qui semblent toutefois être moins nombreuses à proximité des éoliennes (Agha *et al.* 2017).

Concernant les CEM, le rapport Anses (2015) présentait une synthèse de l'expertise internationale à travers une analyse de la bibliographie disponible jusqu'en 2014. Cette analyse avait été conduite selon trois axes principaux : les aspects neurophysiologiques et comportementaux, les performances zootechniques et les impacts sanitaires, une troisième partie compilait et analysait les données visant à expliciter comment les CEM-EBF pourraient agir sur les fonctions physiologiques des animaux (animaux d'élevage mais aussi sur d'autres espèces animales). Les conclusions du rapport indiquaient :

- Pour le comportement et les effets neurobiologiques : « peu d'information est disponible sur la perception du CM par les animaux et son utilisation (orientation des déplacements par exemple), et on ignore si les CEM influencent la perception et l'utilisation du champ magnétique terrestre. Il n'y a pas d'effet manifeste des CEM-EBF sur le comportement des

animaux d'élevage bien que les données soient limitées. Il n'a pas été mis en évidence de réponse non spécifique de stress. »

- Pour les performances zootechniques et sanitaires : « chez les bovins, les publications ne montrent pas d'effets majeurs ou univoques sur la fertilité, la production laitière et la santé dans les exploitations exposées en conditions non contrôlées ou semi-contrôlées. Il est rapporté lors des essais en conditions contrôlées (CEM de 30 μ T, 30 jours) une baisse possible de la production laitière, du taux butyreux et une augmentation de l'ingestion ».
- Concernant les hypothèses mécanistiques des effets des champs électromagnétiques : « compte tenu des quelques effets rapportés certaines hypothèses ont été avancées pour les expliquer. Au plan physiologique plusieurs études ont montré un changement du rythme circadien induit par les CEM-EBF avec dans certains modèles une altération des profils de sécrétion de la mélatonine. A ce sujet une interaction des CEM-EBF avec le fonctionnement des cryptochromes n'est pas à exclure. Toutes espèces confondues, les CEM-EBF semblent avoir un effet génotoxique et surtout leur présence semble être capable d'amplifier les effets génotoxiques d'autres composés, notamment chimiques. Par ailleurs, les CEM-EBF semblent augmenter les effets d'un stress oxydant, ce qui pourrait expliquer l'effet de ces ondes sur l'ADN. Par contre, toutes les tentatives visant à relier les CEM-EBF à des dysfonctionnements du système immunitaire et au stress physiologique sont restées infructueuses. De nombreux travaux sont toujours en cours sur ces mécanismes hypothétiques et il est nécessaire de continuer la veille scientifique dans ces domaines en veillant à la qualité des protocoles expérimentaux mis en œuvre (Anses 2015). »

Les experts et l'Anses insistaient en 2015 sur l'importance de la standardisation des protocoles expérimentaux, ainsi que la qualité de la mesure des champs appliqués et une bonne caractérisation de l'exposition des animaux.

La recherche bibliographique effectuée dans le cadre de la présente saisine n'a pas permis d'identifier, en plus des articles déjà inclus dans le corpus bibliographique de 2015 ((Burchard, Nguyen et Monardes 2007; Rodriguez *et al.* 2004), etc.), beaucoup de nouvelles publications sur le sujet, et ces dernières ne remettent pas en cause les conclusions de l'expertise de 2015 (Hässig *et al.* 2014; Hilz *et al.* 2014; McCallum *et al.* 2014; Wang et Zhang 2017).

En résumé, le rapport des experts souligne que bien que de rares effets aient été observés chez les animaux : dégradation des fonctions cognitives chez l'animal de laboratoire (pour une exposition > 100 μ T), baisse possible de la production laitière, du taux butyreux et augmentation de l'ingestion chez la vache laitière (CEM de 30 μ T, 30 jours), etc. Il reste difficile de se prononcer quant aux effets sanitaires directs des CEM-EBF sur les animaux d'élevage, ceci d'autant plus que les mécanismes d'action des CEM-EBF ne sont pas encore identifiés et d'autant plus pour les niveaux très faibles observés en élevage. Les nouvelles publications identifiées ne remettent pas en cause les conclusions de l'expertise de 2015.

Concernant les courants parasites, quelques publications sont reprises en particulier dans le rapport Anses (2015). Plusieurs auteurs cités dans ce rapport ont décrit des réponses comportementales des vaches telles que le piétinement, le coup de pied, le sursaut, pour des niveaux d'intensité de courant compris entre 2 et 8 mA (Erdreich *et al.* 2009; J.D. Reinemann *et al.* 2003; Rigalma, Duvaux-Ponter, *et al.* 2010; Rigalma, Roussel, *et al.* 2010). Pour des niveaux d'intensité de courant supérieurs à 8 mA, les résultats obtenus relatifs à d'éventuels effets sur la prise alimentaire et l'abreuvement restent contradictoires : Gorewit, Scott et Czarniecki (1985) Gorewit *et al.* (1989), Rigalma, Duvaux-Ponter, *et al.* (2010) et Aneshansley, Gorewit et Price (1992) n'ont observé aucune modification de l'ingestion d'eau et de matière sèche pour des niveaux d'intensité de courant de 12 et 16 mA respectivement, alors que J.D. Reinemann *et al.* (2003) enregistrent une baisse pour des niveaux d'intensité de courant appliqué de 8,7 et 10,2 mA, les consommations revenant à la normale au bout d'une semaine d'exposition. S'il s'agit là d'un seuil de réaction transitoire, par contre, les résultats disponibles jusqu'à ce jour ne permettent pas de déterminer un niveau de seuil de réaction persistante à partir duquel l'activité de la vache laitière serait modifiée de manière durable (rapport Anses (2015)).

Selon D. Reinemann (2012), 5 % des 355 vaches étudiées réagissent à 2,5 mA, 95 % réagissent à 5 mA, 5 % refusent de boire à 5,5 mA, et 95 % ne boivent pas à 16 mA. Il existe une grande variabilité d'apparition des troubles entre vaches. Les vaches sont donc moins sensibles, en termes de sensation, que les humains, dont le seuil de sensibilité à 50 Hz est de 0,5 mA. Pour rappel, le rapport Anses (2015) synthétise dans un tableau (tableau 8, p. 49) les seuils de sensibilité des vaches. Chez l'humain, une augmentation brusque de la tension (de 0 V à quelques dizaines de V) entraîne une contraction des articulations très désagréable, alors qu'une augmentation douce/progressive entraîne peu d'effets sensibles. Les vaches partent d'une tension nulle et reçoivent une décharge brusque, il semble donc peu probable qu'elles s'habituent.

Concernant les affections, la majorité des études irait dans le sens d'absence d'effets des courants parasites sur les mammites. L'exposition à une tension parasite à des niveaux de 2 V à 4 V peut être un facteur de stress léger pour les vaches laitières, mais elle ne contribue pas à l'augmentation du comptage des cellules somatiques ou à l'incidence de la mammite, ni à la réduction de la production laitière. Une tension inférieure à 5 V n'a pas d'effet sur le lait, selon D. Reinemann (2012). Une exposition de 1,8 V n'a pas d'effet sur la production de lait (Rigalma, Duvaux-Ponter, *et al.* 2010).

Concernant les effets potentiels **des infrasons générés par les parcs éoliens**, si aucune publication relative aux bovins n'a été trouvée, une thèse vétérinaire portant sur leur impact potentiel chez des poulains a été identifiée, avec une démarche intéressante mais une absence d'effets observés dans le cadre de ce travail (Costa Pereira e Curto 2012). Par ailleurs, des travaux ont souligné l'impact délétère de l'exposition de rats de laboratoire à des infrasons de haute intensité sur leur tissu cardiaque, mais il s'agit d'une étude expérimentale très éloignée du terrain (Lousinha *et al.* 2020).

Concernant les **vibrations du sol**, l'analyse bibliographique n'a pas permis d'identifier des publications sur un éventuel lien entre cet agent physique et des troubles en élevage, quel que soit le trouble considéré chez les bovins. Seules les vibrations pendant le transport de porcs ont été étudiés à des niveaux incompatibles à ce qui est observable habituellement dans les élevages.

6.4 Résultats, discussions

6.4.1 Synthèse des scores d'imputabilité chez Mme Bouvet

Pour obtenir le score d'imputabilité pour chaque couple « agent physique – trouble », le GT a suivi l'arbre décisionnel présenté au chapitre 5 avec les qualificatifs attribués aux agents physiques (cf. § 6.1.1) et aux différents troubles (cf. § 6.1.2).

6.4.1.1 CEM

En bâtiment comme en pâture, le GT a attribué à l'exposition aux CEM un niveau d'exposition « habituellement rencontré dans des environnements similaires » et à une part attribuable aux éoliennes « négligeable/minoritaire ». Le GT conclut avec une incertitude faible ($ii=1$) que les éoliennes ne peuvent pas être à l'origine des troubles observés. Les experts n'ont pas attribué d'imputabilité dans le cas des retards de croissance en pâture, les veaux restant en bâtiment.

Chez Mme Bouvet, en bâtiment comme en pâture, l'imputabilité aux CEM générés par les éoliennes des différents troubles chez les bovins est exclue (I0). L'incertitude liée à ce score d'imputabilité est faible ($ii=1$) car les CEM à l'intérieur des bâtiments proviennent des installations électriques domestiques. Les CEM dans les pâtures proviennent davantage des lignes HTA aériennes, mais à des niveaux qui sont globalement très faibles.

Les relevés de mesures sont en adéquation avec les émissions de CEM attendues dans cet environnement compte tenu de la configuration des installations des éoliennes et des lignes de transport des courants. En pâture, ils montrent une exposition négligeable des VL aux CEM. En bâtiment, compte tenu des valeurs relevées et de la distance d'éloignement par rapport aux éoliennes, une influence directe des CEM émis par les éoliennes et les câbles enterrés est exclue ($ii=1$) (Tableau 31).

Tableau 31 Scores d'imputabilité aux CEM des troubles dans l'élevage de Mme Bouvet

	Mammites et qualité du lait		Baisse de production de lait		Troubles de la reproduction		Troubles comportement		Retard de croissance	
	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures
Niveau d'exposition	Habituels* (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Sans objet, les veaux ne sont pas en pâture
Part attribuable aux éoliennes	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	
Chronologie	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)	
Diagnostic différentiel	Autres causes non étudiées**	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Confirmation d'une autre cause	
Bibliographie	Non documenté****	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	
Score d'imputabilité	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	
Incertitude***	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

*Niveaux d'exposition habituellement rencontrés dans des environnements similaires

** Autres causes non étudiées ou étudiées et non confirmées

*** Incertitude sur l'imputabilité finale (1/2/3/4)

**** L'analyse bibliographique du lien entre la présence d'éoliennes et l'existence de troubles chez les animaux a permis de constater le manque d'études sur les troubles engendrés par les différents agents physiques étudiés, notamment chez les bovins.

6.4.1.2 Courants parasites

En ce qui concerne les retards de croissance et les troubles du comportement en bâtiment, l'absence de données sur la chronologie et le diagnostic différentiel, i.e. la recherche d'autres causes possibles, n'a pas permis au GT de conclure sur l'imputabilité aux courants parasites de ces troubles. Le niveau d'incertitude est de $ii=4$ (absence de données).

En pâture, pour les autres troubles, qui concernent les VL, le GT a conclu que les niveaux d'exposition étaient habituels et la part attribuable aux éoliennes minoritaire par rapport aux clôtures électriques des paddocks, ce qui conduit, dans l'arbre décisionnel, à une imputabilité I0, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$).

En bâtiment, les mammites, la baisse de production de lait et les troubles de la reproduction ont une chronologie incompatible avec la construction et la mise en service des éoliennes. Cette incompatibilité conduit, dans l'arbre décisionnel, à une imputabilité I0, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$).

Les faibles valeurs relevées, ainsi que la distance, excluent que les CEM et les courants parasites issus du fonctionnement des éoliennes et des câbles puissent être à l'origine de ces tensions de contacts.

Le Tableau 32 ci-dessous synthétise les scores d'imputabilité obtenus.

Tableau 32 Imputabilité aux courants parasites des troubles dans l'élevage de Mme Bouvet

	Mammites et qualité du lait		Baisse de production de lait		Troubles de la reproduction		Troubles du comportement		Retard de croissance veaux	
	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures
Niveaux d'exposition	Remarquables* (ii=1)	Habituels (ii=2)	Remarquables (ii=1)	Habituels (ii=2)	Remarquables (ii=1)	Habituels (ii=2)	Remarquables (ii=1)	Habituels (ii=2)	Remarquables (ii=1)	Sans objet, les veaux restent en bâtiment
Part attribuable aux éoliennes	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	
Chronologie	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)	
Diagnostic différentiel	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Confirmation d'une autre cause	
Bibliographie	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Peu documenté	Peu documenté	Non documenté	
Score d'imputabilité	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	Indéterminable	I0 exclue	Indéterminable	
Incertitude	1	1	1	1	1	1	4	2	4	

* Niveaux d'exposition remarquables par rapport à ceux rencontrés dans des environnements similaires

6.4.1.3 Infrasons et basses fréquences sonores

En bâtiment, les niveaux d'exposition sont habituels, avec une part attribuable aux éoliennes minoritaire ce qui conduit, dans l'arbre décisionnel, à une imputabilité I0. L'incertitude est faible ($ii=1$) pour les mammites, baisse de production de lait et troubles de la reproduction du fait d'une chronologie des troubles incompatible avec la construction et la mise en service des éoliennes ;

En pâture, au pied des éoliennes, les niveaux d'exposition sont remarquables, et la part attribuable aux éoliennes majoritaire, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$), mais cela ne concerne que les génisses et les vaches taries.

En pâture, autour des bâtiments, où se trouvent les VL, les niveaux d'exposition sont habituels avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$). La part attribuable aux éoliennes est indéterminable par manque de données sur les infrasons dans le spectre d'émission des éoliennes ($ii=4$). Pour les VL, la chronologie des mammites, de la baisse de production de lait et des troubles de la reproduction est incompatible avec la construction et la mise en service des éoliennes et conduit à une imputabilité I0 avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$). Pour les troubles du comportement, le manque de données sur la part attribuable et la chronologie conduisent à une imputabilité indéterminable ($ii=4$) (Tableau 33).

Tableau 33 Imputabilité aux infrasons et BF sonores des troubles dans l'élevage de Mme Bouvet

	Mammites et qualité du lait		Baisse de production de lait		Troubles de la reproduction		Comportement		Retards de croissance des veaux	
	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures
Niveau d'exposition	Habituels* (ii=2)	Habituels autour des bâtiments (ii=1)	Habituels (ii=2)	Habituels autour des bâtiments (ii=1)	Habituels (ii=2)	Habituels autour des bâtiments (ii=1)	Habituels (ii=2)	Habituels autour des bâtiments (ii=1)	Habituels (ii=2)	Sans objet, les veaux ne sont pas en pâture
Part attribuable aux éoliennes	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Manque de données autour des bâtiments (ii=4)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Manque de données autour des bâtiments (ii=4)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Manque de données autour des bâtiments (ii=4)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Manque de données autour des bâtiments (ii=4)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	
Chronologie	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)	
Diagnostic différentiel	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Confirmation d'une autre cause	
Bibliographie	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	
Score d'imputabilité	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	Indéterminable	I0 exclue	
Incertitude	1	1	1	1	1	1	2	4	2	

*Niveaux d'exposition habituellement rencontrés dans des environnements similaires

6.4.1.4 Vibrations du sol

En bâtiment comme en pâture, les niveaux de vibrations du sol sont très faibles et habituels. Au vu des données disponibles (cf. § 6.1.1.4), la part attribuable aux éoliennes est minoritaire, en bâtiments comme en pâture.

Chez Mme Bouvet, en bâtiment comme en pâture, l'imputabilité aux vibrations du sol générées par les éoliennes des différents troubles chez les bovins est exclue (I0). L'incertitude liée à ce score d'imputabilité est faible ($ii=1$) (Tableau 34).

Tableau 34 Imputabilité aux vibrations du sol des troubles dans l'élevage de Mme Bouvet

	Mammites et qualité du lait		Baisse de production de lait		Troubles de la reproduction		Troubles du comportement		Retards de croissance des veaux	
	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures
Niveau d'exposition	Habituels* (<i>ii</i> =1)	Habituels (<i>ii</i> =1)	Habituels (<i>ii</i> =1)	Habituels (<i>ii</i> =1)	Habituels (<i>ii</i> =1)	Habituels (<i>ii</i> =1)	Habituels (<i>ii</i> =1)	Habituels (<i>ii</i> =1)	Habituels (<i>ii</i> =1)	Sans objet, les veaux ne sont pas en pâture
Part attribuable aux éoliennes	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =1)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =1)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =1)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =1)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =1)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =1)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =1)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =1)	Négligeable / minoritaire (<i>ii</i> =1)	
Chronologie	Incompatible (<i>ii</i> =1)	Incompatible (<i>ii</i> =1)	Incompatible (<i>ii</i> =1)	Incompatible (<i>ii</i> =1)	Incompatible (<i>ii</i> =1)	Incompatible (<i>ii</i> =1)	Pas de données (<i>ii</i> =4)	Pas de données (<i>ii</i> =4)	Pas de données (<i>ii</i> =4)	
Diagnostic différentiel	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Confirmation d'une autre cause	
Bibliographie	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	
Score d'imputabilité	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	
Incertitude	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

*Niveaux d'exposition habituellement rencontrés dans des environnements similaires

6.4.2 Synthèse des scores d'imputabilité chez M. et Mme Potiron

6.4.2.1 CEM

En bâtiment, le GT a attribué à l'exposition aux CEM un niveau d'exposition « habituellement rencontré dans des environnements similaires » et à une part attribuable aux éoliennes « négligeable/minoritaire ». Le GT conclut avec une incertitude faible ($ii=1$) que les éoliennes ne peuvent pas être à l'origine des troubles observés.

Dans les pâtures, les VL restent à proximité des bâtiments d'élevage, où les lignes HTA aériennes sont majoritaires, tout en restant à des niveaux très faibles, habituels, et la part attribuable aux éoliennes est donc minoritaire (cf. § 6.2.1.1). L'arbre décisionnel conduit alors à une imputabilité IO exclue pour les troubles des VL, i.e. les boiteries, mammites, baisse de production de lait et troubles de la reproduction. Le GT rappelle à ce titre que, dans les données dont il a disposé, les boiteries ne concernent que les VL. De plus, les troubles de la reproduction n'ont été retenus que chez les VL, en l'absence de données autres que les déclarations des éleveurs pour les VA.

Concernant les mortalités, leur chronologie est incompatible (cf. § 4.2.6), d'où une imputabilité IO exclue, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$) au vu des données étudiées.

En pâture, les troubles du comportement sont seulement issus des déclarations des éleveurs, et le GT ne dispose d'aucun élément objectif, mesurable ou constaté par d'autres intervenants. Par conséquent, le GT ne peut pas conclure, l'imputabilité est donc indéterminable ($ii=4$).

Pour les retards de croissance et les boiteries, les données de chronologie manquent et ne permettent pas au GT de conclure. L'imputabilité est indéterminable ($ii=4$).

Chez M. et Mme Potiron, en bâtiment, l'imputabilité aux CEM générés par les éoliennes des différents troubles chez les bovins est exclue (IO). L'incertitude liée à ce score d'imputabilité est faible ($ii=1$) car les CEM à l'intérieur des bâtiments proviennent majoritairement des installations électriques domestiques.

Dans les pâtures, l'imputabilité aux CEM générés par les éoliennes des troubles des VL est exclue. L'incertitude liée à ce score d'imputabilité est faible ($ii=1$) car les CEM en pâture à proximité des bâtiments proviennent majoritairement des lignes HTA aériennes. L'imputabilité à ces CEM de ces mortalités est exclue du fait d'une chronologie incompatible, et associée à un niveau d'incertitude faible ($ii=1$) (Tableau 35).

Tableau 35 Imputabilité aux CEM des troubles dans l'élevage de M. et Mme Potiron

En fonction des troubles rapportés, différentes catégories de bovins sont concernées, qui n'occupent pas les mêmes parcelles : les VL pâturent autour des bâtiments ; les génisses, bœufs et VA peuvent pâturer à proximité des éoliennes.

	Mammites et qualité du lait (VL)		Baisse de production de lait (VL)		Troubles de la reproduction (VL)		Troubles du comportement (VL)		Retards de croissance (génisses)		Mortalités (tous bovins)		Boiteries (VL)	
	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures
Niveau d'exposition	Habituels* (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Pas de données	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)
Part attribuable aux éoliennes	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)		Négligeable / minoritaire (ii=1)	Majoritaire au pied des éoliennes (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Majoritaire au pied des éoliennes (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)
Chronologie	Incompatible (ii=2)	Incompatible (ii=2)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Possible (ii=3)		Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)
Diagnostic différentiel	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Sans objet (pas de troubles)	Sans objet (pas de troubles)	Autres causes non étudiées		Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause
Bibliographie	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté		Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté
Score d'imputabilité	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	Indéterminable	I0 exclue	Indéterminable	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue
Incertitude	1	1	1	1	1	1	1	4	1	4	1	1	1	1

*Niveaux d'exposition habituellement rencontrés dans des environnements similaires

6.4.2.2 Courants parasites

Concernant les mammites, la baisse de production de lait, les troubles de reproduction et les mortalités, compte tenu de la chronologie incompatible, l'imputabilité a été exclue (I0), en bâtiment comme dans les pâtures. Le niveau d'incertitude de ces scores est moyen ($ii=2$) pour les mammites en pâture et faible ($ii=1$) pour les autres troubles au vu des données disponibles par le GT (cf. § 4.2.2, 4.2.3, 4.2.6, 6.2.2).

Pour les boiteries des VL en lien avec l'exposition en bâtiment, et les retards de croissance, le GT n'a pas pu conclure et attribuer un score d'imputabilité en l'absence de données sur la chronologie de ces troubles par rapport à la construction et la mise en service des éoliennes ($ii=4$). L'imputabilité est exclue en revanche pour les boiteries des VL en lien avec l'exposition en pâture autour des bâtiments du fait du niveau d'exposition habituel et de la part attribuable aux éoliennes minoritaire, avec un niveau d'incertitude moyen ($ii=2$).

Pour les troubles du comportement, en pâture, le GT n'a pas pu conclure en l'absence de données, et l'imputabilité est indéterminable ($ii=4$).

Pour les troubles du comportement des VL, en bâtiment, les données sur la chronologie, bien que peu compatibles, ne sont pas exclues, donc considérées « possibles » dans l'arbre décisionnel. Sur la base des informations transmises au GT, les autres causes n'ont pas été investiguées. Les recherches bibliographiques ont conduit le GT à considérer le lien bibliographique non documenté. Pour ces troubles du comportement, l'arbre décisionnel conduit à un score d'imputabilité non exclue – douteuse (I1). Le GT a attribué un niveau d'incertitude élevé ($ii=3$) à ce score en essayant d'en évaluer l'impact compte tenu des arguments suivants :

- pour l'exposition en bâtiment, la part attribuable aux éoliennes est quasi certainement nulle, donc l'incertitude est très faible sur la part attribuable négligeable aux éoliennes et sur le fait que les courants parasites à l'intérieur des bâtiments proviennent des installations électriques. De ce fait, le score d'imputabilité I1 tend à surestimer le rôle des éoliennes ;
- pour les troubles du comportement, les incertitudes sont liées aux autres causes non étudiées (entretien robot, météorologie, mouches, primipares...) (Tableau 36).

Tableau 36 Imputabilité aux courants parasites des troubles dans l'élevage de M. et Mme Potiron

En fonction des troubles rapportés, différentes catégories de bovins sont concernées, qui n'occupent pas les mêmes parcelles : les VL pâturent autour des bâtiments ; les génisses, bœufs et VA peuvent pâturent à proximité des éoliennes

	Mammites et qualité du lait (VL)		Baisse de production de lait (VL)		Troubles de la reproduction (VL)		Troubles du comportement (VL)		Retards de croissance (génisses)		Mortalités (tous les bovins)		Boiteries (VL)	
	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures
Niveau d'exposition	Remarquables** (<i>ii</i> =1)	Habituels* (<i>ii</i> =2)	Remarquables (<i>ii</i> =1)	Habituels (<i>ii</i> =2)	Remarquables (<i>ii</i> =1)	Habituels (<i>ii</i> =2)	Remarquables (<i>ii</i> =1)	Pas de données	Remarquables (<i>ii</i> =1)	Habituels (<i>ii</i> =2)	Remarquables (<i>ii</i> =1)	Habituels (<i>ii</i> =2)	Remarquables (<i>ii</i> =1)	Habituels (<i>ii</i> =2)
Part attribuable aux éoliennes	Négligeable / Minoritaire (<i>ii</i> =1)	Négligeable / Minoritaire autour des bâtiments (<i>ii</i> =2)	Négligeable / Minoritaire (<i>ii</i> =1)	Négligeable / Minoritaire autour des bâtiments (<i>ii</i> =2)	Négligeable / Minoritaire (<i>ii</i> =1)	Négligeable / Minoritaire autour des bâtiments (<i>ii</i> =2)	Négligeable / Minoritaire (<i>ii</i> =1)		Négligeable / Minoritaire (<i>ii</i> =1)	Majoritaire au pied des éoliennes (<i>ii</i> =1) Négligeable / Minoritaire autour des bâtiments (<i>ii</i> =2)	Négligeable / Minoritaire (<i>ii</i> =1)	Majoritaire au pied des éoliennes (<i>ii</i> =1) Négligeable / Minoritaire autour des bâtiments (<i>ii</i> =2)	Négligeable / Minoritaire (<i>ii</i> =1)	Négligeable / Minoritaire autour des bâtiments (<i>ii</i> =2)
Chronologie	Incompatible (<i>ii</i> =2)	Incompatible (<i>ii</i> =2)	Incompatible (<i>ii</i> =1)	Incompatible (<i>ii</i> =1)	Incompatible (<i>ii</i> =1)	Incompatible (<i>ii</i> =1)	Possible (<i>ii</i> =3)		Pas de données (<i>ii</i> =4)	Pas de données (<i>ii</i> =4)	Incompatible (<i>ii</i> =1)	Incompatible (<i>ii</i> =1)	Pas de données (<i>ii</i> =4)	Pas de données (<i>ii</i> =4)
Diagnostic différentiel	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Sans objet (pas de troubles)	Sans objet (pas de troubles)	Autres causes non étudiées		Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause
Bibliographie	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Peu documenté		Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté
Imputabilité	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	11 non exclue/douteuse	Indéterminable	Indéterminable		10 exclue	10 exclue	Indéterminable	10 exclue
Incertitude	1	2	1	1	1	1	3	4	4	4	1	1	4	2

*Niveaux d'exposition habituellement rencontrés dans des environnements similaires

** Niveaux d'exposition remarquables par rapport à ceux rencontrés dans des environnements similaires

6.4.2.3 Infrasons et basses fréquences sonores

Chez M. et Mme Potiron :

- **En bâtiment**, les niveaux d'exposition sont habituels, avec une part attribuable aux éoliennes minoritaire, ce qui conduit à une imputabilité exclue (I0) des troubles aux infrasons générés par les éoliennes avec un niveau d'incertitude moyen ($ii=2$) du fait des limites métrologiques ;
- **En pâture**, au pied des éoliennes, où se trouvent des bœufs, génisses et VA, les niveaux d'exposition sont remarquables, avec une part attribuable aux éoliennes majoritaire. L'incertitude est faible ($ii=1$).

Autour des bâtiments, où pâturent les VL, les niveaux d'exposition sont remarquables, avec une part attribuable aux éoliennes équivalente aux autres sources.

Pour les mammites, baisse de production de lait, troubles de la reproduction et mortalités, l'imputabilité est I0 est exclue du fait d'une chronologie incompatible de ces troubles avec la construction et la mise en service des éoliennes.

Pour les retards de croissance, les troubles du comportement et les boiteries, l'imputabilité n'a pas pu être déterminée ($ii=4$) par manque de données sur la chronologie de ces troubles (Tableau 37).

Tableau 37 Imputabilité aux infrasons et BF sonores des troubles dans l'élevage de M. et Mme Potiron

	Mammites et qualité du lait		Baisse de production de lait		Troubles de la reproduction (VL)		Troubles du comportement		Retards de croissance		Mortalités		Boïteries	
	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures:	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures
Niveau d'exposition	Habituels* (ii=2)	Remarquables** autour des bâtiments (ii=3)	Habituels (ii=2)	Remarquables autour des bâtiments (ii=3)	Habituels (ii=2)	Remarquables autour des bâtiments (ii=3)	Habituels (ii=2)	Pas de données	Habituels (ii=2)	Remarquables à proximité des éoliennes (ii=1)	Habituels (ii=2)	Remarquables à proximité des éoliennes (ii=1) et autour des bâtiments (ii=3)	Habituels (ii=2)	Remarquables autour des bâtiments (ii=3)
Part attribuable aux éoliennes	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Equivalente autour des bâtiments (ii=3)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Equivalente autour des bâtiments (ii=3)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Equivalente autour des bâtiments (ii=3)	Négligeable / minoritaire (ii=2)		Négligeable / minoritaire (ii=2)	Majoritaire au pied des éoliennes (ii=1) (bœufs - génisses au pied des éoliennes)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Majoritaire au pied des éoliennes (ii=1) Equivalente autour des bâtiments (ii=3)	Négligeable / minoritaire (ii=2)	Equivalente autour des bâtiments (ii=3)
Chronologie	Incompatible (ii=2)	Incompatible (ii=2)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Possible (ii=3)		Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)
Diagnostic différentiel	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Sans objet (pas de troubles)	Sans objet (pas de troubles)	Autres causes non étudiées		Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause
Bibliographie	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté		Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté
Score d'imputabilité	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	Indéterminable	I0 exclue	Indéterminable	I0 exclue	I0 exclue	I0 exclue	Indéterminable
Incertitude	2	2	1	1	1	1	2	4	2	4	1	1	2	4

*Niveaux d'exposition habituellement rencontrés dans des environnements similaires

** Niveaux d'exposition remarquables par rapport à ceux rencontrés dans des environnements similaires

6.4.2.4 Vibrations du sol

En bâtiment comme en pâture, les niveaux de vibrations du sol sont très faibles et habituels. Au vu des données disponibles (cf. § 6.1.1.4 et 6.2.1.4), la part attribuable aux éoliennes est minoritaire, en bâtiments comme en pâture.

Chez M. et Mme Potiron, en bâtiment comme en pâture, l'imputabilité aux vibrations du sol générées par les éoliennes des différents troubles chez les bovins est exclue (10). L'incertitude liée à ce score d'imputabilité est faible ($ii = 1$) (Tableau 38).

Tableau 38 Imputabilité aux vibrations du sol des troubles dans l'élevage de M. et Mme Potiron

	Mammites		Baisse de production de lait		Troubles de la reproduction (VL)		Comportement		Retards de croissance		Mortalités		Boiteries	
	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures:	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures	Bâtiment	Pâtures
Niveau d'exposition	Habituels* (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Pas de données	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)	Habituels (ii=1)
Part attribuable aux éoliennes	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)		Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)	Négligeable / minoritaire (ii=1)
Chronologie	Incompatible (ii=2)	Incompatible (ii=2)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Possible		Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)	Incompatible (ii=1)	Incompatible (ii=1)	Pas de données (ii=4)	Pas de données (ii=4)
Diagnostic différentiel	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Autres causes non étudiées	Sans objet (pas de troubles)	Sans objet (pas de troubles)	Autres causes non étudiées		Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause	Confirmation d'une autre cause
Bibliographie	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté		Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté	Non documenté
Score d'imputabilité	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	Indéterminable	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue	10 exclue
Incertitude	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1

*Niveaux d'exposition habituellement rencontrés dans des environnements similaires

6.4.3 Discussions

A partir des documents mis à sa disposition, le GT a répertorié les différents troubles rapportés et/ou objectivés dans les deux élevages, ainsi que les mesures d'agents physiques exploitables. En dépit de leur qualité souvent inégale, plusieurs documents ont permis aux experts de disposer de données utiles et nécessaires pour :

- poser les bases de ces troubles ;
- connaître éventuellement l'historique, la chronologie et le développement au cours du temps ;
- déterminer si d'éventuelles investigations pour en connaître la cause avaient été conduites et quelles en avaient été les résultats ;
- connaître les conclusions et/ou mesures correctives qui avaient pu être apportées à ces troubles.

Ces documents ont également permis de disposer de mesures pour évaluer le niveau d'exposition aux agents physiques considérés (CEM, courants parasites, infrasons, vibrations) et la part attribuable aux éoliennes. Des simulations réalisées par le GT ont permis de préciser cette part attribuable. Les experts se sont également appuyés sur les différents témoignages et éléments rapportés par les éleveurs, repris textuellement dans certains rapports, sur des enregistrements vidéo fournis par Mme Bouvet, sur des auditions des éleveurs, ainsi que sur celles conduites auprès de différents intervenants, notamment ABO Wind et Enedis.

Toutefois, pour certains rapports de mesures d'agents physiques, seule une partie de ces mesures a pu être retenue une fois considérée fiable. Par ailleurs, plusieurs rapports n'ont pas pu être retenus, notamment deux rapports d'analyse statistique sur la production de lait, D37-Filière Blanche 2016 et D47-Filière Blanche 2017. Ces rapports, dans la mesure où ils ont suscité des interrogations du GT sur leurs approches et interprétations statistiques, ont fait l'objet d'une analyse critique par l'unité d'appui méthodologique de l'Anses, détaillée en Annexe 5, qui a conduit aux conclusions suivantes :

- L'étude relative à la « relation entre la production électrique du parc éolien et les performances d'élevage » (D37-Filière Blanche 2016) est une étude basée sur des données disponibles limitées liées au caractère rétrospectif de l'étude (donc indépendant de l'auteur de l'étude), sans données sur les passages au robot et concluant sur des effets faibles dans des conditions spécifiques (deux mois) dont le choix n'est pas clairement justifié. Ce rapport aurait pu être conservé sous réserve que les courriers D61 et D62-Filière Blanche 2015 aient effectivement montré une influence des éoliennes, ce qui n'est pas le cas.
- L'étude relative à l'évolution des performances d'élevage – période 28 février / 8 mars 2017 (D47-Filière Blanche 2017) est une étude aux méthodes et conclusions inexactes (choix des périodes, erreurs, biais dans les données, test statistique inapproprié). Par conséquent, ce rapport ne peut pas non plus être retenu par le GT pour évaluer l'imputabilité au parc éolien des Quatre Seigneurs de troubles chez les bovins dans les élevages de Mme Bouvet et de M. et Mme Potiron.

Les rapports des géobiologues D5-Tellus 2013, D25-Leroy, Dugast, Demée 2015 et D58- Leroy, Dugast, Demée 2019, n'ont pas pu être retenus après analyse par le GT. Le rapport D5 présente des photos de « dispositifs correcteurs » non identifiés, sans texte, ni explication. Les deux autres rapports des géobiologues s'appuient sur leur ressenti, qu'ils ont eu du mal à expliciter lors de leur audition. Or un ressenti est difficilement contestable et objectivable, car il ne résulte pas d'une démarche scientifique. Les objectifs et méthodes/protocoles ne sont pas présentés dans les rapports. De plus, on y observe une confusion entre les mesures de flux magnétique et de courant induits, ainsi qu'un manque de maîtrise des notions électromagnétiques élémentaires par leurs auteurs. La qualité limitée des instruments de mesures conduit à obtenir des mesures assorties d'une forte incertitude. En reprenant les calculs sur les chutes de tension dans la câblette, pour lesquelles les géobiologues parlent toujours de résistance, le GT a décelé des erreurs manifestes.

Les simulations du GT intègrent les comportements inductifs et résistifs de la câblette, alors que les géobiologues s'appuient sur un modèle plus simple. Compte tenu de ces limites méthodologiques majeures, les rapports n'ont pas été retenus par le GT. Sur la base des informations disponibles, le massif sur lequel repose le parc éolien des Quatre Seigneurs présente des caractéristiques physiques homogènes. La circulation d'eau est donc assez faible dans la roche elle-même (cf. § 3.3.3), contrairement à des visions présentées dans certains rapports, évoquant des « failles d'eau » : il s'agit plus d'une circulation d'eau particulière, i.e. d'une percolation, que d'une circulation dans « des rivières souterraines » ou des « failles ». Seule une étude géologique et hydrogéologique aurait néanmoins permis de caractériser précisément le sous-sol des élevages.

A partir des données retenues, il ressort donc que certains troubles sont communs aux deux élevages, tout en présentant des spécificités propres à chacun, alors que d'autres ne se manifestent que dans l'une ou l'autre des deux exploitations. Il convient d'ailleurs de considérer sur ce point que chacun des élevages présente ses propres particularités, qui relèvent d'une manière générale de la typologie et de la structure de chacun et, d'une manière plus particulière, de la conduite du troupeau, sa gestion et les pratiques individuelles mises en œuvre par les éleveurs. Si un certain nombre de données sanitaires sont accessibles pour l'élevage de Mme Bouvet, les données sanitaires objectives et leur historique sont lacunaires chez M. et Mme Potiron, qui ont moins recours à l'assistance de leur vétérinaire traitant et interviennent davantage d'eux-mêmes sur leurs animaux.

Pour chaque élevage, l'ensemble des troubles évoqués a donc été repris, détaillé et analysé à partir de données disparates et d'une fiabilité variable. Pour certains troubles, les mêmes données étaient parfois disponibles dans différents documents, ce qui a permis au GT de les croiser et de les vérifier, afin de ne conserver que celles qui s'avéraient fiables et objectives. Ainsi, le GT a pu caractériser deux grandes catégories de troubles : les troubles rapportés d'une part et, d'autre part, les troubles objectivés et/ou confirmés, tout en rappelant que le degré d'objectivation peut être variable selon les cas.

Tous les troubles rapportés et/ou objectivés, qui ont été inventoriés dans le chapitre 4, peuvent être provoqués par de nombreuses causes. Ils ne sont d'ailleurs spécifiques ni de ces deux élevages, ni d'éventuels effets liés à des phénomènes électriques, électromagnétiques, infrasonores ou vibratoires, pour ce que la science actuelle est capable d'expliquer. L'origine de ces troubles requiert une démarche diagnostique claire et rigoureuse dans une approche globale (sanitaire, zootechnique, agents physiques), objective et sans a priori, qui fait défaut dans les deux élevages, d'où le manque de données pour étayer le déterminant « autres causes possibles ». A ce titre, le GT a relevé plusieurs investigations manquantes dans les deux élevages, avec principalement :

- Une approche alimentaire et métabolique pour vérifier l'équilibre de la ration alimentaire (qualités et valeurs nutritionnelles des aliments), une approche qualitative des rations alimentaires disponibles et ingérées par les animaux (profils métaboliques par exemple), pendant la phase de production laitière mais aussi celle de tarissement (ou de pré-vêlage pour les primipares) ;
- Une recherche approfondie et répétée de causes infectieuses a également fait défaut au GT pour se prononcer sur les autres causes possibles.

Ces investigations auraient pourtant été requises en présence des troubles rapportés dans les deux élevages. Le constat d'un sureffectif dans les deux élevages (également pour les veaux/jeunes chez Mme Bouvet) n'a pas été suivi d'une évolution des effectifs. Chez M. et Mme Potiron, un audit du robot de traite aurait contribué à explorer la question des chutes de gobelets trayeurs. De plus, certains rapports relèvent des anomalies, par exemple, un bâtiment des VL inadapté à l'effectif, des problèmes d'abreuvement chez M. et Mme Potiron, sans toutefois aller au-delà de ces constats.

Des anomalies dans les installations électriques des bâtiments d'exploitation ont été relevées, telles que des courants parasites dans les deux bâtiments (VL + bœufs), liés aux installations défectueuses. Ces problèmes ont été mis en évidence lors des premières investigations (2015), sans que la preuve de la mise en œuvre de mesures correctives ne soit apportée, alors que des dysfonctionnements persistent, évocateurs d'anomalies structurelles. Ainsi, M. Potiron a indiqué que les cartes électroniques du robot « cramaient » régulièrement sans explication. De plus, deux mois après que le Dekra a conclu à la conformité normative des installations électriques chez M. et Mme Potiron, les appareils utilisés par le Cetim ont fait disjoncter les installations à deux reprises, observation qui conduit le GT à s'interroger sur la persistance de problèmes électriques. Dans cet élevage, il serait pertinent de vérifier si le robot, avec son électronique de puissance, génère aussi des courants parasites susceptibles de faire monter des potentiels par endroits dans l'élevage, de même qu'au niveau des cornadis et tout objet métallique qui pourrait faire capacité parasite avec cette distribution électrique de l'élevage. Il conviendrait de disposer du schéma détaillé des installations électriques pour les vérifier, notamment la mise à la terre à l'entrée de laiterie, sur un câble de cuivre dans une tranchée de 25 mètres de long qui va dans la laiterie, où il est relié dans la laiterie, et un câble de 80 mètres de long qui fait le tour de la plateforme, (où se trouvent les sacs d'ensilage, lequel est décrit comme « *chauffant anormalement* ») pour relier le compteur situé dans l'ancien bâtiment et le robot de traite.

Chez Mme Bouvet, des courants parasites ont été relevés sur le quai de gauche de la salle de traite, que les VL ont tendance à moins fréquenter que le quai de droite selon le rapport D44-8.2 France 2017 et les vidéos de 2016 transmises au GT par Mme Bouvet. Le GT n'a pas d'informations sur la mise en place de mesures correctrices des installations électriques qui auraient fait suite à ce constat en 2017. Pour investiguer cette question, il faudrait également disposer du schéma détaillé des installations électriques, a minima savoir s'il y a une alimentation électrique qui passe à proximité du quai, disposer du schéma de câblage de l'étable et connaître l'installation interne des cornadis, les modalités de fixation des cornadis au sol et savoir si cette fixation permet de maintenir le potentiel du cornadis à une valeur inférieure à 500 mV. A ce titre, la simulation présentée en Annexe 6 montre les modalités d'apparition de tensions parasites sur les éléments métalliques présents dans les étables, avec l'exemple de cornadis et de rampe d'éclairage. En outre, chez Mme Bouvet, l'expérience conduite par le vétérinaire traitant sur deux lots de veaux, placés l'un dans le bâtiment où ils ne croissaient pas, le second de l'autre côté de la route, où la croissance redevenait semble-t-il normale et où la croissance s'est inversée en intervertissant les lots (cf. § 4.1.5), pourrait évoquer l'existence de problèmes électriques dans le bâtiment d'élevage. Cependant, il ne semble pas que cette constatation ait entraîné des investigations électriques en conséquence, non plus que celles d'autres causes envisageables (disponibilité de l'eau et du fourrage, densité et surface disponible, conditions d'ambiance d'élevage, etc.).

Ainsi, dans les deux élevages, il aurait fallu effectuer un « état des lieux » aussi complet que possible dès les premières investigations, état des lieux fondé sur une démarche diagnostique raisonnée, cohérente et objective. Au-delà de la conformité normative des installations électriques, il conviendrait de les revoir en détail et de vérifier le fonctionnement des appareils.

L'analyse des différents documents a en outre suscité plusieurs questionnements :

- L'antériorité plus ou moins évidente de certains troubles (mortalités, baisse de production de lait) est passée sous silence dans certains documents ;
- Les interprétations et propositions sont approximatives/imprécises au départ (Filière blanche, avec une prééminence des déclarations des éleveurs sur l'analyse objective. Les hypothèses causales habituellement à l'origine des troubles ont été pas ou peu inventoriées ni investiguées, la chronologie n'a pas été réellement vérifiée, les analyses statistiques citées ci-dessus ont été portées et mises en avant devant les autorités et reprises sans vérification et sans démarche d'expertise contradictoire ;

- La nécessité de clarifier le rôle et les raisons du recours aux géobiologues. Par exemple, certains s'attachent à régler d'éventuels problèmes électriques (courants de fuite, mauvaise mise à la terre, courants parasites, etc.). Néanmoins, leurs pratiques peuvent être inadaptées, i.e. l'insertion d'un dispositif non identifié à la place de la borne principale de terre dans l'élevage de M. et Mme Potiron (D11-Consutlelc 2015). Leur démarche n'est en outre pas scientifiquement fondée, et difficile à analyser car basée sur un ressenti, subjectif par définition.

7 Incertitudes

Les incertitudes concernant les réponses à la question de la saisine relative à « l'imputabilité au parc éolien des Quatre Seigneurs de troubles dans deux élevages bovins » sont principalement liées à l'ancienneté des faits et des rapports, au caractère morcelé et lacunaire des informations parfois contradictoires, parfois erronées voire peu argumentées. De ce fait, il s'est avéré difficile, dans certains cas, de disposer d'informations fiables et vérifiées, voire vérifiables. Lors de l'estimation des déterminants principaux et l'attribution des scores d'imputabilité, le GT a pris en compte ces incertitudes en précisant leur niveau (sur une échelle de 1 à 4, cf. § 5.2.4) et leur sens (en précisant par exemple si le niveau d'imputabilité proposé était assorti d'une surestimation ou d'une sous-estimation de ce niveau). Il convient de souligner que, pour certains déterminants, les données disponibles ont permis au GT d'attribuer un qualificatif avec un niveau d'incertitude faible, par exemple dans le cas d'une part attribuable aux éoliennes négligeable/minoritaire (CEM et courants parasites en bâtiments, vibrations) ou, pour certains troubles, d'une chronologie incompatible avec la construction et la mise en fonctionnement des éoliennes (mortalité, baisse de production de lait...).

Les incertitudes sont également associées au manque actuel de connaissances scientifiques sur l'existence de troubles chez les animaux d'élevage en lien avec des éoliennes, a fortiori sur les mécanismes physiopathologiques qui pourraient être mis en jeu pour les CEM, les BF sonores et infrasons et les vibrations (cf. § 6.3). Il convient toutefois de souligner que ce manque de connaissance n'a pas eu d'impact sur l'attribution des scores d'imputabilité dans le cas de la saisine. En effet, compte tenu des qualificatifs obtenus pour les autres déterminants de l'arbre décisionnel, le qualificatif du lien bibliographique n'influencerait pas les scores d'imputabilité obtenus, qui ont été I0 (imputabilité exclue) ou I1 (non exclue / douteuse).

8 Conclusions et recommandations du groupe de travail

8.1 Conclusion : réponse à la question de la saisine

Pour répondre à la question de la saisine relative spécifiquement à l'imputabilité au parc éolien des Quatre Seigneurs de troubles dans deux élevages bovins, le GT s'est appuyé sur les documents transmis à l'Agence, ainsi que sur les auditions des principaux acteurs de ce dossier. Les experts soulignent toutefois les difficultés à disposer, pour certains troubles rapportés et agents physiques étudiés, de données fiables, complètes et utilisables pour évaluer cette imputabilité, compte tenu de l'ancienneté du dossier (près de dix ans après les premières investigations) et du caractère morcelé des informations disponibles.

Les auditions des éleveurs concernés ont permis d'apporter un certain nombre d'informations complémentaires utiles au traitement de la saisine, et d'entendre la détresse de ces éleveurs face à cette situation qui dure depuis de nombreuses années.

Sur la base des données disponibles, les experts ont toutefois pu décrire les caractéristiques du parc éolien et identifier les troubles objectivés dans les deux élevages. Certains troubles, peu nombreux, relevant des seules déclarations des éleveurs n'ont pas pu être retenus. Finalement, le GT a retenu (1) pour les agents physiques : les CEM, les courants parasites, les infrasons et les vibrations du sol, et (2) pour les troubles : les mammites et qualité du lait, la baisse de production de lait, les troubles de reproduction, les retards de croissance dans les deux élevages et, chez M. et Mme Potiron, les boiteries et les mortalités. En l'absence de méthode d'imputabilité adaptée au cas des agents physiques générés par les éoliennes, le GT a élaboré une méthode inspirée de la méthode validée qui est utilisée en toxicovigilance. L'application de cette méthode d'imputabilité au cas des deux élevages a fourni les résultats suivants.

8.1.1 Pour l'élevage de Mme Bouvet

L'imputabilité aux CEM générés par les éoliennes sur les troubles objectivés dans cet élevage est exclue (I0)⁴³, en bâtiments comme en pâture, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$)⁴⁴, compte tenu d'un niveau d'exposition estimé habituel et d'une part attribuable aux éoliennes minoritaire. En bâtiment, les CEM proviennent des installations et appareils électriques de l'exploitation.

L'imputabilité aux courants parasites générés par les éoliennes sur les troubles objectivés dans cet élevage est exclue (I0) en pâture, avec un niveau d'incertitude moyen ($ii=2$), compte tenu d'un niveau d'exposition estimé habituel et d'une part attribuable aux éoliennes minoritaire.

En bâtiment, le manque de données chronologiques sur les retards de croissance et les troubles du comportement n'a pas permis de leur attribuer un score d'imputabilité ($ii=4$). Pour les autres troubles (mammites et qualité du lait, baisse de production de lait, troubles de reproduction), l'imputabilité est exclue (I0) du fait d'une chronologie incompatible avec la construction et la mise en service des éoliennes, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$).

L'imputabilité aux infrasons générés par les éoliennes en bâtiment est exclue (I0), les niveaux d'exposition étant habituels et la part attribuable aux éoliennes minoritaire, avec un niveau d'incertitude moyen ($ii=2$) du fait des limites des mesures. En pâture, le manque de données chronologiques sur les troubles du comportement n'a pas permis de leur attribuer un score

⁴³ L'imputabilité peut être I0 = exclue, I1 = non exclue/douteuse, I2 = possible, I3 = probable, I4 = très probable (cf. § 5.2.3)

⁴⁴ L'incertitude peut être 1 = faible, 2 = moyenne, 3 = élevée, 4 = absence de données (Aucune note n'est attribuée du fait de l'absence totale de données et d'avis d'expert)

d'imputabilité ($ii=4$). Pour les autres troubles (mammites et qualité du lait, baisse de production de lait, troubles de reproduction), l'imputabilité est exclue (I0) du fait d'une chronologie incompatible avec la construction et la mise en service des éoliennes, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$).

L'imputabilité aux vibrations générées par les éoliennes est exclue (I0), en bâtiments comme en pâture, compte tenu d'un niveau d'exposition faible et d'une part attribuable aux éoliennes minoritaire, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$).

8.1.2 Pour l'élevage de M. et Mme Potiron

L'imputabilité aux CEM générés par les éoliennes est exclue (I0) en bâtiments et dans les pâtures des vaches laitières à proximité des bâtiments, compte tenu d'un niveau d'exposition habituel et d'une part attribuable aux éoliennes minoritaire, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$). Les CEM en bâtiment proviennent des installations et appareils électriques.

Dans les pâtures au pied des éoliennes (i.e. pour les bœufs, génisses et vaches allaitantes), où la part attribuable aux éoliennes est majoritaire : (a) le manque de données chronologiques pour les retards de croissance et l'absence de données sur les troubles du comportement en pâtures n'ont pas permis d'attribuer un score d'imputabilité ($ii=4$), (b) l'imputabilité a été exclue (I0) pour les mortalités du fait d'une chronologie incompatible, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$).

Concernant l'imputabilité aux courants parasites, l'imputabilité est exclue (I0) en bâtiment et en pâture pour les mammites et la qualité du lait, la baisse de production de lait et les troubles de la reproduction et les mortalités du fait d'une chronologie incompatible, avec un niveau d'incertitude moyen ($ii=2$) pour mammites et qualité du lait et faible ($ii=1$) pour les autres troubles.

L'imputabilité est exclue pour les boiteries en pâture pour les VL autour des bâtiments du fait du niveau d'exposition habituel et de la part attribuable aux éoliennes minoritaire, avec un niveau d'incertitude moyen ($ii=2$).

Pour les troubles du comportement en bâtiment, l'imputabilité est non exclue/douteuse (I1). Le GT a attribué un niveau d'incertitude élevé ($ii=3$) à ce score, en essayant d'évaluer l'impact de cette incertitude, compte tenu des arguments suivants :

- pour l'exposition en bâtiment, la part attribuable aux éoliennes est quasi certainement nulle, donc l'incertitude est très faible sur la part attribuable négligeable aux éoliennes et sur le fait que les courants parasites à l'intérieur des bâtiments proviennent des installations électriques. De ce fait, le score d'imputabilité I1 tend à surestimer le rôle des éoliennes ;
- pour les troubles du comportement, les incertitudes sont importantes car liées aux autres causes non étudiées (entretien robot, météo, mouches, primipares...).

Le manque de données chronologiques pour les boiteries en bâtiment et les retards de croissance ainsi que l'absence de données sur les troubles du comportement en pâtures n'ont pas permis d'attribuer un score d'imputabilité ($ii=4$).

L'imputabilité aux infrasons générés par les éoliennes est exclue (I0) en bâtiments, pour tous les troubles, compte tenu d'un niveau d'exposition habituel et d'une part attribuable aux éoliennes minoritaire, avec un niveau d'incertitude moyen ($ii = 2$) du fait des limites météorologiques.

En pâtures, pour les mammites et la qualité du lait, la baisse de production de lait, les troubles de la reproduction et la mortalités, l'imputabilité est I0 est exclue du fait d'une chronologie incompatible de ces troubles avec la construction et la mise en service des éoliennes ($ii=1$ ou 2). Pour les retards de croissance, les troubles du comportement et les boiteries, l'imputabilité n'a pas pu être déterminée ($ii=4$) par manque de données sur la chronologie de ces troubles.

L'imputabilité aux vibrations générées par les éoliennes est exclue (I0), en bâtiments comme en pâture, compte tenu d'un niveau d'exposition habituel et d'une part attribuable aux éoliennes négligeable/minoritaire, avec un niveau d'incertitude faible ($ii=1$).

Ainsi, dans les deux élevages, l'imputabilité aux agents physiques générés par les éoliennes sur les troubles objectivés est majoritairement exclue. De plus, quel que soit l'agent physique

considéré, la chronologie est incompatible avec les périodes de construction et de mise de service du parc éolien pour les mammites et la qualité du lait, la baisse de production de lait et les troubles de reproduction dans les deux élevages, ainsi que les mortalités chez M. et Mme Potiron.

8.2 Recommandations

Dans la majorité des cas, le GT a exclu l'imputabilité au parc éolien des Quatre Seigneurs des troubles rapportés dans les deux élevages bovins étudiés. Dans les autres cas, l'imputabilité n'a toutefois pas pu être évaluée, du fait de manques en termes de coordination dans les études conduites, de méthodologie utilisée, de suivi des élevages et de traçabilité des données. Au-delà de l'expertise du cas particulier objet de la saisine, les experts ont formulé plusieurs recommandations plus générales en termes de suivi, de méthodologie, de surveillance et de recherche, issues des enseignements tirés de cette expertise.

8.2.1 Recommandations relatives au cas particulier du parc éolien des Quatre Seigneurs et des deux élevages objets de la saisine

Pour les deux élevages étudiés, l'imputabilité n'a pas pu être évaluée dans certains cas faute de données disponibles, en particulier sur la chronologie des troubles et du fait d'études incomplètes, notamment pour les infrasons dans le spectre des éoliennes, et de données lacunaires. Compte tenu de ces limites, le GT préconise, pour les deux élevages et les cas en question, la mise en place d'investigations multidisciplinaires complètes sur le terrain (i.e. compétences vétérinaires, zootechniques, et relatives aux agents physiques), fondées sur des échanges avec les différents interlocuteurs et sur une analyse de la situation, en vue de définir les différentes études et mesures à mettre en œuvre sur le terrain. Globale, indépendante et objective, cette démarche devrait prendre en compte tant les agents physiques que les volets sanitaires et zootechniques, sans a priori sur une cause particulière et disposer des financements suffisants et de toutes les informations nécessaires à sa réalisation.

Afin de compléter les investigations pour mieux comprendre la contribution de l'ensemble des sources possibles (autres que les éoliennes) et aider à résoudre les difficultés rencontrées par ces éleveurs, les experts considèrent qu'il serait pertinent d'envisager les mesures suivantes :

- réaliser des mesures de CEM et de courants parasites dans les deux élevages, dans des conditions variées, y compris sous la ligne HTA et à côté des transformateurs HTA/BT situés à proximité des élevages afin de déterminer précisément leurs sources ;
- rechercher l'origine des courants parasites dans les bâtiments avec une cartographie fine autour des élevages. Ces investigations impliqueraient d'avoir un schéma précis des installations électriques des exploitations. La mise en évidence d'éventuelles anomalies devrait être suivie de mesures correctrices vérifiées et validées ;
- réaliser dans les deux élevages un état des lieux sanitaire et zootechnique fondé sur une démarche diagnostique cohérente et objective, notamment, pour le diagnostic différentiel, en inventoriant et en investiguant les hypothèses causales habituellement à l'origine de ces troubles. Il conviendrait également de contrôler/vérifier la conduite d'élevage et de réaliser, dans les deux élevages, une approche métabolique et une approche alimentaire, de vérifier l'équilibre de la ration alimentaire (qualités et valeurs nutritionnelles des aliments, profils métaboliques par exemple), notamment lors de la phase de tarissement (ou de pré-vêlage pour les primipares), approches logiques lors de dégradation de la production de lait ;
- chez M. et Mme Potiron, réaliser un audit du robot de traite, le cas échéant, corriger les anomalies, voire réaliser une analyse statistique des courbes de chute des gobelets trayeurs et une recherche de corrélation ou non avec certains paramètres : vaches concernées, hygrométrie ambiante, conditions météorologiques, etc. ;
- effectuer un suivi sanitaire rigoureux et continu sur un an ou plus des deux élevages avec les paramètres les plus pertinents, mis en perspective avec les variations météorologiques et les variations de production des éoliennes ;

- comparer l'évolution des paramètres sanitaires et de production des deux élevages avec ceux des autres élevages proches du parc éolien ;
- réaliser des mesures d'infrasons, notamment au pied des éoliennes et à proximité des élevages, en incluant des mesures inférieures à 12,5 Hz et pour tous les niveaux et directions de vent ;
- étudier plus précisément la géologie et l'hydrogéologie locale et mesurer expérimentalement la conductivité du sol.

8.2.2 Recommandations générales

8.2.2.1 Concernant la méthode d'imputabilité

Pour répondre à la question de la saisine, le GT a élaboré, dans un délai très contraint, une méthode d'imputabilité adaptée au cas particulier du parc éolien des Quatre Seigneurs et des deux élevages rapportant des troubles attribués aux éoliennes, en l'absence d'une méthode préexistante appropriée. Par conséquent, son application à d'autres sites où des animaux seraient exposés à des éoliennes pourrait nécessiter d'autres développements.

8.2.2.2 Concernant les élevages de bovins ou d'autres espèces

Une réflexion pourrait être conduite sur les points suivants :

- Pour les installations électriques en élevage, il faudrait élaborer et valider des protocoles rigoureux permettant de les évaluer, au-delà de l'objectif de vérification de la conformité réglementaire, via notamment la recherche des CEM et de courants parasites avec des outils de mesure adaptés et performants. Lorsque des mesures révèlent des anomalie(s), il conviendrait de les analyser, d'en rechercher la(les) cause(s), liées aux installations elles-mêmes et/ou au fonctionnement des appareils de l'exploitation (après leur recensement exhaustif et leur localisation précise). Les anomalies identifiées devraient systématiquement faire l'objet de mesures correctrices (par exemple dans les bâtiments), vérifiées et validées après intervention.
- Concernant les demandes d'évaluation d'un éventuel impact sanitaire d'éoliennes sur des animaux dans les élevages, il conviendrait d'en lister au préalable les critères constituant des prérequis indispensables : respect des bonnes pratiques d'élevage, de la réglementation sanitaire, effectivité d'un suivi vétérinaire de l'élevage, mise en œuvre préalable de démarches diagnostiques rigoureuses par les vétérinaires, audit électrique de l'exploitation et modifications validées si nécessaire ...

En cas de problème décelé par des éleveurs, et, sous réserve de satisfaire aux critères évoqués ci-dessus, une expertise multidisciplinaire globale et concertée telle que décrite au § 8.2.1 devrait être proposée dans le cadre d'un protocole standardisé. Ainsi, des protocoles adaptés et standardisés de mesurage des différents agents physiques générés par les éoliennes pourraient être élaborés et validés, avec des appareils performants, dans et autour des élevages ainsi qu'à proximité et au pied des éoliennes y compris pour des mesures de courants dans les différents types de sol. A ce titre, il serait pertinent de déterminer les conditions de mesure (durée, présentation des résultats, moyennés ou non, conditions environnementales, domaines spectral et temporel pour les infrasons et BF, etc.). Pour une telle évaluation, le découplage des prestations des différents acteurs intervenant localement (éleveurs, fabricant et gérant des éoliennes, distributeur de l'énergie, etc.) permettrait de mieux analyser toutes les sources d'agents physiques en présence.

- Il conviendrait également d'envisager :
 - 1) une étude cas témoins d'élevages voisins, situés à proximité d'un parc éolien (cas = élevages avec troubles vs témoins = élevages sans troubles), et satisfaisant également aux critères identifiés, afin d'évaluer si des éléments objectifs de nature à incriminer les

éoliennes sont significativement plus fréquents dans le cas des élevages avec troubles que dans celui des élevages sans troubles, et

2) une étude longitudinale, avant et après implantation d'éoliennes, avec recueil précis d'informations dans des élevages bovins ou d'autres espèces qui pourraient constituer des élevages sentinelles. Ces élevages feraient l'objet d'un bilan sanitaire, zootechnique (données mensuelles de productivité, contrôle de performance, données du robot...) et d'un audit complet de leurs installations électriques (boucle de fond de fouille, contrôles de toutes les mises à la terre, mesures d'isolation équipotentialité, etc.) avant implantation des éoliennes, puis d'un suivi après cette implantation, avec enregistrement et archivage informatisés des données obtenues. En particulier, le registre d'élevage devrait être convenablement rempli, et les données sanitaires correctement renseignées et enregistrées par les éleveurs et les praticiens vétérinaires, conformément à la réglementation.

- L'ensemble des données recueillies dans les études (cas-témoins ou longitudinales) pourrait être compilé dans une base de données susceptible de constituer un référentiel « pré / post implantation d'éolienne ». Des seuils d'alerte zootechniques et/ou sanitaires pourraient y être associés. Une telle base serait susceptible de devenir un outil de surveillance vis-à-vis de phénomènes émergents potentiellement liés à un/des agents physiques. La réalisation des différentes études pour obtenir ces données devrait répondre à une exigence de qualité, d'impartialité, de neutralité et d'objectivité.

En tout état de cause, le GT souligne l'importance de la mise en place d'un pilotage de ces travaux permettant une approche globale intégrant les différentes causes possibles. En outre, si une approche statistique est envisagée pour certains paramètres, elle devra faire appel aux méthodes adaptées aux objectifs et aux données disponibles.

8.2.2.3 En termes de recherche

Des recherches seraient à conduire sur :

- le développement d'outils de simulation / modélisation de l'exposition des animaux aux agents physiques générés par des parcs éoliens ;
- une recherche de la sensibilité des bovins et autres espèces aux agents physiques générés par les éoliennes, dans des conditions contrôlées, et de leur impact sur leur santé et/ou leur production ;
 - ✓ permettant la déduction d'analyses complémentaires exploitables sur les enquêtes d'impact de parcs éoliens sur les troubles de santé des animaux ;
 - ✓ intégrant les capacités auditives et visuelles des animaux ;
- la validation des protocoles d'évaluation du bien-être animal / de l'apparition de troubles du comportement, avec mise en place de caméras.

8.2.2.4 En termes de surveillance

Un système de déclaration centralisée d'effets indésirables pourrait être développé, à l'échelle nationale (ou européenne), avec mise en place par exemple d'une plateforme de remontées des cas, à l'instar de la pharmacovigilance vétérinaire, permettant de formaliser les informations et de traiter les données enregistrées. Ce système pourrait permettre de mieux documenter l'évaluation de l'imputabilité, et possiblement contribuer à faire émerger des troubles ou des paramètres à rechercher systématiquement.

Date de validation du rapport d'expertise collective par le groupe de travail et par le comité d'experts spécialisé Santé et Bien-être des Animaux : 06 07 2021

9 Bibliographie

9.1 Publications

- Agha, Mickey., Amanda. L. Smith, Jeffrey. E. Lovich, David. Delaney, Joshua. R. Ennen, Jessica. Briggs, Leo. J. Fleckenstein, Laura. A. Tennant, Shellie. R. Puffer, Andrew. Walde, Terence. R. Arundel, Steven. J. Price et Brian. D. Todd. 2017. "Mammalian mesocarnivore visitation at tortoise burrows in a wind farm." *The Journal of Wildlife Management* 81 (6): 1117-1124. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jwmq.21262>.
- Agnew, R. C., V. J. Smith et R. C. Fowkes. 2016. "Wind turbines cause chronic stress in badgers (*Meles meles*) in Great Britain." *J Wildl Dis* 52 (3): 459-67. <https://doi.org/10.7589/2015-09-231>.
- Aneshansley, D. J., R. C. Gorewit et L. R. Price. 1992. "Cow Sensitivity to Electricity During Milking." *Journal of Dairy Science* 75 (10): 2733-2741. [https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)78036-9](https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78036-9).
- Anses. 2010. *État des lieux des pratiques et recommandations relatives à la qualité sanitaire de l'eau d'abreuvement des animaux d'élevage (saisine 2008-SA-0162)* Maisons-Alfort: Anses. 121 p.
- Anses. 2011. "Avis relatif à la construction d'une méthode d'imputabilité des signalements d'effets indésirables de nutrivigilance."
- Anses. 2015. *Rapport d'étude de l'Anses relatif à une demande d'approfondissement de l'expertise scientifique relative aux conséquences des champs électromagnétiques d'extrêmement basses fréquences sur la santé animale et les performances zootechniques (saisine 2013-SA-0037)*. Maisons-Alfort : Anses, 153 p.
- Anses. 2017. *Rapport d'étude de l'Anses relatif à l'évaluation des effets sanitaires des basses fréquences sonores et infrasons dus aux parcs éoliens (saisine 2013-SA-0115)*. Maisons-Alfort: Anses. 283 p.
- Anses. 2019a. "Avis révisé relatif à l'actualisation de la méthode d'imputabilité des signalements d'effets indésirables de nutrivigilance."
- Anses. 2019b. *Effets sanitaires liés à l'exposition aux champs électromagnétiques basses fréquences (saisine 2013-SA-0038)*. Maisons-Alfort: Anses. 276 p.
- Astier, J.-L. 1971. *Géophysique appliquée à l'hydrogéologie*. Paris: Masson.
- Burchard, J.F., D.H. Nguyen et H.G. Monardes. 2007. "Exposure of pregnant dairy heifer to magnetic fields at 60 Hz and 30 μ T." *Bioelectromagnetics* 28 (6): 471-476. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/bem.20325>.
- Caprio, M., B. Tarigan, C. Worden, S. Wiemer et D. Wald. 2015. "Ground Motion to Intensity Conversion Equations (GMICEs): A Global Relationship and Evaluation of Regional Dependency." *Bulletin of the Seismological Society of America* 105: 1476-1490.
- Coppes, Joy., Veronika. Braunisch, Kurt. Bollmann, Ilse. Storch, Pierre. Mollet, Veronika. Grünschachner-Berger, Julia. Taubmann, Rudi. Suchant et Ursula. Nopp-Mayr. 2020. "The impact of wind energy facilities on grouse: a systematic review." *Journal of Ornithology* 161 (1): 1-15. <https://doi.org/10.1007/s10336-019-01696-1>.
- Coppes, Joy., Jim-Lino. Kämmerle, Veronika. Grünschachner-Berger, Veronika. Braunisch, Kurt. Bollmann, Pierre. Mollet, Rudi. Suchant et Ursula. Nopp-Mayr. 2020. "Consistent effects of wind turbines on habitat selection of capercaillie across Europe." *Biological Conservation* 244: 108529. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108529>.
- Costa Pereira e Curto, T.M. 2012. "Acquired flexural deformation of the distal interphalangeal joint in foals." Faculty of Veterinary Medicine.
- Erdreich, L. S., D. D. Alexander, M. E. Wagner et D. Reinemann. 2009. "Meta-analysis of stray voltage on dairy cattle." *J Dairy Sci* 92 (12): 5951-63. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1979>.
- Evans, A. S. 1978. "Causation and disease: a chronological journey. The Thomas Parran Lecture." *Am J Epidemiol* 108 (4): 249-58. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a112617>.
- Fagot-Largeault, A. 2010. "Variation sur les notions de causalité et d'imputabilité." Dans *Médecine et philosophie*, édité par Presses Universitaires de France, 63-83.

- Gorewit, R. C., D. J. Aneshansley, D. C. Ludington, R. A. Pellerin et Xin Zhao. 1989. "AC Voltages on Water Bowls: Effects on Lactating Holsteins." *Journal of Dairy Science* 72 (8): 2184-2192. [https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79344-9](https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79344-9).
- Gorewit, R. C., N. R. Scott et C. S. Czarniecki. 1985. "Responses of Dairy Cows to Alternating Electrical Current Administered Semirandomly in a Nonavoidance Environment." *Journal of Dairy Science* 68 (3): 718-725. [https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)80878-X](https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)80878-X).
- Hässig, Michael., Marietta. Wullschleger, Hanspeter. Naegeli, Jaqueline. Kupper, Bernhard. Spiess, Niels. Kuster, Myles. Capstick et Manuel. Murbach. 2014. "Influence of non ionizing radiation of base stations on the activity of redox proteins in bovines." *BMC Veterinary Research* 10 (1): 136. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-10-136>.
- Heffner, Henry E. 1998. "Auditory awareness." *Applied Animal Behaviour Science* 57 (3): 259-268. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(98\)00101-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1591(98)00101-4).
- Heffner, Rickye. et Henry. Heffner. 1983. "Hearing in large mammals: Horses (*Equus caballus*) and cattle (*Bos taurus*)." *Behavioral Neuroscience* 97: 299-309. <https://doi.org/10.1037/0735-7044.97.2.299>.
- Helldin, J.O., J. Jung, W. Neumann, M. Olsson, A. Skarin et F. Widemo. 2012. *The impacts of wind power on terrestrial mammals_A synthesis*.
- Hill, A. B. 1965. "The environment and disease: association or causation?" *Proceedings of the Royal Society of Medicine* 58 (5): 295-300.
- Hilz, F. M., P. Ahrens, S. Grad, M. J. Stoddart, C. Dahmani, F. L. Wilken, M. Sauerschnig, P. Niemeyer, J. Zwingmann, R. Burgkart, R. von Eisenhart-Rothe, N. P. Südkamp, T. Weyh, A. B. Imhoff, M. Alini et G. M. Salzmann. 2014. "Influence of extremely low frequency, low energy electromagnetic fields and combined mechanical stimulation on chondrocytes in 3-D constructs for cartilage tissue engineering." *Bioelectromagnetics* 35 (2): 116-28. <https://doi.org/10.1002/bem.21822>.
- Karwowska, Małgorzata., Jan. Mikołajczak, Zbigniew. Józef. Dolatowski et Sylwester. Borowski. 2015. "The Effect of Varying Distances from the Wind Turbine on Meat Quality of Growing-Finishing Pigs." *Annals of Animal Science* 15 (4): 1043-1054. <https://doi.org/doi:10.1515/aoas-2015-0051>.
- Klich, Daniel., Rafał. Łopucki, Agnieszka. Ścibior, Dorota. Gołębiowska et Marlena. Wojciechowska. 2020. "Roe deer stress response to a wind farms: Methodological and practical implications." *Ecological Indicators* 117: 106658. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106658>.
- Lombaert, G. et G. Degrande. 2003. "The experimental validation of a numerical model for the prediction of the vibrations in the free field produced by road traffic." *Journal of Sound and Vibration* 262: 309-331.
- Łopucki, Rafał., Daniel. Klich, Agnieszka. Ścibior, Dorota. Gołębiowska et Kajetan. Perzanowski. 2018. "Living in habitats affected by wind turbines may result in an increase in corticosterone levels in ground dwelling animals." *Ecological Indicators* 84: 165-171. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.052>.
- Łopucki, Rafał. et Kajetan. Perzanowski. 2018. "Effects of wind turbines on spatial distribution of the European hamster." *Ecological Indicators* 84: 433-436. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.09.019>.
- Lousinha, A., G. Pereira, G. Borrecho, J. Brito, A. Oliveira de Carvalho, D. Freitas, P. Oliveira, R. Oliveira MJ et E. Antunes. 2020. "Atrial fibrosis and decreased connexin 43 in rat hearts after exposure to high-intensity infrasound." *Exp Mol Pathol* 114: 104409. <https://doi.org/10.1016/j.yexmp.2020.104409>.
- LUBW. 2016. "Low-frequency noise incl. infrasound from wind turbines and other sources."
- McCallum, L. C., M. L. Whitfield Aslund, L. D. Knopper, G. M. Ferguson et C. A. Ollson. 2014. "Measuring electromagnetic fields (EMF) around wind turbines in Canada: is there a human health concern?" *Environ Health* 13 (1): 9. <https://doi.org/10.1186/1476-069x-13-9>.
- McNew, L. B., L. M. Hunt, A. J. Gregory, S. M. Wisely et B. K. Sandercock. 2014. "Effects of wind energy development on nesting ecology of greater prairie-chickens in fragmented grasslands." *Conserv Biol* 28 (4): 1089-99. <https://doi.org/10.1111/cobi.12258>.
- MG_Acoustics. 2012. *Summary of wind turbine noise propagation below 100Hz*.
- Mikołajczak, J., S. Borowski, J. Marć-Pieńkowska, G. Odrowaz-Sypniewska, Z. Bernacki, J. Siódmiak et P. Szterk. 2013. "Preliminary studies on the reaction of growing geese (*Anser anser* f. domestica) to the proximity of wind turbines." *Pol J Vet Sci* 16 (4): 679-86. <https://doi.org/10.2478/pjvs-2013-0096>.

- Miremont-Salamé, G., H. Théophile, F. Haramburu et B. Bégaud. 2016. "Imputabilité en pharmacovigilance : de la méthode française originelle aux méthodes réactualisées." *Thérapie* 71 (2): 171-178.
- Parent, J-P. 2007. *L'effet des éoliennes sur le bétail et les autres animaux*.
- Rabin, Lawrence A., Richard G. Coss et Donald H. Owings. 2006. "The effects of wind turbines on antipredator behavior in California ground squirrels (*Spermophilus beecheyi*)." *Biological Conservation* 131 (3): 410-420. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.02.016>.
- Reinemann, D.J. 2012. "Stray voltage and milk quality: a review." *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 28 (2): 321-45. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2012.03.008>.
- Reinemann, J.D., C.M. Wiltbank, D.M. Rasmussen, G.L. Sheffield et D.S. LeMire. 2003. "Comparison of behavioral to physiological response of cows exposed to electric shock." *Transactions of the ASAE* 46 (2): 507. <https://doi.org/https://doi.org/10.13031/2013.12939>.
- Rigalma, K., C. Duvaux-Ponter, A. Barrier, C. Charles, A. A. Ponter, F. Deschamps et S. Roussel. 2010. "Medium-term effects of repeated exposure to stray voltage on activity, stress physiology, and milk production and composition in dairy cows." *J Dairy Sci* 93 (8): 3542-52. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2903>.
- Rigalma, K., F. Gallouin et S. Roussel. 2009. "Stray voltage in farm animals." *INRA Prod Anim* 22 (4): 291-302.
- Rigalma, K., S. Roussel, F. Deschamps et C. Duvaux-Ponter. 2010. "Consequences of low electrical currents on the welfare of dairy cattle. Emphasis on individual variability." *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France* 163: 251-256.
- Rodriguez, M., D. Petitclerc, J. F. Burchard, D. H. Nguyen et E. Block. 2004. "Blood melatonin and prolactin concentrations in dairy cows exposed to 60 Hz electric and magnetic fields during 8 h photoperiods." *Bioelectromagnetics* 25 (7): 508-15. <https://doi.org/10.1002/bem.20024>.
- Saccorotti, Gilberto., Davide. Piccinini, Léna. Cauchie et Fiori. Irene. 2011. "Seismic Noise by Wind Farms: A Case Study from the Virgo Gravitational Wave Observatory, Italy. ." *Bulletin of the Seismological Society of America*. 101:568-578. doi: 10.1785/0120100203.
- Schuster, Eva., Lea. Bulling et Johann. Köppel. 2015. "Consolidating the State of Knowledge: A Synoptical Review of Wind Energy's Wildlife Effects." *Environmental Management* 56 (2): 300-331. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0501-5>.
- Sinno-Tellier, S., J. Bloch, M. Labadie et J. Manel. 2019. "La toxicovigilance : qu'est-ce que c'est et à quoi ça sert. Références en santé au travail." *Pratiques et métiers. INRS* (160): 117-131.
- Skarin, Anna. et Moudud. Alam. 2017. "Reindeer habitat use in relation to two small wind farms, during preconstruction, construction, and operation." *Ecology and evolution* 7 (11): 3870-3882. <https://doi.org/10.1002/ece3.2941>.
- Skarin, Anna., Christian. Nellemann, Lars. Rønnegård, Per. Sandström et Henrik. Lundqvist. 2015. "Wind farm construction impacts reindeer migration and movement corridors." *Landscape Ecology* 30 (8): 1527-1540. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0210-8>.
- Skarin, Anna., Per. Sandström et Moudud. Alam. 2018. "Out of sight of wind turbines—Reindeer response to wind farms in operation." *Ecology and Evolution* 8 (19): 9906-9919. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ece3.4476>.
- Tabassum, A., M. Premalatha, T. Abbasi et S. A. Abbasi. 2014. "Wind energy: Increasing deployment, rising environmental concerns." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 31: 270-288. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.11.019>.
- Tian, Yuan. et Benjamin. Cotté. 2015. "Modelling of ground and atmospheric effects on wind turbine noise." 6th International Meeting on Wind Turbine Noise, Glasgow, United Kingdom, 2015-04-20.
- Veissier, I., R. Botreau et P. Perny. 2010. "Évaluation multicritère appliquée au bien-être des animaux en ferme ou à l'abattoir : difficultés et solutions du projet Welfare Quality®." *Inra Prod. Anim* (23): 269-284.
- Walter, W. David., David M. Leslie et Jonathan A. Jenks. 2006. "Response of Rocky Mountain Elk (*Cervus elaphus*) to Wind-Power Development." *The American Midland Naturalist* 156 (2): 363-375.
- Wang, H. et X. Zhang. 2017. "Magnetic Fields and Reactive Oxygen Species." *Int J Mol Sci* 18 (10). <https://doi.org/10.3390/ijms18102175>.

Zajamšek, Branko., Kristy L. Hansen, Con J. Doolan et Colin H. Hansen. 2016. "Characterisation of wind farm infrasound and low-frequency noise." *Journal of Sound and Vibration* 370: 176-190. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsv.2016.02.001>.

9.2 Normes

NF X 50-110 (mai 2003) Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise. AFNOR (indice de classement X 50-110).

ANNEXES

Annexe 1 Lettre de saisine

2 0 1 9 - S A - 0 0 9 6

MINISTÈRE DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

Direction générale de la Prévention
des risques

MINISTÈRE DE
L'AGRICULTURE ET DE
L'ALIMENTATION

Direction générale de
l'Alimentation

Paris, le 03 MAI 2019

Le Directeur général
de la prévention des risques

Le Directeur général de l'alimentation

à

Monsieur le Directeur général
de l'Agence nationale de sécurité sanitaire
de l'alimentation, de l'environnement et
du travail
14 rue Pierre et Marie Curie
94701 Maisons-Alfort

Objet : saisine relative à l'imputabilité à la présence de champs d'éoliennes de troubles déclarés sur des élevages de ruminants

Des troubles du cheptel bovin de deux fermes (fermes du Lody et de Bouvet) ont été rapportés comme concomitant à la construction en 2012 d'un parc éolien appelé le « parc des 4 seigneurs », situé sur les communes d'Abbaretz, Nozay, Puceul et Saffré, en Loire Atlantique. Ils sont décrits par : des troubles du comportement des animaux, une diminution de la qualité et de la quantité de lait, des cas de mammites, un problème de vêlage (mort de veau ante partum ou in utero) et/ou des pertes de bétail.

Le parc éolien désigné comme étant à l'origine de ces troubles est situé, respectivement, à 800 mètres et 1 300 mètres de deux exploitations bovines.

Plusieurs expertises ont été réalisées, en lien notamment avec la mise en place d'un groupe permanent de sécurité électrique en milieu agricole (GPSE) en 2015.

Les expertises ont traité des volets zootechniques, vétérinaires et électriques sur les deux élevages. Toutes ont été réalisées par des experts ou des sociétés indépendantes, choisies par le GPSE. Ces expertises ont rendu les conclusions suivantes :

- Les audits vétérinaire et zootechnique ont montré que les troubles (infections mammaires, baisse de production et troubles du comportement) sont avérés, sans parvenir à en identifier la ou les causes. Les autopsies réalisées sur certains bovins n'ont pas permis de faire ressortir de pathologie spécifique.
- Les audits électriques concluent qu'aucune des mesures n'a mis en évidence de tension anormale susceptible de modifier le comportement des animaux. Au niveau de

l'élevage, il a cependant été mis en évidence des tensions peu élevées mais inhabituelles, sous fréquences supérieures à 50 Hz, persistant après la coupure totale de l'alimentation électrique.

Des investigations complémentaires ont été engagées : des mesures d'infrasons menées par le CEREMA, une évaluation du contexte géologique au droit du parc et des élevages agricoles par le BRGM et des analyses détaillées de la qualité des eaux de forage afin de rechercher de traceurs chimiques et biochimiques du sol sans que de facteurs explicatifs des troubles aient pu être mis en évidence.

Une étude comportementale et d'analyses bactériologiques sur les cheptels impactés, va être confiée à l'école vétérinaire ONIRIS de Nantes en vue de compléter les audits vétérinaires déjà effectués.

Par ailleurs, un autre élevage de vaches laitières en Loire-Atlantique connaît depuis un peu plus d'un an une détérioration de la qualité de son lait que l'exploitant attribue à la mise en service d'un autre parc éolien (parc de Conquereuil) situé à environ 1,5 km de son élevage. Aucune étude n'a été diligentée à ce stade sur cet élevage.

Alors qu'une suspicion sur les impacts des parcs éoliens sur la santé animale gagne du terrain, il paraît important d'analyser l'imputabilité des effets signalés aux causes auxquelles elles sont attribuées par leurs déclarants. [En s'inspirant sur les méthodes mises en œuvre pour l'analyse des signaux transmis aux dispositifs de vigilance,] vous vous appuyerez sur les expertises réalisées, les études disponibles et sur les publications pertinentes.

En conséquence, nous sollicitons votre agence afin qu'elle :

- a. puisse échanger dans un premier temps, avec les experts d'ONIRIS pour l'élaboration du protocole d'étude que cet établissement va mettre en œuvre, en vue de documenter les cas avec l'ensemble des informations qui seront susceptibles d'alimenter le travail d'expertise que l'Agence réalisera ;
- b. Procède à la recherche documentaire et au dépouillement des éléments disponibles en vue d'établir le score bibliographique de l'étude d'imputabilité ;
- c. Procède, dans un troisième temps, sur la base des résultats de l'étude conduite par l'ONIRIS, et des résultats des études précédentes, à l'analyse de l'imputabilité en procédant à l'évaluation des différentes composantes nécessaires à celle-ci pour les fermes du Lody et de Bouvet.

A cet effet, vous pourrez vous appuyer sur les directions d'administration centrale concernées : Direction générale de la Prévention des Risques au sein du Ministère de la Transition écologique et solidaire et la Direction générale de l'Alimentation au sein du Ministère de l'Agriculture.

Pour la bonne réalisation de cette expertise, il sera mis à votre disposition les études et analyses réalisées en lien avec l'exploitation du parc éolien des 4 Seigneurs.

Je vous remercie de bien vouloir m'indiquer les éventuelles difficultés que vous pose cette saisine qui intervient dans un contexte de tension au niveau local, sur un sujet politiquement sensible et alors que le besoin d'objectivation est particulièrement prégnant.

Destinataires pour la réponse mail :

Destinataires DGPR : boîte institutionnelle des bureaux métiers
bba.dpcpda.sprngc.dgpr@developpement-durable.gouv.fr,
briec.sdra.srt.dgpr@developpement-durable.gouv.fr,
mbap.nuisances.lumineuses@developpement-durable.gouv.fr

Destinataire DGAL : boîte institutionnelle saisines-anses.dgal@agriculture.gouv.fr

Le Directeur général
de la prévention des risques



Cédric BOURILLET

Le Directeur général
de l'alimentation



Bruno FERREIRA

Annexe 2 Documents transmis à l'Anses relatifs aux deux élevages et au parc éolien des Quatre Seigneurs

N° document	Domaine	Auteur	Année	Document
D1	Administratif, graphique	Dossier création parc éolien	-	Plusieurs documents
D2	Eoliennes	Annexe GPSE	-	Six schémas : branchement initial des mises à la terre (E1 à E4 et PdL) et 5 tests de branchement des écrans des câbles HTA, analysés dans les rapports D30 à D32
D3	Géologie	ALIOS (annexe GPSE)	04/05/2012	Résultats d'analyses
D3bis	Géologie	ALIOS	04/05/2012	Ce rapport reçu tardivement a été analysé et pris en compte dans le rapport, sans fiche de lecture
D4	CEM	Vestas	24/07/2012	Ce rapport « Relevé de mesure du champ magnétique » n'a pas fait l'objet d'une fiche de lecture car il porte sur un autre parc composé de six éoliennes, dont les essais ont été réalisés le 2 juillet 2012, avant le début du chantier du parc éolien des Quatre Seigneurs
D5	Géobiologie	Tellus	30/10/2013	Parc éolien des Quatre Seigneurs Intervention le 30 octobre 2013
D6	Expertise comptable	Aexpertis	04/03/2014	Détermination du préjudice économique. EARL du Lody
D7	CEM	Emitech	08/11/2014	Rapport de mesure sur site. Parc éolien de Nozay
D8	Visite d'élevage	Olitys	17/11/2014	Bilan de visite d'élevage du 6 novembre à l' EARL du Lody
D9	CE	ANFR	12/02/2015	Fiche de mesure
D10	Mesures électriques	Consultelec (annexe GPSE)	11/02/2015	Compte-rendu de mesures électriques- Lieu d'intervention : parc éolien des Quatre Seigneurs
D11	Mesures électriques	Consultelec (annexe GPSE)	10 et 12/02/2015	Compte rendu d'examen d'une installation électrique (visite initiale) Lieu d'intervention : EARL du Lody
D12	Mesures électriques	Consultelec (annexe GPSE)	11/02/2015	Compte rendu d'examen d'une installation électrique (visite initiale) Lieu d'intervention : Mme Bouvet
D13	Audit vétérinaire et zootechnique	Dr Vétérinaire A Laval (annexe GPSE)	26/02/2015	Elevage Bouvet. Visite du 26 février 2015 dans le cadre du protocole GPSE+ séro, bactério lait, 1 autopsie
D14	Audit vétérinaire et zootechnique	Dr Vétérinaire A Laval (annexe GPSE)	26/02/2015	Elevage Potiron – EARL de Lody à Puceul (44390). Visite du 26 février 2015 dans le cadre du protocole GPSE + 3 CR autopsie
D15	Audit laitier	Filière Blanche (annexe GPSE)	27/04/2015	Protocole GPSE. Pré rapport Evolution des performances techniques sur la période 2009-2015 dans l'élevage de Mme Bouvet D15 et D16 ont fait l'objet d'une seule fiche de lecture, D15 étant le pré-rapport, très similaire, de D16
D16	Audit laitier	Filière Blanche (annexe GPSE)	27/04/2015	Protocole GPSE. Rapport Evolution des performances techniques sur la période 2009-2015 dans l'élevage de Mme Bouvet
D17	Audit laitier	Filière Blanche (annexe GPSE)	20/05/2015	Protocole GPSE. Rapport Evolution des performances techniques et zootechniques sur la période 2009-2015 Le Lody (M. Potiron)
D18	Mesures électriques	Consultelec (annexe GPSE)	19/06/2015	Compte rendu de mesures électriques Potiron (avec parc éolien à l'arrêt). Lieu d'intervention : Mme Bouvet
D19	Mesures électriques	Consultelec (annexe GPSE)	19/06/2015	Compte rendu de mesures électriques Potiron (avec parc éolien à l'arrêt). Lieu d'intervention : EARL du Lody
D20	Mesures électriques	Consultelec (annexe GPSE)	27/07/2015	Compte rendu de mesures électriques (avec parc éolien en production)- Lieu d'intervention : Mme Bouvet
D21	Mesures électriques	Consultelec (annexe GPSE)	27-28/07/2015	Compte rendu de mesures électriques (avec parc éolien en production). Lieu d'intervention : EARL du Lody

N° document	Domaine	Auteur	Année	Document
D22	Géologie	BRGM (annexe GPSE)	25/11/2015	Carte + analyse d'eau de puits (pas de fiche de lecture)
D23	Mesures électriques	Consultelec (annexe GPSE)	25-27/11/2015	Compte rendu de mesures électriques (réalisées pendant les coupures pour tests d'isolement des câbles HTA souterrains) Lieu d'intervention : Mme Bouvet
D24	Mesures électriques	Consultelec (annexe GPSE)	25-27/11/2015	Compte rendu de mesures électriques (réalisées pendant les coupures pour tests d'isolement des câbles HTA souterrains) Lieu d'intervention : EARL du Lody
D25	Géobiologie	Leroy - Dugast - Demée (annexe GPSE)	25-27/11/2015	Compte rendu et synthèse des trois jours par les géobiologues (25/26/27 novembre)
D26	Mesures électriques	ERDF (annexe GPSE)	27/11/2015	Rapports diagnostic Tan-Delta, Tan-Delta 0, Tan-Delta 1, Tan-Delta 3, rapports recherches de défauts de câbles ECHO+R et de défauts de câbles
D27	Mesures électriques	Consultelec (annexe GPSE)	22/12/2015	Compte rendu mesures électriques (réalisées pendant les mesures de Haute Fréquence réalisées par AEMC). Lieu d'intervention 1 : EARL du Lody. Lieu d'intervention 2 : Mme Bouvet
D28	Courant HF + CEM	AEMC (annexe GPSE)	22/12/2015	Rapport de mesure de courant HF et de champ électromagnétique
D29	Mesures électriques	Dekra / INEO (annexe GPSE)	25/01/2016-24/03/2016	Un document décrivant les tests de branchement réalisés. Six PV des tests
D30	Vérification installations électriques	Dekra (annexe GPSE)	25/01/2016	Rapport détaillé de vérification périodique Liaison pdl-éolienne 4 après modification câblage. Ferme éolienne de Nozay
D31	Vérification installations électriques	Dekra (annexe GPSE)	03/02/2016	Rapport détaillé de vérification périodique Dans éolienne 2 après modification câblage écran. Parc de Nozay
D32	Vérification installations électriques	Dekra (annexe GPSE)	23/02/2016	Rapport détaillé de vérification périodique. Déconnexion de la liaison équipotentielle. Parc de Nozay
D33	Audit laitier	Filière Blanche (annexe GPSE)	28/02/2016	GPSE. Elevage : EARL du Lody. M. et Mme Potiron. Historique des performances d'élevage. Période janvier 2012 à février 2016
D34	Audit laitier	Filière Blanche (annexe GPSE)	28/02/2016	GPSE. Elevage : EARL du Lody. M. et Mme Potiron. Evolution des performances d'élevage. Période janvier / février 2016
D35	Vérification installations électriques	Dekra (annexe GPSE)	18/03/2016	Rapport détaillé de vérification périodique Dans éolienne 2 et 4 après modification câblage écran. Parc de Nozay
D36	Vérification installations électriques	Dekra (annexe GPSE)	24/03/2016	Rapport détaillé de vérification périodique. Remise en état initiale du parc de Nozay
D37	Audit laitier	Filière Blanche (annexe GPSE)	31/03/2016	GPSE. Elevage : EARL du Lody. M. et Mme Potiron. Analyses statistiques. Relation entre la production électrique du parc éolien et les performances d'élevage
D38	Synthèse Conclusions	GPSE	04/04/2016	Protocole GPSE relatif aux élevages Bouvet et EARL du Lody, Abo Wind et ERDF Rapport
D39	Infrasons	Cerema (annexe GPSE)	29/04/2016	Parc éolien des Quatre Seigneurs (44) Mesure du bruit infrasonore et basses fréquences au niveau de deux élevages de bovins. Campagne de mesure décembre 2015
D40	Audit laitier	Filière Blanche (annexe GPSE)	18/05/2016	GPSE. Elevage : EARL du Lody. M. et Mme Potiron. Evolution des performances d'élevage. Période janvier / mai 2016
D41		Abo Wind (annexe GPSE)	25/05/2016	Réponse Abowind/ A. Laval - rapport GPSE (associée à la lecture du rapport du GPSE)
D42	Synthèse	8.2 France	30/06/2016	Rapport de synthèse des études menées sur le parc éolien des Quatre Seigneurs en vue de répondre à l'arrêté préfectoral de la Préfecture de Loire-Atlantique en date du 28 avril 2016
D43	Synthèse	8.2 France	30/06/2016	Note de synthèse des études menées sur le parc éolien des Quatre Seigneurs en vue de répondre à l'arrêté préfectoral de la Préfecture de Loire-Atlantique en date du 28 avril 2016
D44	Electrique (tension pas, courant fuite)	8.2 France	13/02/2017	Rapport Campagne de mesures de tensions et de courants de fuite sur deux élevages à proximité du parc éolien des Quatre Seigneurs (44)
D45	Vibrations environnement	Sixense environnement	16/03/2017	Mesures vibratoires dans l'environnement du parc éolien de Nozay (44)

N° document	Domaine	Auteur	Année	Document
D46	CEM	8.2 France	17/03/2017	Campagne de mesures de champs électrique et magnétique dans deux élevages à proximité du parc éolien des Quatre Seigneurs (44) 16 février 2017 mise à jour 17 mars 2017
D47	Audit laitier	Filière Blanche	03/05/2017	GPSE. Elevage : EARL du Lody. M. et Mme Potiron. Evolution des performances d'élevage. Période 28 février / 8 mars 2017
D48	Mortalité en élevage	OMAR	2018	Bilan de mortalité bovine des quatre dernières campagnes juillet 2014 - juin 2018 et juillet 2013 - juin 2017. Mme Bouvet
D49	Mortalité en élevage	OMAR	2018	Bilan de mortalité bovine des quatre dernières campagnes juillet 2013 - juin 2017 juillet 2014 - juin 2018 – GAEC de Lody
D50	Synthèse/conclusions des rapports antérieurs par l'administration	Inspection installations classées	26/07/2018	Ce rapport n'a pas fait l'objet d'une analyse critique pour ne pas influencer la réflexion des experts (reprise des conclusions des rapports antérieurs)
D51	Comportement bovin	Cetim	19/01/2019	Mail/ comportement abreuvement bovins (lu dans le cadre de la fiche D56)
D52	Vérification installations électriques	Dekra	04/02/2019	Vérification des installations électriques de la ferme de Mme Bouvet
D53	Vérification installations électriques	Dekra	04/02/2019	Vérification des installations électriques de la ferme de M. Potiron
D54	Audit d'élevage	Seenovia	24/06/2019	Audit : parc éolien des 4 Seigneurs
D55	Audit vétérinaire et zootechnique	Oniris	07/06/2019	Rapport Evaluation technico-économique, sanitaire et comportementale de 2 élevages en 44 situés à proximité du parc éolien des 4 seigneurs
D56	Mesures électriques et EM	Cetim	14/06/2019	Mesures selon le protocole du 02 août 2018 sur le parc éolien de Nozay – Les 4 seigneurs. Rapport d'expertise
D57	Mortalité en élevage	DDPP - GDS	2019	Suivi mortalité 2007 - 2019 - Le Lody/Potiron
D58	Géobiologie	Demée - Leroy - Dugast	2019	Rapport géobiologique parc éolien des 4 seigneurs de Puceul
D59	Synthèse/conclusions des rapports antérieurs par l'administration	Inspection installations classées	07/08/2019	Ce rapport n'a pas fait l'objet d'une analyse critique pour ne pas influencer la réflexion des experts (reprise des conclusions des rapports antérieurs)
D60	Mortalité en élevage	OMAR	06/09/2019	Suivi de la mortalité dans quatre élevages du département de Loire Atlantique
D61	Production électrique - troubles	Filière Blanche	12/10/2015	Ce courrier a été transmis à l'UME pour une analyse en lien avec celle du rapport D37
D62	Production électrique - troubles	Filière Blanche	20/10/2015	Ce courrier a été transmis à l'UME pour une analyse en lien avec celle du rapport D37
D63	Synthèse/conclusions des rapports par l'administration	CGEDD / CGAAER	Novembre 2020	Etat des élevages à proximité du parc éolien des Quatre Seigneurs en Loire-Atlantique. Rapport CGEDD n°013439-01, CGAAER n°20062. Ce rapport n'a pas fait l'objet d'une analyse critique pour ne pas influencer la réflexion des experts

Annexe 3 Fiches de lecture

Abréviations utilisées dans les fiches : NR : non renseigné ; SO : sans objet ; NSP : ne se prononce pas ; NA : non applicable

Présentation	Titre	Promesses de baux emphytéotiques; Permis de construire et pièces graphiques; Liste des parcelles; Localisation des éoliennes; Compléments au dossier de demande de permis de construire; Compléments à l'étude d'impact; Courriers adressés à la DDTM; Convention (mesures compensatoires bocagères); Convention LPO (Ligue de protection des oiseaux) (D1)
	Date	12/2006 au 27/05/2011
	Auteur(s)	ABO Wind / propriétaires terriens
	Objectif(s)	Permis de construire
Description	Type de document	Pièces administratives et techniques accompagnant la demande de permis de construire
	Séquence dans le temps	Avant constitution du dossier de demande d'autorisation de construction et après dépôt de ce dossier (compléments au dossier suite aux remarques formulées par la DDTM)
Données d'intérêt		Eoliennes : hauteur nacelles : 105 m; diamètre des pales : 90 m; hauteur max totale : 150 m Coordonnées précises de chacune des éoliennes mais pas des postes de livraison (2 postes de livraison mentionnés: avec E4 et avec E8) Les terres excavées (600m³ par éolienne) ont été réclamées et utilisées par les propriétaires. Le parc éolien est situé dans l'aire de captage AEP (adduction d'eau potable) (Saffré). Un cours d'eau prend sa source au milieu du parc. En raison de dépassement de bruit prévisibles, les éoliennes E2 et E6 sont bridées à 6m/s, E3 et E5 sont arrêtées ou bridées en fonction des vitesses de vent. De plus, l'étude d'impact environnementale engage ABO Wind à adapter le fonctionnement des éoliennes en fonction du suivi de mortalité des chauves-souris.
Avis du GT	Commentaires du GT	Dossier de création du parc éolien et compléments
	Autre(s) remarque(s)	Non
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Parc éolien des Quatre Seigneurs Intervention le 30 octobre 2013 (D5-Tellus 2013)
	Date	"Intervention le 30/10/2013" (p 1)
	Auteur(s)	SARL Tellus, mail au nom de Rusanov, géobiologue
	Société/ entreprise	SARL Tellus, Le Conquet
	Objectif(s)	"Interventions le 30/10 et le 20/12/2013" (p 2)
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	NR
	Description du site d'étude	EARL du Lody
	Paramètres physiques étudiés	NR
	Paramètres sanitaires étudiés	NR
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	NR
	Séquence dans le temps	Après mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique ; Ajustement ; Puissance	SO (pas d'analyse statistique)
Résultats	Résultats	Pas de résultats, ni discussion ni conclusions: huit photos du 30/10/2013 "emplacement des dispositifs correcteurs": E01 à E08 sur des papiers à côté d'une petite boîte bleu et blanc non identifiée
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	
	Limites/ Biais de l'étude	
	Discussion et conclusion des auteurs	
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Directeur de Tellus: Alexandre Rusanov (cf. adresse mail en bdp), géobiologue non mentionné dans le document, seulement dans le titre du documents Word) Aucune information n'est fournie: document de 11 p: 1 pour le titre, 2 cartes géologiques + 8 photos d'une zone non localisable (gros plan), avec un dispositif non identifié; pas de texte. E01 à E08 fait probablement référence aux huit éoliennes, aucun élément de preuve
	Autre(s) remarque(s)	Document non rédigé, n'apporte aucune information au GT
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Incertitude maximale, aucune preuve, en l'absence totale d'information: -motif de correction -nature du dispositif mis en place -localisation des dispositifs -résultats -aucune information sur le 20/12
	Etude à retenir pour l'expertise	Non

Présentation	Titre	Détermination du préjudice économique (D6-Aexpertis 2014)
	Date	04/03/2014
	Auteur(s)	Mickaël Leyo
	Société/ entreprise	Aexpertis
	Objectif(s)	Déterminer le préjudice économique de l'EARL du LODY lié à l'implantation du parc éolien
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Listing des données de production, qualité du lait etc. permettant de mettre en évidence des différences entre les situations "avant et après" la mise en service des éoliennes
	Description du site d'étude	EARL du Lody
	Paramètres physiques étudiés	Non
	Paramètres sanitaires étudiés	3 périodes d'observation utilisées : 1er/11/2010 au 31/10/2011, 1er/11/2011 au 31/10/2012, 1er/11/2012 au 31/10/2013 : production laitière, qualité du lait, mortalité, frais vétérinaires...
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	NR
	Séquence dans le temps	Comparaison avant/après, toutefois sont citées comme périodes : - de début des travaux octobre 2012 (au lieu du mois d'août 2012) - de mise en service en juillet 2013 (au lieu de juin 2013) Pose question par rapport au choix des périodes d'observation utilisées dans le rapport
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	Non
Résultats	Résultats	Semble corroborer une détérioration de la production de lait et de sa qualité + une augmentation de la mortalité, MAIS (1) en reprenant les données de mortalité en annexe, on retrouve les résultats d'Omar/DDPP/GDS. (2) mentionne, sans s'y attarder ni en tenir compte : - Taux cellulaire élevé auparavant, ne retenant qu'une aggravation importante - Pénalités butyriques quasi-équivalentes en 2011/2012 qu'en 2012/2013 Mentionne : - 16 VL très contaminées soustraites à la collecte en 11 & 12/2013 (mais continuent à être traitées par le robot) - 52 VL > 600 000 cellules sur 83 VL en 2012/2013 De plus, revient aussi sur des troubles respiratoires en 2011/2012 (certificat du vétérinaire de Montmorillon - Selarl de l'Otogone, vétérinaire non habituel de l'élevage - sur des bronchopneumonies infectieuses enzootiques), sur l'absence d'amélioration par les géobiologues
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Réformes de VL + Perte de bœufs d'engrais de race laitière + Perte de bœufs de race à viande
	Limites/ Biais de l'étude	Surcoût alimentaire directement lié à l'augmentation du coût de l'aliment, ce qui est vite oublié dans la suite du rapport
	Discussion et conclusion des auteurs	Se pose la question de la pérennité de l'exploitation
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	NSP, <u>mais</u> expertise comptable "unilatérale" par le comptable de l'exploitation
	Commentaires du GT	Erreurs sur les évolutions présentées de mortalité, ou de qualité du lait, mais éléments intéressants rapportés (Bronchopneumopathie infectieuse enzootique notamment...) 1/ Evolution en tonnage de la consommation d'aliment : + 13 % de 2010/2011 à 2011/2012 + 10 % de 2011/2012 à 2012/2013 2/ Honoraires véto extrêmement faibles : 510 € en 2010/2011, puis 321 €, puis 1 131 € 3/ Produits de défense des animaux : de 8 315 € en 2011/2012 à 13 120 € en 2012/2013 → Que sont ces "produits de défense" ?
	Autre(s) remarque(s)	Semble uniquement à charge et pas de discernement dans la hausse des charges d'exploitation Mauvais pas de temps dans l'interprétation des mortalités Sont évoqués les problèmes antérieurs : qualité du lait et problèmes sanitaires pulmonaires NB : Attestation du vétérinaire traitant "Cette dégradation a été assez brutale et rien ne la laissait présager au cours des 2 années précédentes", ce qui semble être une affirmation à l'encontre des données et observations antérieures (ex. qualité du lait, problèmes sanitaires importants sur les veaux)
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Niveau de preuve bas
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui pour quelques éléments précis rapportés dans le document (cf supra) Coût alimentaire lié au prix/T Honoraires vétérinaires extrêmement faibles Attestation problèmes respiratoires des veaux entre 1 et 6 mois et changement de protocole vaccinal → Perte selon l'éleveur de 40 animaux entre 10/2011 et 10/2012 (vs 2 de 10/2012 à 10/2013) Les tableaux pages 9 et 10 "Evolution des cellules et des butyriques" sont intéressants

Présentation	Titre	Rapport de mesures sur site. Parc éolien de Nozay (D7-Emitech 2014)
	Date	07/11/2014
	Auteur(s)	A. Roue
	Société/ entreprise	Emitech (commandité par ABO Wind)
	Objectif(s)	Campagne de mesure pour déterminer le niveau de CM basse fréquence sur le site du parc éolien
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Rapport de mesures
	Description du site d'étude	Eoliennes, câble enterré, poste de livraison
	Paramètres physiques étudiés	Champ magnétique à 50 Hz
	Paramètres sanitaires étudiés	SO
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Mesures effectuées au-dessus du repérage des lignes HTA au niveau des éoliennes et du poste de livraison. Extrapolation des mesures pour en déduire le champ H dans les conditions où la puissances des éoliennes est maximale (16MW)
	Séquence dans le temps	Le 7 novembre 2014, postérieure à la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Champ H maximum à 50 Hz mesurée 3,3 mT et valeur maximale (extrapolée 8,8 mT au niveau du poste de livraison). De 0,040 μ T (E7) à 0,087 (E4) au pied des éoliennes
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	SO
	Limites/ Biais de l'étude	Non
	Discussion et conclusion des auteurs	SO
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Capture d'écran pour le relevé réel des puissances incohérent (courant de ligne 1000 A pour une puissance d'environ 1,5 MW par éolienne, soit une puissance totale de 5,7 MW. Extrapolation OK sur le principe mais comment sont synchronisées mesures de H et relevé de puissance ?
	Autre(s) remarque(s)	Rapport à associer aux autres mesures de CEM ne montrant pas de particularité et l'absence de liaison avec les effets sanitaires observés du fait des faibles niveaux relevés.
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Malgré les insuffisances rapportées ci-dessus, les niveaux de champ sont si faibles que les conclusions ne devraient pas être modifiées
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Bilan de visite d'élevage du 6 novembre 2014 à l'EARL du LODY (D8-Olitys 2014)
	Date	17/11/2014
	Auteur(s)	Rémy Chérel
	Société/ entreprise	OLITYS
	Objectif(s)	Etablir des propositions / recommandations suite à visite d'élevage et analyse de lait (qualifiée "d'histologie", car cet organisme soutient une théorie selon laquelle les "Numérations / Formules" Globules blancs et Globules rouges" présents dans le lait permettent une interprétation de l'origine du/des problèmes
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Bilan de visite d'élevage, Audit généraliste à visée nutritionnelle. Interprétation "personnelle" (non validée) des populations cellulaires, bactériennes et fongiques présentes dans le lait de tank
	Description du site d'étude	EARL du Lody
	Paramètres physiques étudiés	Evocation d'un courant de fuite dans l'eau de "type charge électrique" → Effet "pile"? Aspect macroscopique des aliments (fourrages et ensilages)
	Paramètres sanitaires étudiés	Production laitière, comportement des animaux, état d'embonpoint, rumination, régie et hygiène générales d'élevage, occupation des logettes
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Analyse "histologique"
	Séquence dans le temps	2014
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Génisses cachectiques; mauvaises répartitions dans les logettes; animaux qui urinent peu; efficacité ruminale modérée; développement très important voire anormal de moisissures dans les fourrages et ensilages de maïs et d'herbe (l'éleveur mentionne des difficultés à conserver ses fourrages qu'il n'avait pas avant). Suite de propositions, en 3 étapes, après avoir réglé le problème de "courant parasite dans l'eau" (sic) : 1/ mesures hygiéniques et zootechniques générales (dont mise en place d'un compteur d'eau et surveillance du robot) 2/analyses complémentaires fourrages (moisissures évoquées avec problème de conservation !), eau, lait et animaux 3/ en fonction résultats étape 2
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	"Au regard des chiffres techniques, l'état sanitaire était maîtrisé avant l'installation des éoliennes même si le taux cellulaire n'était pas satisfaisant" Situation de carence probable
	Limites/ Biais de l'étude	Pas évoquées, mais méthode non présentée
	Discussion et conclusion des auteurs	"Microbiologie de l'élevage modifiée par les perturbations électromagnétiques" + "Fatigue hépatique" (sic), et ... "Il faut que l'hygiène générale et de traite soient irréprochables" "Nettoyage réguliers des bacs à eau, désinfection du circuit d'abreuvement" Recommandations d'analyses complémentaires fourrages → Sans préciser si elles ont été faites "Vigilance sur les fondamentaux de la digestion (apport de fibre/paille, élimination des fourrages moisies, température du lait/veau)" "Baisser le vide traite et vérifier les réglages du robot" "Ne pas laisser les cases à veaux au niveau des perturbations géobiologiques" Etape 3 : apport d'antioxydants, de minéral organique, de micronutriments, rééquilibrage de la digestion et de la flore cellulolytique, capteurs de mycotoxines
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Audit commercial à visée nutritionnelle, donc très probablement pour "placer" des compléments alimentaires
	Commentaires du GT	Absence de protocole clair d'observation, propositions fondées sur quoi ? Biais nutritionniste commercial et slogan de la "fatigue hépatique" Méthode "histologique" du lait non validée et propre à cette société qui en tire certaines conclusions et vend des compléments nutritionnels en fonction de ces conclusions
	Autre(s) remarque(s)	Méthode appliquée non détaillée, propositions très générales
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Niveau de preuve bas, mais les observations retracent : 1/ fourrages et ensilages moisies 2/ Mauvaise occupation des logettes 3/ Hygiène générale et hygiène de traite doivent (= devraient ?) être irréprochables 4/ Recommandation de baisser le vide de traite et vérifier les réglages du robot ... Pourquoi ?? 5/ Compteur à eau et les animaux urinent peu
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui pour les infos retracées concernant les moisissures et infos ci-dessus Eventuellement la mention des courants parasites : "courants de fuite détectés dans l'eau le jour du passage de l'auteur du rapport"

Présentation	Titre	ANFR: Fiche de mesure (D9-ANFR 2015)
	Date	12/02/2015
	Auteur(s)	NR
	Société/ entreprise	Mesures par le laboratoire EXEM (missionné par l'Agence nationale des fréquences - ANFR)
	Objectif(s)	Etude de la conformité au décret n°2002-775 du 3 mai 2002 pris en application du 12° de l'article L32 du code des Postes et Communications électroniques est relatif aux valeurs-limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Fiche de synthèse (rapport détaillé disponible sur le site www.cartoradio.fr)
	Description du site d'étude	Lieu d'habitation 12 rue Malville, Saffré (dans le hameau de Mme Bouvet)
	Paramètres physiques étudiés	Mesures de champs électriques selon le protocole ANFR DR15-3 du 31 mai 2011
	Paramètres sanitaires étudiés	SO
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Selon le protocole ANFR DR15-3 du 31 mai 2011
	Séquence dans le temps	Postérieure à la construction et à la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Niveau global d'exposition 0,19 V/m (la valeur limite la plus faible fixée par le décret du 3 mai 2002 relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques est 28 V/m dans la bande 10-400MHz).
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Non
	Limites/ Biais de l'étude	Non
	Discussion et conclusion des auteurs	Le niveau de champ, obtenu aux cas A (correspondant à une mesure large bande), étant inférieurs à 6 V/m, conformité du niveau d'exposition au champ électromagnétique dans la bande 100 kHz – 6 GHz vis-à-vis du décret n°2002-775 (l'ANFR a retenu comme critère un niveau global d'exposition supérieur ou égal à 6 V/m comme limite pour définir un points dit « atypiques »)
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	De nombreux rapports de mesures sont disponibles dans la commune et les communes voisines. Le résultat de mesure est cohérent avec ces autres rapports (résultats: 0,13 à 1,02 V/m). A noter : (1) l'ANFR signale des perturbations possibles des signaux radioélectriques par le fonctionnement des éoliennes et notamment des effets de brouillage (cf. rapport réalisé en 2002 par l'Agence Nationale des Fréquences à la demande du ministre chargé de l'Industrie 'Perturbation de la réception des ondes radioélectriques par les éoliennes'). Les résultats tendent à montrer dans le cas présent qu'aucune influence n'est relevée. (2) le protocole ANFR a évolué en juillet 2015 et fait apparaître dans les rapports de mesures la répartition des champs par bande de fréquence. Les intensités de champs électriques sont dominées par la téléphonie mobile, absence d'émergence pour les champs HF (100 kHz à 30 Mhz) ce qui tend à montrer que l'hypothèse du rapport AEMC et reprise dans plusieurs synthèses concernant l'origine de courant perturbant et mesuré dans cette bande soit liée à une diffusion radio n'est pas avérée; d'autres hypothèses (comme un équipement de la ferme) sont à explorer. Les incidences sont cependant faibles. Mesure à associer aux autres rapports de mesures de champs électromagnétiques, complète une vision de l'exposition sur l'ensemble du spectre.
Conclusions	Incertitude/Niveau de preuve	Incertitude faible, niveau de preuve bon
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Compte-rendu de mesures électriques- Lieu d'intervention: parc éolien des Quatre Seigneurs (D10-Consultelec 2015)
	Date	11/02/2015
	Auteur(s)	Jacques Chamberland
	Société/ entreprise	Consultelec
	Objectif(s)	Réaliser des mesures de CM et des mesures de tensions de pas à proximité de câbles de liaisons souterraines HTA 20 KV
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Rapport de mesure
	Description du site d'étude	Mesures électriques du parc éolien sur le parcours du câble HTA 20 KV
	Paramètres physiques étudiés	Tension de pas et induction magnétique
	Paramètres sanitaires étudiés	SO
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Temps sec/mesure tension de pas à proximité du câble 20 KV, Mesures perpendiculaires et parallèle 1 à 3 mV à 50 Hz : RAS Mesures de B : 0,012 μ T sur le parcours du câble et vers PDL sortie des câbles 0,11 μ T et gauche 0,04 μ T RAS
	Séquence dans le temps	Postérieur à la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Les valeurs relevées ne présentent pas d'anomalies particulières : tensions pratiquement inexistantes, CM < au limites d'exposition "publics"
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Il y a 2 rapports pratiquement identiques, 3 lignes de synthèse en sus
	Limites/ Biais de l'étude	Pas de vent, pas de production électrique
	Discussion et conclusion des auteurs	Les valeurs ne sont pas significatives du fait de l'absence quasi-totale de production électrique du parc au moment de la réalisation des mesures (absence de vent).
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Valeurs insignifiantes, mais pas de production électrique
	Autre(s) remarque(s)	Mesures peu exploitables, localisations des points de mesures peu précises (manque schéma)
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Niveau de preuve bas du fait des limites de l'étude supra
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui pour quelques données

Présentation	Titre	Compte rendu d'examen d'une installation électrique (visite initiale) (D11-Consultelec 2015)
	Date	10 et 12 février 2015
	Auteur(s)	Jacques Chamberland
	Société/ entreprise	Consultelec
	Objectif(s)	Analyse des protections contre les effets des courants parasites et mesures de CM
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Rapport d'expertise
	Description du site d'étude	Ferme de M. Potiron, bâtiment de stabulation bœufs et VL, robot de traite, nurserie
	Paramètres physiques étudiés	Tensions de pas, courant de contact, induction magnétique
	Paramètres sanitaires étudiés	SO
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Relevés par lecture directe, à 50 Hz, en continu et avec oscilloscope
	Séquence dans le temps	Postérieur à la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Parc éolien à 50% mi-journée et plus faible et fluctuante le soir avant 19h. Valeurs limites retenues : tension continue = 500 mV, tension alternative = 800 mV, champ d'induction magnétique $B = 100 \mu T$ Prise de Terre: stabulations, vaches et bœufs 3 Ohms à 9 Ohms en boucle, par contre circuit PE (Conducteur ou circuit de protection assurant la mise à la terre des matériels électriques) et LES (Liaison équipotentielle supplémentaire assurant la mise à la terre des éléments conducteurs accessibles aux animaux) 90 Ohm ; les mesures PE et LES élevées semblent indiquer l'absence de liaison équiPot des ferrallages des sols en béton chez les bœufs contrairement aux vaches. Courants de fuite dans la prise de terre ou boucle : 3 mA, courant de fuite dans l'étable des vaches 3,6 mA éléments conducteurs accessibles aux animaux Des valeurs jusqu'à 3 Ohm mais des abreuvoirs ou cornadis à plus de 1 000 Ohms ! comme la contention d'entrée du robot, les portillons, les logettes les cornadis Isolement des canalisations électriques de 3 à 15 MOhms Électrificateur de clôtures touchant les bâtiments au lieu d'être à 20 m, en cas de défaut d'isolement, les courants peuvent traverser les bâtiments. On ne sait pas si les alimentations sont nombreuses pour réalimenter des parcs rayonnants (mais les ferrallages ne sont pas reliés.... 10 à 12 kV à l'impulsion dure xx ms) Isolement des clôtures 200 kOhms au lieu de 10 MOhms Risque de problème de retour de ces courants 50 mA, ce qui veut dire que tout conducteur ne doit pas présenter vis à vis de la terre plus de 10 Ohms... pour arriver aux 500 mV Tension de contact en courant alternatif (CA) assez faible avec quelques pointes à 280 mA barre au garrot 10. En courant continu (CC), des valeurs de plusieurs centaines de mV dont certaines dépassent le 1V (dans l'eau d'un abreuvoir en plastique et sur la contention entrée 815 mV et auge au sol ainsi que les cases individuelles extérieures et on voit que ces valeurs disparaissent quand l'alim est hors tension. Les tensions de pas sont insignifiantes Mesures à l'oscilloscope font ressortir en principe le découpage (7,5 kHz) des robots de traite et autre appareils électriques dotés d'électronique de puissance amplitude moins de 100 mV bizarre et certainement pas cela car l'alimentation est hors tension, mais aussi présence de 600 kHz Champs $B 0,015 \mu T$, complètement négligeable Remarque la ligne HTB 400 kV est à 1,5 km de l'exploitation
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Non
	Limites/ Biais de l'étude	Non
	Discussion et conclusion des auteurs	Il a été relevé une anomalie importante au niveau de la prise de terre de la stabulation des vaches, l'insertion d'un objet non identifié par un géobiologue : « il est indispensable de remettre en place la borne principale de terre d'origine ». La protection contre les effets de courants parasites éventuels n'est pas totalement assurée : les liaisons équipotentielles des éléments métalliques accessibles aux animaux sont incomplètes ou présentent des non conformités. Il n'a été relevé aucune tension parasite de pas ou de contact significative. Il a été relevé des tensions impulsionnelles, de faible niveau, liées au fonctionnement de l'électrificateur des clôtures.
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Insertion par un géobiologue d'un objet non identifié sur la barrette de terre Vérifier le couplage entre les différentes prises de terre quant aux liaisons des conducteurs à la terre idem d'ailleurs on donne comme limite 0,2 Ohm; Apparemment les coffrets des convertisseurs d'électronique de puissance ne sont pas mis à la terre et les liaisons électriques ne sont pas blindées. Les phases du réseau de la ferme sont bien équilibrées moins d'1 volt de différence.
	Autre(s) remarque(s)	Recommandations concernant les prises de terre, les liaisons équipotentielles principales et secondaires, l'électrificateur de clôture, recherche de la source des courants > 50 Hz
Conclusions	Incertitude/Niveau de preuve	Incertitude faible
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Compte rendu d'examen d'une installation électrique (visite initiale) (D12-Consultelec 2015)
	Date	11/02/2015
	Auteur(s)	Jacques Chamberland
	Société/ entreprise	Consultelec
	Objectif(s)	Analyse des protections contre les effets des courants parasites et mesures de CM
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Rapport d'expertise
	Description du site d'étude	Ferme de Mme Bouvet, bâtiment de stabulation, salle de traite, local des veaux
	Paramètres physiques étudiés	CM; tensions de pas, courants de contact, mesures de résistances
	Paramètres sanitaires étudiés	SO
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	SO
	Séquence dans le temps	Postérieure à la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Visite initiale le 11 fév 2015 Prise de terre laiterie 7 Ohm, barrette ouvertes 34 Ohms, en boucle 75 Ohm, PE (Conducteur ou circuit de protection)/LES (Liaison équipotentielle supplémentaire) 13 Ohm: peu d'éléments mis à la terre et absence de ferrailage dans le sol Conducteurs accessibles: ok sauf support portillon, pont mobile, lice, cornadis. Limite dans la stabulation. Rien n'est correct dans la nurserie Isolement des circuits : au global 400 kOhm (un peu faible et la cause devrait être recherchée), sinon individuellement plus de 1 GOhm Tension de contact et par temps sec et pas de production du parc ! Rien ne dépasse la norme 500 mV en CA et 800 mv en CC on retrouve le 600 kHz à faible valeur induction magnétique B 0,0035μT Idem les équipements électroniques non dans des boîtiers mis à la terre Installation électrique bien équilibrée, un défaut de connexion pompe à lait réparée lors de la visite
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Non
	Limites/ Biais de l'étude	Non
	Discussion et conclusion des auteurs	La protection contre les effets de courants parasites éventuels n'est pas totalement assurée : les liaisons équipotentielles des éléments métalliques accessibles aux animaux sont incomplètes ou présentent des non conformités. Il n'a néanmoins été relevé aucune tension parasite de pas ou de contact significative.
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Recommandation concernant les prises de terre et équipotentielle, protection des équipements électroniquement sensibles, isolement de l'installation.
	Autre(s) remarque(s)	Non
Conclusions	Incertitude/Niveau de preuve	Incertitude faible
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Elevage Bouvet. Visite du 26 février 2015 dans le cadre du protocole GPSE (D13-Laval 2015)
	Date	26/02/2015
	Auteur(s)	Arlette Laval
	Société/ entreprise	GPSE (Groupe permanent pour la sécurité électrique en milieu agricole)
	Objectif(s)	Visite préliminaire de l'élevage - Evaluation de l'intérêt de la prise en charge d'interventions en élevage (mesures notamment) par le GPSE (avec présence de M. Potiron en début de visite)
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Visite d'élevage, approche écopathologique
	Description du site d'étude	Elevage de Mme Bouvet
	Paramètres physiques étudiés	SO
	Paramètres sanitaires étudiés	Ensemble des signes rapportés par les éleveurs (nervosité des vaches ("lapent l'eau", décrochage de griffes...), pneumonies +/- mortalité, baisse de production de lait, augmentation des mammites, des boiteries, retards de croissance, non délivrances...)
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	SO
	Séquence dans le temps	Visite postérieure à la construction et la mise en service des éoliennes, présentant un historique
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Analyse de la situation de l'élevage, exploration des différentes pistes explicatives; pas de résultats à proprement parler mais estimation du logement (bâtiments bien entretenus, y compris salle de traite et machine à traire; des problèmes électriques mineurs à corriger), des animaux (pas d'achat extérieur), de l'alimentation (diminution de consommation d'eau) et de la conduite d'élevage, paramètre santé/microbisme: troupeau indemne de nombreux agents pathogènes
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Utilisation de compte rendu (CR) de bactériologie et de sérologie, du rapport d'autopsie faite par Oniris; souhait d'études et mesures complémentaires (cf. conclusions de l'auteur ci-dessous)
	Limites/ Biais de l'étude	SO
	Discussion et conclusion des auteurs	Recommandation de prise en charge par le GPSE d'études et mesures supplémentaires: • Soin des pieds par un « pédicure » compétent pour bilan complet et individuel • Le Dr Journal fournira, en plus de son audit complet, un suivi de la production et de la qualité du lait, ainsi que de la reproduction de 2010 à 2014, afin d'objectiver le moment d'apparition des anomalies et de les chiffrer. Elle indiquera aussi si des analyses complémentaires sont nécessaires. • Les techniciens d'Abowind et d'ERDF fourniront un schéma indiquant le fonctionnement d'une éolienne et le procédé de raccordement au réseau électrique. • Il faudrait chiffrer le retard de croissance des génisses et évaluer son impact sur la carrière ultérieure des vaches : le GPSE pourra financer le contrôle de croissance. • Il sera sans doute aussi nécessaire de faire un audit des bâtiments, par un technicien différent des intervenants habituels de l'élevage. • Prévoir une réunion avec tous les géobiologues pour faire le point sur leurs interventions et leurs conclusions. • Discuter de l'opportunité de refaire un audit électrique un jour où les éoliennes fonctionnent. • Faire tous les aménagements électriques préconisés par M Chamberland.
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	CR de visite originelle mais simple. Pas d'étude à proprement parler, difficile de se prononcer ici. Toutefois CR cohérent dans l'approche écopathologique, souvent appliquée en médecine de population, et compte rendu originel (le premier sur cet élevage. Mais manque de chiffres pour objectiver les informations rapportées, sans recul (ex: "faillies d'eau" détectées par des géobiologues)
Conclusions	Incertitude/Niveau de preuve	Pas étude à proprement parler, difficile à évaluer
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui , car originelle et globale; s'ajoute un CR de bactériologie du lait (problème de maîtrise du prélèvement aseptique de lait), un CR de sérologie chlamydiale/Fièvre Q (indemne) et un CR d'autopsie réalisé par Oniris (pas d'élément explicatif de la mort mais ulcères ruminiaux + abomasaux responsables du retard de croissance sévère)

Présentation	Titre	Elevage Potiron – EARL de Lody à Puceul (44390). Visite du 26 février 2015 dans le cadre du protocole GPSE (D14-Laval 2015)
	Date	26/02/2015
	Auteur(s)	Arlette Laval
	Société/ entreprise	GPSE (Groupe permanent pour la sécurité électrique en milieu agricole)
	Objectif(s)	Visite préliminaire de l'élevage - Evaluation de l'intérêt de la prise en charge d'interventions en élevage (mesures notamment) par le GPSE
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Visite d'élevage, approche écopathologique
	Description du site d'étude	Elevage de M. et Mme Potiron
	Paramètres physiques étudiés	SO
	Paramètres sanitaires étudiés	Ensemble des signes rapportés par les éleveurs (baisse de production de lait, augmentation des TCT (taux cellulaire de tank) sans mammite, augmentation des mortalités dans toutes les classes d'âge, difficultés au vêlage, retards de croissance importants, troubles du comportement, "avortements précoces" (?), (endo)métrites, boiteries ...)
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	SO
	Séquence dans le temps	Visite postérieure à la construction et mise en service des éoliennes, présentant la chronologie
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Analyse de la situation de l'élevage, exploration des différentes pistes explicatives; pas de résultats à proprement parler mais estimation du logement (bâtiments "inchangés"), des animaux (achats extérieurs pour compenser les vaches perdues; sureffectif de 80-85 VL au regard de la capacité du robot; jeunes animaux en mauvais état), de l'alimentation (les vaches "lapent" l'eau, un seul abreuvoir) et de la conduite d'élevage, paramètre santé/microbisme: troupeau indemne de nombreux agents pathogènes dont BVDV
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Utilisation de "rapport" d'un géobiologue (très très flou), et des rapports d'autopsies faites à Oniris souhait d'études et mesures complémentaires (audit bâtiment, audit robot...)
	Limites/ Biais de l'étude	SO
	Relation dose réponse	SO
	Discussion et conclusion des auteurs	Recommandation de prise en charge par le GPSE d'études et mesures supplémentaires: analyse d'eau complète, remise en service de la prise de terre supprimée par un géobiologue, • Mise en place d'un compteur d'eau • Analyse d'eau complète • Soins des pieds par un « pédicure » compétent pour bilan complet et individuel • Le Dr Journel fournira, en plus de son audit complet, un suivi de la production et de la qualité du lait, ainsi que de la reproduction de 2010 à 2014, afin d'objectiver le moment d'apparition des anomalies et de les chiffrer. Elle indiquera aussi si des analyses complémentaires sont nécessaires. • Les techniciens d'Abowind et d'ERDF fourniront un schéma indiquant le fonctionnement d'une éolienne et le procédé de raccordement au réseau électrique. • Il sera sans doute aussi nécessaire de faire un audit des bâtiments, par un technicien différent des intervenants habituels de l'élevage. • Prévoir une réunion avec tous les géobiologues pour faire le point sur leurs interventions et leurs conclusions.
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Aucun
	Commentaires du GT	CR de visite originelle mais simple. Pas étude à proprement parler, difficile de se prononcer ici. Toutefois CR cohérent dans l'approche écopathologique, souvent appliquée en médecine de population, et CR originel (le premier sur cet élevage). Mais manque de chiffres pour objectiver les informations rapportées, sans recul (ex: infos "ressenties" par des géobiologues)
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Pas étude à proprement parler, NSP
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui , car visite originelle et globale; s'ajoutent 3 CR d'autopsie réalisées par Oniris (1 cas lésions podales sévères avec arthrite P2-P3 et néphrite thromboembolique; 1 cas de retard de croissance sévère avec hydrocachexie sans explication remarquable; 1 cas de bronchopneumonie supprimée sévère)

Présentation	Titre	Evolution des performances techniques sur la période 2009-2015 dans l'élevage de Mme Bouvet – Pré-rapport (D15) et rapport Avril 2015 (D16-Filière Blanche 2015)
	Date	27/04/2015
	Auteur(s)	Catherine Joumel, Christophe Lebreton
	Société/ entreprise	Filière blanche
	Objectif(s)	Analyse des performances de production laitière - Quantité, qualité (contrôle laitier et livraisons laiterie)
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Etude descriptive + analyses de l'évolution des performances
	Description du site d'étude	Elevage Bouvet - Essentiellement vaches adultes
	Paramètres physiques étudiés	SO
	Paramètres sanitaires étudiés	Production laitière : quantité et qualité - Atteintes mammaires cliniques et subcliniques - Coût alimentaire
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Contrôle laitier + Analyses laiterie - Pas de validation redéfinie des données brutes acquises - Problèmes multiples : dates exactes des contrôles laitiers - pas de contextualisation (effectif, causes de variations, etc.), définition précise du coût alimentaire, analyse PCR lait de tank, etc.
	Séquence dans le temps	2010 - 2014 (malgré le titre 2009 - 2015)
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique, Ajustement, Puissance	SO
Résultats	Résultats	Pas de résultats clairement exprimés + Interprétation plus ou moins objective en faveur de la confirmation des déclarations de l'éleveur
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Recommandations d'investigations complémentaires : étiologie des infections mammaires, étiologie des avortements et problèmes de reproduction, parasitisme des jeunes animaux
	Limites/ Biais de l'étude	Pas de travail approfondi sur les causes de variation et d'évolution des données recueillies - Interprétations peu objectives des séquences temporelles, uniquement descriptif à charge - Manque de profondeur du travail d'évaluation
	Discussion et conclusion des auteurs	"Cette analyse met en évidence et confirme les déclarations de Mme Bouvet au sujet de la détérioration importante de la qualité du lait en 2012-2013" - "L'analyse soulève un certain nombre de questions auxquelles il va falloir répondre .../... la réalisation d'examen complémentaires"
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Lien d'intérêt avec la société Delaval, fabricant du robot de traite, pour laquelle l'auteur du rapport est prestataire d'audits techniques à distance (étude documentaire des résultats techniques), préalable à la nouvelle installation d'un robot
	Commentaires du GT	Etude manquant de véritable travail d'analyse et de contextualisation, de travail sur la signification des données brutes recueillies, de précision dans l'interprétation des données et des séries temporelles, de prise en compte des relations et corrélations entre ces données et le contexte technique/zootechnique/régie/maîtrise sanitaire d'élevage, etc. Des hypothèses sans fondement notamment sur l'épidémiologie des mammites - Rapport qui conforte les déclarations des éleveurs, mais pas de mammites de mai 13 à décembre 14 et cela n'est pas mentionné
	Autre(s) remarque(s)	Beaucoup d'approximations, certaines erreurs d'interprétation préjudiciables, manque d'objectivité et de maîtrise du contexte sanitaire général de l'élevage en particulier et des causes diverses pouvant être en général à l'origine des troubles relatés/observés - Pas de démarche de validation d'un certain nombre de troubles relatés (et de données économiques)
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Beaucoup d'incertitudes car la plupart des données brutes ne sont pas contextualisées (effectifs par ex.), ne sont pas interprétées avec rigueur, etc. Niveau de preuve faible
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui , pour les données brutes, peut servir à expliquer les raisons qui ont pu favoriser ce qui s'est déroulé par la suite dans ce dossier

Présentation	Titre	Protocole GPSE Rapport du 20/05/2015 Evolution des performances techniques et zootechniques sur la période 2009-2015 de l'élevage EARL LODY M. et Mme Didier Potiron (D17-Filière Blanche 2015)
	Date	20/05/2015
	Auteur(s)	Catherine Journel - Christophe Lebreton
	Société/ entreprise	Filière blanche
	Objectif(s)	Analyse des performances de production laitière (techniques et zootechniques) - Quantité, qualité (robot de traite mis en service le 15/07/2009)
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Etude descriptive + Analyses de l'évolution des performances
	Description du site d'étude	Elevage Earl Lody - Vaches adultes en production
	Paramètres physiques étudiés	SO
	Paramètres sanitaires étudiés	Production laitière : quantité et qualité - Données robot de traite assez complètes - Données reproduction Centre d'insémination artificielle
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Livraison et analyses laiterie - Données brutes acquises au niveau du robot de traite - Problèmes multiples de contextualisation et d'objectivité dans l'analyse et l'interprétation par l'auteur du rapport
	Séquence dans le temps	01/03/2011 - 24/11/2014 (malgré le titre 2009 - 2015) - L'auteur signale ne pas disposer de l'intégralité des informations sur la période étudiée (difficultés d'extraction de données)
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Aucun résultat pertinent + Interprétation peu objective des données en faveur de la confirmation des déclarations de l'éleveur
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Conseil de poursuivre les investigations au sujet de l'impact du champ d'éoliennes sur les troubles (stress ...) observés dans l'élevage - Mais certaines informations complémentaires très utiles font singulièrement défaut
	Limites/ Biais de l'étude	Interprétations peu objectives des séquences temporelles - Manque de profondeur et de sérieux du travail d'évaluation - Aucune mise en avant des facteurs écopathologiques classiques liés à ce type de troubles
	Discussion et conclusion des auteurs	"Cette analyse met en évidence et confirme les déclarations de M. Potiron ..." - Mise en avant de l'origine des troubles liée à la présence d'un stress des animaux à la traite et à l'entrée dans le bâtiment - Etc. sans véritable justification
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Lien d'intérêt avec la société Delaval, fabricant du robot de traite, pour laquelle l'auteur du rapport est prestataire d'audits techniques à distance (étude documentaire des résultats techniques), préalables à la nouvelle installation d'un robot
	Commentaires du GT	Confirmation erronée des déclarations de l'éleveur - Analyse peu pertinente bien que les données auraient pu conduire à certaines conclusions intéressantes - Le cœur du problème n'est pas véritablement abordé ou, pour le moins, présenté de manière peu claire et objective - Etude manquant de solidité dans l'analyse, de précision dans l'interprétation des données et des séries temporelles, de prise en compte des relations et corrélations entre ces données et le contexte technique/zootechnique/régie/maîtrise sanitaire d'élevage, etc. La conclusion vient à l'encontre de toutes les données du rapport Pas de vision critique des conditions d'élevage. Ce troupeau ne peut pas fonctionner avec aussi peu de logettes et de place à l'auge - Il n'y a aucun esprit critique sur le rationnement au robot - Il n'y a aucune analyse des mammites - Très faible et très frustrant - les déclarations des éleveurs sont prises pour argent comptant - Le débit de lait et le temps de présence dans le box n'est pas relié au niveau de vide du robot: visiblement cela n'a pas été regardé
	Autre(s) remarque(s)	Manque d'objectivité et de recueil d'informations concernant le contexte sanitaire général de l'élevage et des causes diverses pouvant être des facteurs favorisants à l'origine des troubles relatés/observés - Pas de démarche de validation d'un certain nombre de troubles relatés
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Niveau de preuve très faible - Conclusions générales hâtives, non vérifiées ou infondées, confortant l'éleveur dans son interprétation causale des troubles. Seul point à garder tel quel : le nombre de chute des gobelets trayeurs - c'est un vrai indicateur
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui, pour certaines données brutes. Il y a quelques informations pouvant expliquer les raisons qui ont pu favoriser l'évolution compliquée du dossier.

Présentation	Titre	Compte rendu de mesures électriques (avec parc éolien à l'arrêt). Lieu d'intervention : Mme Bouvet (D18-Consultelec 2015)
	Date	19/06/2015
	Auteur(s)	Jacques Chamberland
	Société/ entreprise	Consultelec
	Objectif(s)	Analyse des protections contre les effets des courants parasites
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Rapport d'expertise
	Description du site d'étude	Ferme de Mme Bouvet, bâtiment de stabulation, salle de traite, local des veaux
	Paramètres physiques étudiés	Tensions de pas, courant de contact, champ magnétique
	Paramètres sanitaires étudiés	SO
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Relevés par mesures directes
	Séquence dans le temps	Postérieure à la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Mesure tension de contact de l'ordre du mV et 0 si l'installation de la ferme est hors tension, les 600 kHz sont toujours présents mais faibles, l'induction magnétique tombe à 0,003 μ T
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Non
	Limites/ Biais de l'étude	Non
	Discussion et conclusion des auteurs	Aucune tension parasite de pas ou de contact significative, ni en fréquence 50 Hz, ni en tensions impulsionnelles. Persistance de tensions sous fréquences supérieures à 50 Hz, dont la source reste indéterminée.
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Pas d'identification de source des tensions persistantes, recommandations de l'auteur pour poursuivre l'investigation
	Autre(s) remarque(s)	Non
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Incertitude faible
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Compte rendu de mesures électriques avec parc à l'arrêt (D19-Consultelec 2015)
	Date	19/06/2015
	Auteur(s)	Jacques Chamberland
	Société/ entreprise	Consultelec
	Objectif(s)	Analyse des protections contre les effets des courants parasites et mesures de CM
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Rapport d'expertise
	Description du site d'étude	Ferme de M. Potiron, bâtiment de stabulation bœufs et VL, robot de traite, nurserie
	Paramètres physiques étudiés	Tensions de pas, courant de contact, induction magnétique
	Paramètres sanitaires étudiés	SO
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Relevés par lecture directe
	Séquence dans le temps	Postérieur à la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Chez les bœufs : tension continue 280 mV ; sur la barre au garrot 10 à 50 Hz et 1 113 mV (CA), abreuvoir 175 mV (CA), cornadis 115 mV (CA), disparaît presque quand on coupe l'installation rien chez les vaches.
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Comparaison avec les relevés de fév. 2015 (D11 Consultelec 2015, à 50% de la puissance maximale du parc éolien), globalement valeur supérieure ou du même ordre
	Limites/ Biais de l'étude	Non
	Discussion et conclusion des auteurs	Quelques tensions de contact significatives dans la stabulation des bœufs. Aucune tension parasite de contact significative en fréquence 50 Hz dans la stabulation des vaches, des tensions impulsionnelles, de faible niveau, liées au fonctionnement de l'électrificateur des clôtures, persistance de tensions sous fréquences supérieures à 50 Hz, dont la source reste indéterminée. L'auteur confirme la nécessité de mettre en conformité ou compléter les LES (Liaison Equipotentielle Supplémentaire) des éléments métalliques accessibles aux animaux. Aucune relation de cause à effet ne peut être établie actuellement entre la production d'électricité du parc éolien et les tensions parasites à 50 Hz, de valeurs très faibles, relevées dans l'exploitation.
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Rapport conservé en vue d'une évaluation de l'exposition des animaux de l'élevage du Lody à des phénomènes électriques, et de la contribution du parc éolien à ces phénomènes. Mesures évocatrices de problèmes d'installation électrique
	Autre(s) remarque(s)	Non
Conclusions	Incertitude/Niveau de preuve	Incertitude faible
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Compte rendu de mesures électriques (avec parc éolien en production)- Lieu d'intervention : Mme Bouvet (D20-Consultelec 2015)
	Date	27/07/2015
	Auteur(s)	Jacques Chamberland
	Société/ entreprise	Consultelec
	Objectif(s)	Analyse des protections contre les effets des courants parasites et mesures de CM
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Rapport d'expertise
	Description du site d'étude	Ferme de Mme Bouvet, bâtiment de stabulation, salle de traite, local des veaux
	Paramètres physiques étudiés	Tensions de pas, courant de contact, induction magnétique
	Paramètres sanitaires étudiés	SO
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Relevés par lecture directe
	Séquence dans le temps	Postérieur à la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Parc en production à 14 MW de 13 h à 15 h Salle de traite comparaison entre le 19 juin et 27 juillet : UC (tension de contact) toujours à zéro, toujours le 600 KHz, faible et persistant même si l'alimentation est coupée induction toujours négligeable 0,05 μ T
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Non
	Limites/ Biais de l'étude	Non
	Discussion et conclusion des auteurs	Renvoi aux conclusions du compte rendu de visite initiale (D12)
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Rappel que les tensions repérées vers 600 KHz sont faibles et ne peuvent être une source de gêne, et du besoin d'identifier la source pour s'en assurer.
	Autre(s) remarque(s)	Non
Conclusions	Incertitude/Niveau de preuve	Incertitude faible
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Compte rendu de mesures électriques avec parc éolien en production (D21-Consultelec 2015)
	Date	27 et 28 /07/2015
	Auteur(s)	Jacques Chamberland
	Société/ entreprise	Consultelec
	Objectif(s)	Analyse des protections contre les effets des courants parasites et mesures d'induction magnétique
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Rapport d'expertise
	Description du site d'étude	Ferme de M. Potiron, bâtiment de stabulation Bœufs et VL, robot de traite, nurserie
	Paramètres physiques étudiés	Tensions de pas, courant de contact, induction magnétique
	Paramètres sanitaires étudiés	SO
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Relevés par lecture directe, à 50 Hz, en continu et avec oscilloscope
	Séquence dans le temps	Postérieur à la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Production 14 KW. La tension UC au cornadis n°10 est passée du 19 juin de 1 113 à 21 mV CA. Rien d'autre à signaler du 5 kHz lié au découplage de la pompe à vide du robot de traite. B à 0,05 µT donc RAS
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Non
	Limites/ Biais de l'étude	Non
	Discussion et conclusion des auteurs	Renvoi aux recommandations de la visite initiale, recommande une vérification du robot de traite (filtre sur le variateur de fréquence), déterminer les origines des perturbations haute fréquence (HF)
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Rapport conservé en vue d'une évaluation de l'exposition des animaux de l'élevage du Lody à des phénomènes électriques, et de la contribution du parc éolien à ces phénomènes. Mesures évocatrices de problèmes d'installation électrique
	Autre(s) remarque(s)	Non
Conclusions	Incertitude/Niveau de preuve	Incertitude faible
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Compte rendu de mesures électriques (réalisées pendant les coupures pour tests d'isolement des câbles HTA souterrains). Lieu d'intervention : Mme Bouvet (D23-Consultelec 2015)
	Date	25-27/11/2015
	Auteur(s)	Jacques Chamberland
	Société/ entreprise	Consultelec
	Objectif(s)	Analyse des protections contre les effets des courants parasites et mesures de CM
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Rapport d'expertise
	Description du site d'étude	Ferme de Mme Bouvet, bâtiment de stabulation, salle de traite, local des veaux
	Paramètres physiques étudiés	Tensions de pas, courant de contact, induction magnétique
	Paramètres sanitaires étudiés	SO
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	relevés par lecture directe
	Séquence dans le temps	Postérieure à la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Mesures faites le 25 (parc à l'arrêt) , le 26 (éoliennes 5 à 8 en production) et le 27 (éoliennes 1 à 4 en production) novembre 2015, coupure des artères HTA 20 kV Injection d'impulsion à 18 kV pour tester l'isolement des câbles UC (tensions de contact) négligeables comme lors des précédentes mesures le 27 juillet, 25 nov 26 nov et 27 nov
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	SO
	Limites/ Biais de l'étude	Non
	Discussion et conclusion des auteurs	Les mesures de tensions de pas et de contact, réalisées en parallèle des tests d'isolement des câbles 20 kV, n'ont fait apparaître aucune différence entre les séquences de tests avec ou sans injection d'impulsions, ni à l'intérieur des bâtiments, ni à l'extérieur aux endroits indiqués par les géobiologues.
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Rappel que les tensions repérées vers 600 KHz sont faibles et ne peuvent être une source de gêne, et du besoin d'identifier la source pour s'en assurer.
	Autre(s) remarque(s)	SO
Conclusions	Incertitude/Niveau de preuve	Incertitude faible
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Compte rendu de mesures électriques réalisées pendant les coupures pour tests d'isolement HTA souterrains (D24-Consultelec 2015)
	Date	25,26 et 27 novembre 2015
	Auteur(s)	Jacques Chamberland
	Société/ entreprise	Consultelec
	Objectif(s)	Des mesures de tensions de contact et de tensions de pas dans les locaux où séjournent les animaux alors que les câbles HTA 20 kV souterrains du réseau ERDF et du réseau inter-éolien sont mis hors tension
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Rapport d'expertise
	Description du site d'étude	Ferme de M. Potiron, bâtiment de stabulation bœufs et VL, robot de traite, nurserie
	Paramètres physiques étudiés	Tensions de pas, courant de contact, induction magnétique
	Paramètres sanitaires étudiés	SO
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Relevés par lecture directe, à 50 Hz, en CC et avec oscilloscope
	Séquence dans le temps	Postérieur à la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Tout est comparable et à faible niveau entre le 27 juill et les 3 jours de nov
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	SO
	Limites/ Biais de l'étude	Non
	Relation dose réponse	SO
	Discussion et conclusion des auteurs	Les mesures de tensions de pas et de contact, réalisées en parallèle des tests d'isolement des câbles 20 kV, n'ont fait apparaître aucune différence entre les séquences de tests avec ou sans injection d'impulsions, ni à l'intérieur des bâtiments, ni à l'extérieur aux endroits indiqués par les géobiologues ; aucune tension significative supérieure à 500 mV. Les tensions relevées sont comparables à celles relevées précédemment, notamment le 27/07/2015 alors que le parc éolien était en production proche de la maximale. Les tensions restent identiques, que le parc éolien soit en production maximale ou totalement à l'arrêt : aucune relation de cause à effet ne peut donc être établie actuellement entre la production d'électricité du parc éolien et les tensions parasites à 50 Hz relevées dans l'exploitation
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Rapport conservé en vue d'une évaluation de l'exposition des animaux de l'élevage du Lody à des phénomènes électriques, et de la contribution du parc éolien à ces phénomènes. Mesures évocatrices de problèmes d'installation électrique
	Autre(s) remarque(s)	Des mesures de tensions de pas dans les zones précises désignées par les géobiologues à cet endroit pour tenter de mettre en évidence des tensions ou des traces des impulsions des tests d'isolement. Les mesures n'ont fait apparaître aucune tension ou pic de tension pouvant avoir un quelconque rapport avec les tests d'isolement, ni aucune différence entre les séquences de tests avec ou sans injection d'impulsions sous 18 kV, et ce que les écrans des câbles 20 kV soient connectés ou déconnectés.
Conclusions	Incertitude/Niveau de preuve	Incertitude faible
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Compte rendu et synthèse trois jours de mesures par les géobiologues (D25)
	Date	25, 26, 27 novembre 2015
	Auteur(s)	Géobiologues Luc Leroy / Philippe Dugast / Stéphane Demée
	Société/ entreprise	non précisé
	Objectif(s)	Recherche de l'impact de "l'ouverture des écrans (blindage des câbles)" pour chaque éolienne. Détection des courants de fuites, qualité des prises de terre
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Descriptive, empirique. Compte rendu / synthèse de 3 jours de mesures, "en ressenti"
	Description du site d'étude	Exploitations de Mme Bouvet et M. Mme Potiron
	Paramètres physiques étudiés	Tension et intensité des courants, et "ressenti"
	Paramètres sanitaires étudiés	Non
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Pas de description des appareils et méthodes de mesures
	Séquence dans le temps	Postérieur à la construction et la mise en service des éoliennes, pendant et en dehors de l'activité des éoliennes, lors de "l'ouverture des écrans" des éoliennes 4/3/2 et 1
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	Non
Résultats	Résultats	Résultats très confus: absence ou présence de "perturbations" dans l'une et/ou l'autre des fermes en fonction de l'arrêt de certaines éoliennes et des déconnexions ou non des écrans; voir exemple plus loin dans la discussion et conclusion
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Non
	Limites/ Biais de l'étude	Limites méthodologiques majeures
	Discussion et conclusion des auteurs	"il semblerait qu'il suffise d'ouvrir l'écran de la ligne 4/3/2/1 au niveau du poste de livraison pour ne plus avoir de nuisances...Il paraît que les nuisances ne proviennent pas des éoliennes 8/7/6/5". Hypothèse d'une perturbation due à "une zone géophysique dynamique (zone de faille humide)" pour les auteurs
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Pas de présentation de la méthode/protocole, pas d'unité de mesures. Pas de description de ce qu'est la "perturbation".
	Autre(s) remarque(s)	Les experts ne comprennent pas à quelle "perturbation" font référence les auteurs: une "dynamique" est forcément liée à une grandeur physique (mécanique ou thermique par exemple). Par ailleurs, de quelle faille parlent les auteurs? Une faille ne peut être mise en évidence que par des critères objectifs mécaniques ou pétrologiques par exemple. Enfin, dire qu'"une faille est humide" n'a pas de sens, on pourrait éventuellement parler du taux d'humidité de la roche ou du sol.
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Limites méthodologiques majeures des auteurs (voir ci-dessus)
	Etude à retenir pour l'expertise	Non

Présentation	Titre	Rapports diagnostic Tan DELTA DIAG CABLE HTA (D26-ERDF 2015)
	Date	25-27/11/2015
	Auteur(s)	Non précisé (annoté LAF/MCK, non signé)
	Société/ entreprise	BAUR
	Objectif(s)	Test de perte d'isolation sur les câbles HTA entre éoliennes et Station (rapport de mesures et qualité de l'isolation des câbles)
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Série de 4 rapports de diagnostic (Tan-Delta; Tan-Delta0; Tan-Delta 1; Tan-Delta 3) , 2 rapports de recherche de défaut de câble (Recherche de défaut de câble; Recherche de défaut de câble ECHO+R)
	Description du site d'étude	4 mesures entre 2 points différents , 2 tests par réflectométrie
	Paramètres physiques étudiés	Détection de défauts , facteur de perte
	Paramètres sanitaires étudiés	SO
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	SO
	Séquence dans le temps	2015, postérieure à la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Tous les câbles sont considérés "bon pour le service"
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	RAS
	Limites/ Biais de l'étude	SO
	Discussion et conclusion des auteurs	SO
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Essais pour caractériser la qualité de l'isolation des câbles Quelques relevés avec des valeurs indiquant que certains câbles présentent des pertes un peu élevées (lignes L2 et L3 entre le PdL et le Poste Source - câble Enedis / rapport Tan delta 0 ; ligne L3 entre les points SF4002 et SF4007 (?) / rapport Tan delta), mais câbles jugés bons pour le service. Risque de vieillissement prématuré ? Autres câbles Ok (rapports Tan delta 1 et Tan delta 3). Pas d'analyse ni commentaire des résultats de réflectométrie. A priori rien d'anormal. Résultat à mettre en perspective avec les courants de fuite vus dans les écrans (cf. D42-8.2 France rapport de synthèse) qui ne sont pas dus à la mauvaise qualité de l'isolant du câble HTA, mais plutôt à un effet de couplage inductif entre l'âme des câbles et les écrans. Ces courants de fuite qui circulent dans les écrans se rebouclent par le câble de l'équipotentielle et dans une moindre mesure par la Terre. Les tensions de pas générées sont a priori très faibles.
Conclusions	Incertitude/Niveau de preuve	Incertitudes liées à l'interprétation des résultats
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Compte rendu mesures électriques (réalisées pendant les mesures de haute fréquence (HF) réalisées par AEMC) (D27-Consultelec 2015)
	Date	22/12/2015
	Auteur(s)	Jacques Chamberland
	Société/ entreprise	Consultelec
	Objectif(s)	Mesures de tensions de contact sous fréquence de 50 Hz parallèlement aux mesures en hautes fréquences dans les locaux où séjournent les animaux des deux exploitations concernées
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Rapport de mesure
	Description du site d'étude/l'élevage	Zone de stabulation des deux exploitations
	Paramètres physiques étudiés	Tensions de contact (UC) et courant HF
	Paramètres sanitaires étudiés	SO
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Mesure de UC entre un élément métallique (abreuvoir, cornadis, logette, contention ...) et le sol, production globale a de 8 000 à 14 000 kW
	Séquence dans le temps	Postérieure à la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	UC de 4 à 60 mV, comparaison des résultats avec ceux du 27 juillet chez M. et Mme Potiron
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Présence de pollution de la sinusoïde du 50 Hz par des fréquences élevées qui perturbent les mesures, hypothèse sur la cause par le manque de fiabilité des liaisons équipotentielles
	Limites/ Biais de l'étude	non
	Discussion et conclusion des auteurs	Aucune tension significative supérieure à 500 mV. Les tensions relevées sont comparables à celles relevées précédemment, notamment le 27/07/2015 alors que le parc éolien était en production proche de la maximale. Innocuité totale pour les animaux de ces courants HF et CEM.
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Mesure UC à 50 Hz comparable, voire un peu plus faible de 20 mV --> 5 mV rien de probant sur les oscilloscopes, trop faible... mesure de courant HF, attribué des fréquences radio à 710 kHz et 17,8 MHz B=0,028µT à 50 Hz et E=2,7 V/m totalement négligeable....
	Autre(s) remarque(s)	Non
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Incertitude faible
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Rapport de mesure de courant HF et de champ électromagnétique 15-016A-SA (D28-AEMC 2015)
	Date	22/12/2015
	Auteur(s)	Sébastien Alais
	Société/ entreprise	AEMC
	Objectif(s)	Mesures d'exposition aux CEM vis-à-vis des conséquences sur la santé animale
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Rapport de mesurage
	Description du site d'étude	Mesures sur la structure des stabulations des bœufs et vaches, de l'abreuvoir des vaches et au niveau du robot de traite sur les exploitations agricoles de M. Potiron– (EARL de LODY) et de Mme Bouvet
	Paramètres physiques étudiés	Mesures de courant HF et intensité de champ électrique (E), induction magnétique (B)
	Paramètres sanitaires étudiés	Néant
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Mesures directes robot de traite en arrêt ou en marche. Courant HF avec pince ampèremétrique et analyseur de spectre E et B avec un champmètre. Chez M. Potiron, mesures de courant HF et CEM, chez Mme Bouvet uniquement mesures de CEM
	Séquence dans le temps	Postérieure à la construction des éoliennes (septembre 2012) et à leur mise en fonctionnement (juin 2013)
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	CE 50 Hz maximum mesuré de 2,7 V/m De 100 Khz à 2,5 Ghz 0,4 v/m, CM maximum mesuré 40nT les courants HF mesurés sur la structure métallique des stabulations des bœufs/vaches, de l'abreuvoir n°1 et près du robot de traite sont très faibles en regard de la limite du courant de contact avec objet vis-à-vis d'un corps humain.
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Selon les points de mesure en courant: pas de perturbation ou perturbations HF toutes les 4,1 kHz à partir de 14 kHz avec un maximum à 18,1 kHz (niveau très faible). Une raie à 711 kHz, à 17,8 MHz. Pas de constat de différence de niveau lorsque le robot de traite était éteint ou en marche. les courants HF mesurés sur la structure métallique des stabulations des bœufs/vaches, de l'abreuvoir n°1 et près du robot de traite sont très faibles en regard de la limite du courant de contact avec objet vis-à-vis d'un corps humain
	Limites/ Biais de l'étude	Pas d'analyse de spectre pour les mesures de champs, pas d'éléments comparatifs, pas de mesure des CE et CM dans les pâtures notamment près des éoliennes et des câbles de production. Pas de distinction dans la présentation du rapport entre les deux exploitations
	Relation dose réponse	Rapport de 750 et 3 700 respectivement pour les CM et CE par rapport aux niveaux rapportant des effets potentiels sur des animaux (30 µT et 10 kV/m, Anses, 2015).
	Discussion et conclusion des auteurs	Les valeurs relevées ne devraient pas perturber les bovins
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Aucun
	Commentaires du GT	Situation à un instant t, pas d'analyse de l'évolution temporelle, Pas d'association avec la production électrique des éoliennes, ni avec la météorologie, pas de distinction entre les 2 exploitations Quelques observations de courant HF cependant de niveaux très faibles, sources non vérifiées
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Pas d'analyse de spectre pour les mesures de champs, pas d'éléments comparatifs. Pas de mesure des champs électriques et magnétiques dans les pâtures notamment près des éoliennes et des câbles de production.
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Constats d'intervention pour le débranchement des écrans et équipotentiels et remise en état initiale du parc de Nozay après des tests de déconnection de la liaison équipotentielle et de modification câblage écran (D29-DEKRA/INEO 2016) Rapport détaillé de vérification périodique: liaison pdl (poste de livraison)-éolienne 4 après modification câblage écran parc de Nozay (test 25/01/2016) 04/03/2016 (D30-DEKRA 2016) Rapport détaillé de vérification périodique dans éolienne 2 après modification câblage écran - parc de Nozay (test 03/02/2016) 04/03/2016 (D31-DEKRA 2016) Rapport détaillé de vérification périodique déconnection de la liaison équipotentielle - parc de Nozay (tests 23/02 au 23/03) 04/03/2016 (D32-DEKRA 2016) Rapport détaillé de vérification périodique dans éolienne 2 et 4 après modification câblage écran - parc de Nozay 30/03/2016 (D35-DEKRA 2016) Rapport détaillé de vérification périodique remise en état initiale du parc de Nozay (le 24/03/2016) 30/03/2016 (D36-DEKRA 2016)
	Date	Tests du 25/01/2016 au 24/03/2016
	Auteur(s)	Yann Raoul
	Société/ entreprise	DEKRA
	Objectif(s)	Vérifications de conformité pour les éoliennes 1 à 4
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Descriptive
	Description du site d'étude	Poste de livraison du Parc des 4 Seigneurs pour les éoliennes 1 à 4
	Paramètres physiques étudiés	Mesure de résistance de prise de Terre
	Paramètres sanitaires étudiés	SO
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	SO
	Séquence dans le temps	Après la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	D30, tests du 25/01/2016: PDL et Eol 4 puis écrans 2 par 2 Mesure entre écrans interconnectés entre eux et (6 ensemble) et Terre PT (prise de terre) PDL 0,7 Ohm et PT Eol4 0,4 Ohm Le D35 met en évidence des mesures PT du Neutre et des masses HT et BT du PDL (0,7 Ohm), Eol4 0,4 Ohm <10 Ohm hors charge 1,2 mV et en charge 2,1 mV puis écrans par phase 2 par 2, mesures Ph1-Ph1 50 mV à 90 mV idem pour les autres phases et En charge (EC) ou Hors Charge (HC) D31, tests du 3 Fév 2016 F21, contrôle élec Eol2 et 1; Eol2 et 3 visiblement inférieure à 2 Ohm en conclusion : Rien de probant PT Eol1 0,9 Ohm, Eol2 et 3 1 Ohm, Eol4 0,9 Ohm Rapport D36, tests du 24 mars 2016 F24 Mesure Ph1 à Ph1 300 mV HC et 600 mV EC Mesure des écrans phase 1 terre EC ou HC 72 mV sur Eol2, Eol4 PT Eol1 1 Ohm, PT Eol2 0,9 Ohm, PT Eol3 0,9 Ohm, Eol 4 0,9 Ohm Rapport D35, tests du 18 mars 2016 PT Eol1 2,6 Ohm; PT Eol2 0,3 Ohm; PT Eol3 0,1 Ohm; Eol4 1,8 Ohm Rapport D32, test 23 fév 2016 F22 Les mesures Ph1-Ph1 équilibrées entre phase passent de 300 mV à 600 mV Hors Charge à En charge Mesure PT Neutre et des masses HT et BT du PDL 0,7 Ohm heureusement même valeur que précédemment avec Eol2 0,8 Ohm <10 Ohm on est très loin des 50 V de la NFC 13-200 + Equipotentielle entre PDL et toutes les Eol 1 à 4 terre Eol2 0,8 Ohm mesures entre phase et écran Hors charge équilibrées 300 mV et en charge 600 mV
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Non
	Limites/ Biais de l'étude	SO
	Discussion et conclusion des auteurs	Aucune observation
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Procédure standard
	Autre(s) remarque(s)	Lors de ces modifications de câblage, il aurait été nécessaire de connaître la production du parc et conjointement de faire les mesures de tension de pas à proximité des câbles HTA, mais à des endroits réfléchis
Conclusions	Incertitude/Niveau de preuve	Dans le même ordre d'idée, il aurait été nécessaire de mesurer les courants véhiculés par les écrans suivant les modes de connexion ! A notre connaissance et à la compréhension des essais réalisés, les mesures de tension ne permettent pas d'apporter des informations sur la circulation d'hypothétiques courants dans la terre.
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui, pour quelques données

Présentation	Titre	G.P.S.E. Elevage : EARL du Lody, Le Luc 44 Puceul Monsieur et Madame Potiron. Historique des performances d'élevage Période Janvier 2012 à Février 2016 (D33- Filière Blanche 2016)
	Date	28/02/2016
	Auteur(s)	Christophe Lebret
	Société/ entreprise	Filière blanche
	Objectif(s)	Analyse des performances de production laitière (techniques et zootechniques) sur demande du GPSE - Période de janvier 2012 à février 2016
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Etude descriptive + Analyses de l'évolution des données et performances
	Description du site d'étude	Elevage Earl Lody - Vaches adultes en production
	Paramètres physiques étudiés	SO
	Paramètres sanitaires étudiés	Production laitière : données robot de traite
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Données acquises au niveau du robot de traite
	Séquence dans le temps	Janvier 2012 à février 2016
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Effectif trop important des VL - Fréquence de traite trop faible (de 1,8 à 2,1) - Fréquence très importante des chutes accidentelles de faisceaux trayeurs
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	SO
	Limites/ Biais de l'étude	Présentation concise et claire, mais présentant un petit défaut : l'absence de mise en relation régulière des variations de certains paramètres avec l'effectif des VL
	Discussion et conclusion des auteurs	Pas de véritables conclusions - Présentation des résultats indiqués ci-dessus : problème d'effectif, de fréquence de traite trop faible et d'anomalies de traite trop fréquentes (chutes accidentelles)
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Lien d'intérêt avec la société Delaval, fabricant du robot de traite, pour laquelle l'associée (C. Journel) de l'auteur du rapport est prestataire d'audits techniques à distance (étude documentaire des résultats techniques), préalables à la nouvelle installation d'un robot
	Commentaires du GT	Présentation concise et objective, semblant libérée de toute interprétation abusive ou déterministe (sauf 2 petites exceptions) - Par contre, il n'y a malheureusement pas de mise en avant de pistes d'explications des troubles - Rapport limité aux constats. Ce rapport montre que les chutes de gobelets sont beaucoup trop élevées depuis avril 2012, augmentent encore plus en juillet, août et septembre 2013 et connaissent à nouveau la même évolution saisonnière en 2014, information très intéressante et pertinente - Les vaches sont agitées
	Autre(s) remarque(s)	Il manque une mise en perspective des données et critères, un "dialogue" entre les données récoltées (ex. les effectifs VL devraient être un fil conducteur pour la mise en perspective de nombreux paramètres récoltés par le robot)
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Simple constat et présentation des données du robot Incertitudes possibles sur l'intégration des données par le robot, ainsi que leur récolte et compilation par l'auteur
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui (récolte de données du robot de traite)

Présentation	Titre	G.P.S.E. Elevage : EARL DU LODY, Le Luc 44 Puceul Monsieur et Madame Potiron. Evolution des performances d'élevage - Période Janvier / Février 2016 (D34-Filière Blanche 2016)
	Date	28/02/2016
	Auteur(s)	Christophe Lebreton
	Société/ entreprise	Filière blanche
	Objectif(s)	Analyse des performances de production laitière (techniques et zootechniques) - Période de janvier à février 2016 avec 3 tests de branchements différents
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Etude descriptive + Analyses de l'évolution des données et performances
	Description du site d'étude	Elevage Earl Lody - Vaches adultes en production
	Paramètres physiques étudiés	Néant
	Paramètres sanitaires étudiés	Production laitière : données robot de traite - Productions, fréquences et anomalies de traite quotidiennes
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Données acquises au niveau du robot de traite
	Séquence dans le temps	Postérieure à la construction et la mise en service des éoliennes (1/01/2016 au 21/02/2016)
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Effectif trop important des VL - Fréquence de traite trop faible - Fréquence très importante des chutes accidentelles de gobelets trayeurs
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Néant
	Limites/ Biais de l'étude	Non listés par l'auteur, mais l'exclusion des VL non présentes sur toute la durée de l'étude entraîne un biais qui n'est pas mentionné Affirmer que "le troupeau n'a pas subi de modifications de caractéristiques pouvant interférer avec les résultats décrits" est injustifié Une analyse statistique n'est pas envisageable avec les données telles qu'elles sont obtenues
	Relation dose réponse	SO
	Discussion et conclusion des auteurs	"Le troupeau n'a pas subi de modifications de caractéristiques pouvant interférer avec les résultats décrits" - "Une tendance à l'amélioration des performances d'élevage sur les critères de production, fréquence de traite et comportement à la traite est observée sur la période du 28 janvier au 5 février 2016"
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Lien d'intérêt avec la société Delaval, fabricant du robot de traite, pour laquelle l'auteur du rapport est prestataire d'audits techniques à distance (étude documentaire des résultats techniques), préalables à la nouvelle installation d'un robot
	Commentaires du GT	La première conclusion n'est pas étayée - La seconde n'est pas objective
	Autre(s) remarque(s)	Il manque une mise en perspective des données et critères, un "dialogue" entre les données récoltées (ex. les effectifs VL devraient être un fil conducteur pour la mise en perspective de nombreux paramètres récoltés par le robot) - Les tests ne sont pas clairement expliqués, ni dans leur composante, ni dans leur durée - Il aurait sans doute été intéressant de considérer toutes les VL présentes sur la période - Pourquoi ne pas avoir profité du faible pas de temps pour s'intéresser aux données individuelles et tenter une étude individualisée, ce qui aurait éventuellement permis de prendre en compte tous les facteurs écopathologiques (dilution de ces facteurs entre eux lors d'une analyse globale sur le troupeau)
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Absence de prise en compte de certains paramètres importants : variations d'effectifs et causes de ces variations (mises-bas, tarissements ...), paramètres sanitaires (mammites cliniques ou subcliniques, boiteries ...)
	Etude à retenir pour l'expertise	Non

Présentation	Titre	G.P.S.E. - Elevage : Earl du Lody, Le Luc 44 Puceul, M. et Mme Potiron. Analyses statistiques - Relation entre la production électrique du parc éolien et les performances d'élevage (D37-Filière Blanche 2016)
	Date	31/03/2016
	Auteur(s)	Christophe Lebreton
	Société/ entreprise	Filière Blanche
	Objectif(s)	Analyses statistiques : relation entre la production électrique du parc éolien et les performances d'élevage
Design/ protocole de l'étude	Type d'étude	Analyses statistique des données de traite par rapport à la production du parc éolien
	Description du site d'étude	Elevage Earl Lody - Vaches adultes en production
	Paramètres physiques étudiés	Puissance électrique délivrée par le parc éolien
	Paramètres sanitaires étudiés	Production laitière : données robot de traite - Production quotidienne, fréquences et anomalies de traite quotidiennes, % de chute accidentelle des gobelets trayeurs, stade de lactation
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Données acquises au niveau du robot de traite - Données de production électrique quotidienne fournies par ABO Wind
	Séquence dans le temps	1er juillet 2013 au 21 février 2016
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique	Régression linéaire simple (chutes gobelets / puissance électrique) et multiple (chute gobelets / W élec, stade de lactation, fréquence de traite, production, proportion de traites incomplètes) - Calcul du coefficient de corrélation
	Ajustement	Non
	Puissance	Non mesurée
	Autres éléments de discussion	Possibilité évoquée de l'existence d'un effet non linéaire, non investigué
Résultats	Résultats	Effet significatif du niveau de production électrique du parc sur le comportement des vaches (chute gobelets) au cours des 2 premiers mois suivant la mise en service (juillet et août) - Aucun lien statistique entre les 2 mêmes paramètres sur la période complète (1er/07/2013 - 21/02/2016)
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Non
	Limites/ Biais de l'étude	Elimination d'environ 10% des VL - Période pour laquelle les animaux sortent la journée et ne sortent pas la nuit (ont-ils bien été maintenus à l'intérieur toutes les nuits sans exception ?) - Type de pâturage, météo, etc. Il aurait fallu commencer l'analyse avant la mise en service des éoliennes (10-15 jours) pour être sûr de la valeur à 0 courant produit
	Discussion et conclusion des auteurs	"Amélioration globale des performances d'élevage et du comportement des animaux au cours de l'arrêt des éoliennes avec une dégradation rapide lors de la remise en service" - "Les différences sont statistiquement significatives pour les critères : fréquentation du robot (passages et traites) et qualité de traite (traites incomplètes)". Effet significatif du niveau de production électrique du parc sur le comportement des vaches (chute gobelets) au cours des 2 premiers mois suivant la mise en service (juillet et août) - Aucun lien statistique entre les 2 mêmes paramètres sur la période complète (1/07/2013 - 21/02/2016)
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Lien d'intérêt avec la société Delaval, fabricant du robot de traite, pour laquelle l'auteur du rapport est prestataire d'audits techniques à distance (étude documentaire des résultats techniques), préalables à la nouvelle installation d'un robot
	Commentaires du GT	L'étude statistique semble biaisée pour obtenir un résultat "favorable". Certains choix d'étude (dates, période de 2 mois) et partis pris sont surprenants. L'analyse des experts du GT a été complétée par un AST Anses dont les conclusions ont été validées par le GT.
	Autre(s) remarque(s)	Manque de rigueur dans le choix du critère retenu et de la période, mais également l'expression des conclusions
Conclusions	Incertitude/Niveau de preuve	Conclusion de l'AST de l'Anses: "L'étude relative à la « relation entre la production électrique du parc éolien et les performances d'élevage » (D37-Filière Blanche 2016) est une étude basée sur des données disponibles limitées liées au caractère rétrospectif de l'étude (donc indépendant de l'auteur de l'étude), sans données sur les passages au robot et concluant sur des effets faibles dans des conditions spécifiques (deux mois) dont le choix n'est pas clairement justifié. Ce rapport aurait pu être conservé sous réserve que les courriers D61 et D62-Filière Blanche 2015 aient effectivement montré une influence des éoliennes, ce qui n'est pas le cas. o Dans D61-Filière Blanche 2015 du 12/10/2015, le critère « Timeline », utilisé pour mettre en évidence la mise en route du parc éolien n'est pas expliqué, et développé par la société qui exploite les éoliennes (ABO Wind) ce qui questionne quant à sa fiabilité. Par ailleurs ce critère, présenté comme étant compris entre 1 et 5, présente des valeurs pouvant aller jusqu'à 8, ce qui remet encore en cause la fiabilité de cet indicateur. Ce rapport est purement descriptif (avec un graphique aux échelles difficilement compréhensibles), et l'auteur tire des conclusions (« Cela confirme un lien entre la mise en service des éoliennes et l'apparition de troubles sur le troupeau ») qui ne sont pas soutenues par les analyses présentées. o Le courrier D62-Filière Blanche 2015 du 20/10/2015, n'apporte pas de nouvel élément par rapport au document D37-Filière Blanche 2016. Les méthodes utilisées pour déterminer des corrélations entre la production électrique et les anomalies de traites sont manquantes. Il n'est par exemple pas possible de savoir comment les données manquantes (de production électrique des éoliennes) ont été gérées dans les mesures de corrélation. Par ailleurs, lors de l'étude de séries temporelles, il est important de tenir compte des tendances des séries et de les corriger avant de procéder à l'analyse des corrélations. Ce dernier point est particulièrement important dans le contexte de ce rapport où la période d'étude choisie se limite à la seule

		période avec une tendance claire (augmentation de la production électrique et des anomalies de traite). Les motivations du choix de cette période très réduite (12/06/2013 au 01/08/2013) par rapport au rapport précédent (02/03/2011 au 12/11/2014) posent à nouveau question. Enfin, l'éolienne 1, qui est la plus proche de l'élevage, est celle qui présente l'une des corrélations les plus faibles parmi toutes les éoliennes étudiées, ce qui remet encore en question la réalité de la corrélation observée, et ne soutient pas l'hypothèse de causalité proposée par l'auteur. En effet, cette éolienne étant la plus proche de l'exploitation de M. Potiron, on s'attendrait donc à ce que ce soit celle qui présente la plus forte corrélation. Par conséquent, les documents D61-Filière Blanche 2015 et D62-Filière Blanche 2015 n'apportent aucun élément nouveau par rapport aux études précédemment analysées et ne permettent pas de conclure quant à un effet de la mise en route des éoliennes sur les performances d'élevage."
	Etude à retenir pour l'expertise	Non

Présentation	Titre	Protocole GPSE relatif aux élevages Bouvet et EARL du Lody, Abo Wind et ERDF (D38-GPSE 2016)
	Date	04/04/2016
	Auteur(s)	Pr. Arlette Laval
	Société/ entreprise	GPSE
	Objectif(s)	Présentation de la situation, chronologie des événements (expertises zootechniques, vétérinaires et électriques) et rapport clôturant le protocole GPSE
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Rapport détaillant les audits effectués
	Description du site d'étude	Elevages Mme Bouvet et M. Mme Potiron (= EARL du Lody). Juste un court paragraphe sur les géobiologues Mme Bouvet 30 VL (vaches laitières) Prim'Holstein: dégradation "indiscutable" de la qualité du lait au 2ème semestre 2012; SCN Staphylocoques coagulase négatifs, puis <i>Streptococcus uberis</i> . Refus d'entrer en salle de traite, agitation pendant la traite. Refus d'avancer sur une route. Mauvaise croissance des animaux. Recherche anticorps Fièvre Q et <i>Chlamydia</i> (malgré de bons résultats de reproduction) en 2015. EARL du Lody 70-75 VL normandes, avec robot. Augmentation mammites et troubles comportement mi 2012 (seulement chemins d'accès débutés). Retards de croissance. Inconfort et stress des vaches évoqués. 6 audits électriques, 10 rapports, février, juin et juillet 2015. Quelques anomalies des installations, mineures, même quand éoliennes à l'arrêt (juin); idem quand production maximale (juillet). RAS près des câbles. Revenu en novembre 2015 avec géobiologues, en déc 2015 avec AEMC (mesures HF, non joint au document) Interventions des géobiologues (mandatés et payés par ABO Wind) dont les "interventions" et "aides" sont saluées par les éleveurs.
	Paramètres physiques étudiés	Pas de paramètres étudiés en tant que tels, mais rapport basé sur d'autres rapports préalables: rapport des mesures infrasons par Cerema, tensions de contact et tension de pas par GPSE, tests de déconnexion des câbles (sans mesure, "ressenti" géobiologues), analyse eau (12 minéraux)
	Paramètres sanitaires étudiés	Qualité du lait, mammites, troubles du comportement, retards de croissance
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Non précisé; pas de données chiffrées; à l'appui, 4 autopsies effectuées à Nantes RAS
	Séquence dans le temps	Début des troubles décrit mi2012, audit et rapport postérieurs à la mise en route des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique	Analyses statistiques de M. Lebreton sur données des élevages (en particulier robot de traite) non jointes au document (annexes non incluses)
	Ajustement	Non
	Puissance	Non
	Autres éléments de discussion	Non
Résultats	Résultats	Description de troubles (mammites + comportement, et défaut de croissance) mi 2012. "Amélioration transitoire" après interventions des géobiologues. Pas de courants indésirables explicatifs. "Coïncidences chronologiques" (alors que pas mise en fonctionnement)
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Mesures des infrasons par Cerema : infrasons basse fréquence; en dessous du seuil d'audibilité. Ne peut pas se prononcer. Contrôle des câbles par ERDF (nov 2015): RAS. Essais géobiologues avec "ouverture des écrans" (blindage du câble) nov 2015. Evaluation BRGM, présence d'une faille (séparant des deux autres élevages sans problème). Travaux RFF (réseaux ferrés de France) et TDF (télédiffusion de France).
	Limites/ Biais de l'étude	Pas de hiérarchisation des éléments de preuve; pas d'objectivation chiffrée de tous les éléments rapportés
	Discussion et conclusion des auteurs	Evaluation du lien de causalité s'appuyant sur analyses de Filière Blanche ("corrélation forte" et "proportionnalité") à partir de mise en production seulement. Pas de diagnostic clair. Proposition de mesure des vibrations. Et d'arrêt des éoliennes 3 semaines au moins
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Intérêt de la présentation exhaustive des investigations effectuées, avec chronologie. Conclusions insuffisamment étayées.
	Autre(s) remarque(s)	Absence des annexes annoncées dans le corps du texte
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Nombreuses incertitudes. Absence de données objectives. Absence de hiérarchisation des méthodes employées. Absence de diagnostic clair. Hypothèses non étayées. Qualité moyenne du rapport.
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Parc éolien des Quatre Seigneurs (44). Mesure du bruit infrasonore et basses fréquences au niveau de deux élevages de bovins. Campagne de mesure décembre 2015 (D39-Cerema 2016)
	Date	27/04/2016 (à la fin du rapport)
	Auteur(s)	David Ecotière et Guillaume Dutilleux (relecture)
	Société/ entreprise	Cerema
	Objectif(s)	A la demande du GPSE (commande en octobre 2015) : caractériser par des mesurages des bruits basses fréquences et infrasonores au niveau des deux élevages (de M. Mme Potiron, de Mme Bouvet) afin de : - quantifier le bruit infrasonore et basse fréquence (dénommé par la suite ISBF) au niveau des deux élevages, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments d'élevage ; - estimer si le bruit ISBF est susceptible d'être audible, aussi bien pour les personnes que pour le bétail des élevages.- - déterminer si les éoliennes contribuent au niveau sonore ISBF mesuré au niveau de chaque élevage
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Campagne de mesurage
	Description du site d'étude	Ferme de M. Mme Potiron : 3 points de mesure - intérieur/ extérieur du bâtiment de stabulation (700 m de E2 à 2,5/3 m du sol) en présence des vaches - point intermédiaire au sol (150 m de E3, pour suivre le signal acoustique). Ferme de Mme Bouvet : - intérieur/ extérieur de l'entrée de la salle de traite (zone indiquée par l'éleveur comme celle que les vaches évitent de façon inexplicable). Pas de façade de ce côté face à l'éolienne (1 500 m de E4 à 2,5/3 m du sol) - point intermédiaire au sol (150 m de E4, pour suivre le signal acoustique).
	Paramètres physiques étudiés	Basses fréquences et infrasons : - L50 (niveau de bruit dépassé durant 50 % du temps) mesurés sur 10 min, exprimés en dB (non pondérés) - les séquences de bruit "polluées" par d'autres sources ne sont pas considérées - fréquences considérées : 12,5 Hz - 1 000 Hz Mesures météorologiques : anémomètre ultrasons 3D (sur période de 10min) et données ABO-wind Données concernant les modes de production du parc (cycle marche-arrêt, alternance selon mode bridage) Du 2 au 9 décembre 2015, plusieurs modes de fonctionnement des éoliennes ont été étudiés (marche/arrêt et mode de fonctionnement avec bridage) ; les séquences perturbées par l'activité ne sont pas intégrées
	Paramètres sanitaires étudiés	Audibilité pour l'humain [Watanabe, 1990] et pour la vache [Heffner 1983]
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Suivant le projet de norme de mesurage des BF (en cours puis abandonné depuis)
	Séquence dans le temps	Postérieur à la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique	Classes de vents enregistrées et mesures via l'indicateur L50
	Ajustement	Non
	Puissance	NA
	Autres éléments de discussion	classe de vents durant la période de mesurage (classes vitesses/directions) : 31% des classes moyennes annuelles
Résultats	Résultats	Site de M. Mme Potiron - des niveaux sonores faibles (35 à 52 dB extérieur, 47 dB intérieur), - des tonalités à 40 Hz (15 dB) et 315 Hz (5 dB) mais qui ne proviennent pas des éoliennes - une contribution modeste (3 dB) mais corrélée aux périodes marche - arrêt des éoliennes, essentiellement pour des fréquences < 31,5Hz - un contenu infrasonore et basse fréquence (spectre) dominant à l'extérieur du bâtiment mais pas à l'intérieur. Les niveaux sonores audibles sont plus importants à l'intérieur qu'à l'extérieur avec en particulier la présence d'une composante tonale à 315Hz relativement importante compte tenu de l'ambiance sonore locale du site. Site de Mme Bouvet : - des niveaux sonores faibles (25 à 40 dB), - des tonalités (20 Hz à l'intérieur, 3 dB, 63 Hz à l'extérieur 5 dB tout juste audible) qui ne proviennent pas des éoliennes (constatées à l'arrêt) - des niveaux sonores de 5 à 10 dB plus importants en intérieur qu'à l'extérieur (présence de machines ?) - les éoliennes apportent de 1 à 2 dB (périodes de marche arrêt) - faible corrélation entre les ISBF mesurées et les périodes marche - arrêt
Discussion et conclusions du(des) auteur(s)	Informations complémentaires	Pour les 2 sites : pas d'audibilité des ISBF, des contributions modestes des éoliennes (de 1 à 4 dB max, pour des fréquences basses). Seules 31% des classes de vent ont été mesurées mais peu de corrélation entre celles mesurées et les niveaux sonores enregistrés
	Limites/ Biais de l'étude	- Les fréquences acoustiques étudiées ne vont pas en dessous de 12,5 Hz, l'étude ne mesure donc qu'une partie de la bande dite infrasonore (< 20Hz) - La campagne a été effectuée durant une période temporelle (semaine en décembre) qui ne prend pas en compte de possibles effets météo sur la propagation sonore - Le choix de l'indicateur L50 sur 10 min est un équilibre entre élimination des bruits parasites (via la moyenne mesurée) et une mesure précise du bruit

	Discussion et conclusion des auteurs	Site de M. Mme Potiron : Les niveaux sonores audibles sont plus importants à l'intérieur qu'à l'extérieur avec en particulier la présence d'une composante tonale à 315Hz relativement importante compte tenu de l'ambiance sonore locale du site. Cette composante ne semble pas pouvoir être attribuée au parc éolien. Il est possible de mettre en évidence une contribution modérée des éoliennes au niveau sonore mesuré sur site. Cette contribution ne concerne cependant que les fréquences inférieures à 31.5Hz et entraîne rarement des augmentations de plus de 3 à 4dB, et ne concerne que des fréquences inaudibles (+3dB par exemple à 12.5Hz). Site de Mme Bouvet : Bien que l'on puisse mettre en évidence une légère contribution des éoliennes au niveau des spectres mesurés (+1dB), il est difficile d'établir une corrélation entre l'émission sonore du parc éolien et les niveaux sonores basses fréquences et infrasonores au niveau de l'élevage. Les conclusions portent seulement sur le caractère d'audibilité humains et bovins. Aucune conclusion sur les possibles effets extra-auditifs humains ou bovins
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Les fréquences acoustiques étudiées ne vont pas en dessous de 12,5 Hz, il est important de souligner que l'étude ne porte donc que sur une partie de la bande dite infrasonore (< 20Hz), tandis que la bande dite basses fréquences est entièrement étudiée. Pour la ferme de M. Potiron, E1, E2 et E3 sont équidistants au site de mesure d'exposition, le choix de E2 pour mesurer la source acoustique éolienne la plus proche n'est pas clair (en raison de l'orientation de la ferme face à cette éolienne ?) En raison d'un problème d'alimentation électrique, ces mesures proches de l'éolienne E2 n'ont pas pu être effectuées, elles ont été substituées par des données de production électrique de l'éolienne concernée Pour les 2 sites, l'exclusion des données lors des activités humaines à proximité est regrettable car des analyses complémentaires consistant à comparer les résultats entre périodes « calmes - non polluées » et « durant activité humaines » auraient été intéressantes afin de jauger la contribution du signal éolien à l'exposition totale. Dans le site de Mme Bouvet, des émergences de niveaux +5 à 10dB sont constatées à l'intérieur, et peu à l'extérieur, ce qui est certainement lié à une source acoustique présente en interne à l'infrastructure (matériel en fonctionnement). Néanmoins, le matériel présent n'est ni décrit ni analysé, ce qui aurait pu permettre d'identifier précisément cette source
	Autre(s) remarque(s)	SO
Conclusions	Incertitude/Niveau de preuve	Les conclusions de cette étude se restreignent en portée à la bande de fréquence étudiée (12,5 Hz - 1 000 Hz). Celle-ci intègre la bande dite de basse fréquence acoustique, mais n'intègre qu'une part de la bande dite infrasonore (< 20Hz).
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	GPSE Elevage : EARL du Lody M. et Mme Potiron. Evolution des performances d'élevage - période janvier/mai 2016 (D40-Filière Blanche 2016)
	Date	18/05/2016
	Auteur(s)	Christophe Lebreton
	Société/ entreprise	Filière blanche
	Objectif(s)	Analyse des performances de production laitière (techniques et zootechniques) - Période de janvier à mai 2016
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Etude descriptive + analyses de l'évolution des données et performances
	Description du site d'étude	Elevage Earl Lody - Vaches adultes en production
	Paramètres physiques étudiés	Néant
	Paramètres sanitaires étudiés	Production laitière : données robot de traite - Productions, fréquences et anomalies de traite quotidiennes
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Données acquises au niveau du robot de traite - Mise en contexte avec les paramètres d'élevage : effectif, stade de lactation, période de mise au pâturage (diurne puis complet)
	Séquence dans le temps	1er janvier 2016 au 17 mai 2016, après la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	Non
Résultats	Résultats	Confirmation d'une relation attendue entre effectif, stade de lactation et pâturage d'une part, et les paramètres de traite observés d'autre part
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Non
	Limites/ Biais de l'étude	Peu de biais identifiés - Limites liées à la globalité de l'analyse - Ne parle pas du mieux observé fin mai - Objectivité?
	Discussion et conclusion des auteurs	L'importance du sureffectif et de la saturation du robot - "La sortie au pâturage associée à un nombre important de vaches à traire sont 2 facteurs défavorables pour les performances laitières. Les résultats sur la période mi-mars à mi-mai sont donc à relativiser et ne peuvent être comparées à celle du début de l'année" - "Les performances d'élevage ne sont pas significativement améliorées ou dégradées au cours des 5 mois" - "La sortie du troupeau au pâturage mi-mars a modifié les conditions d'alimentation et d'accès à la traite. Il est donc difficile de comparer les performances du troupeau entre la période hivernale avec le troupeau dans le bâtiment et la période de pâturage"
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Lien d'intérêt avec la société Delaval, fabricant du robot de traite, pour laquelle l'associée (C. Journel) de l'auteur du rapport est prestataire d'audits techniques à distance (étude documentaire des résultats techniques), préalables à la nouvelle installation d'un robot
	Commentaires du GT	Etude simple et objective, qui s'attache aux origines classiques et connues des troubles et des variations observées dans l'élevage. Cependant, il manque la justification sur le choix de la période d'étude. La fréquentation du robot est très bonne et derrière il n'y a pas de traites - C'est illogique, et anormal que des spécialistes du robot ne commentent pas ce problème
	Autre(s) remarque(s)	Une phrase de la conclusion surprend cependant parmi toutes les autres : "Cependant, des variations sont observées et elles seraient à relier aux travaux effectués sur le parc éolien pour voir s'il y a des incidences de dates". Cette affirmation tranche singulièrement avec l'ensemble du rapport. De son côté, le GT n'a cependant pas connaissance de travaux sur cette période
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Rapport construit de manière intelligible et dont les conclusions paraissent recevables - Le niveau de preuve semble bon
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui pour certaines données brutes

Présentation	Titre	Rapport de synthèse des études menées sur le parc éolien des Quatre Seigneurs en vue de répondre à l'arrêté préfectoral de la Préfecture de Loire-Atlantique en date du 28/04/2016 et note (D42-D43-8.2 France 2016)
	Date	30/06/2016
	Auteur(s)	Alexia Chappond - Bruno Allain
	Société/ entreprise	8.2 France
	Objectif(s)	La tierce expertise portera sur les phénomènes électriques générés par la présence du parc éolien et l'analyse de l'éventuelle corrélation entre le parc et les dangers ou inconvénients présentés pour la santé du voisinage et de ses élevages
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Descriptive sur la base des documents fournis et visite sur site
	Description du site d'étude	Ferme de M. et Mme Potiron et ferme de Mme Bouvet
	Paramètres physiques étudiés	Mesures électriques, CM, CE, courant parasites (terre, résistivité sol, courants circulant dans les écrans des câbles HTA, tests d'isolement des câbles, paramètres PdL: équilibre des phase/tension/intensité/taux distorsion/puissance max, branchement interéolien), infrasons, aspects géologiques (analyse de la carte BRGM, ancienne mine étain, altérite ferrugineuse autrefois exploitée, eaux de puits sans ces éléments, contrôle des fond fouilles), bruit et infrasons
	Paramètres sanitaires étudiés	Production de lait et chute de gobelets trayeurs, déclarations et journaux des événements tenus par éleveurs; analyses vétérinaires et zootechniques (transcription du rapport GPSE)
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Transcription observations /données de rapports, visite sur site et élevages
	Séquence dans le temps	NA
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique	Analyse statistique des chutes de gobelets et traites incomplètes (vitesse orientation du vent, énergie journalière produite par le parc éolien ou par chaque éolienne)
	Ajustement	Non
	Puissance	Non
	Autres éléments de discussion	Non
Résultats	Résultats	Reprise des conclusions de différents rapports (Dekra, ERDF, Emitech, Consultelec, Cerema, Olitys, AEMC, Filière Blanche, GPSE), analysés individuellement par le GT Analyse de la production de lait = Lody: pas de corrélation pics de chute et production électrique (lien fortes pluies/ orages et chute gobelet ?) ; les chutes de production de lait sont presque en opposition avec la production du parc éolien Analyse statistique des chutes de gobelets et traites incomplètes = aucune corrélation Il ressort toujours la même chose, nécessité d'une bonne mise à terre et de tous les conducteurs et équipements de la ferme; Présence également de tensions induites continues, est-ce un phénomène pile lié à des réactions chimiques, engrais, fumier,... ?
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Non
	Limites/ Biais de l'étude	Résultats sur la base des rapports fournis, sous réserve de leur exactitude
	Discussion et conclusion des auteurs	L'ensemble des mesures réalisées sur le parc éolien ne montre pas de valeurs en dehors des normes. Le parc est conforme aux standards industriels réglementaires, et respecte les valeurs prescrites par les normes. Ce rapport soulève quelques recommandations dans les mesures à refaire (durée) et pointe quelques éléments (mise à la terre). Pas de prise en compte des "ressentis" des géobiologues dans ce rapport. Recommandations investigations autres sources, campagnes de mesures, continuité électrique, enregistrement des grandeurs sur des durées plus longues, mesures vibratoires des éoliennes au niveau des élevages
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Rapport très exhaustif sur les aspects de chronologie, les recueils des différentes campagnes de mesures des différents paramètres; insertion de nombreux tableaux Recommandation de mise aux normes des installations électriques des élevages
	Autre(s) remarque(s)	Seul l'élevage de Mme Bouvet est raccordé au poste source de Nort-sur-Erdre sur lequel sont raccordées les éoliennes
Conclusions	Incertitude/Niveau de preuve	Courant de fuite = mesure ponctuelle (pas sous différentes conditions de vent et s'il y a des phénomènes transitoires) Tests d'isolement des câbles uniquement sur E1 à E4, ponctuels (pas sur durée plus longue). Paramètres électriques au point de livraison, recommandation 1 semaine de mesure et non 1 nuit Pas d'info rapport ERDF raccordement PdL au réseau
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Campagne de mesures de tensions et de courants de fuite sur deux élevages à proximité du parc éolien des Quatre Seigneurs (44) (D44-8.2 France 2017)
	Date	13/02/2017
	Auteur(s)	8.2 France
	Société/ entreprise	8.2 France
	Objectif(s)	Prescriptions de réaliser des mesures dont l'objet est défini à l'Art. 2 de l'Arrêté de la Préfecture de Loire Atlantique du 22 novembre 2016
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Mesures des tensions de contact, enregistrement des courants de fuite au niveau des barrettes de terre principale des deux exploitations. Etude d'une relation de ces paramètres avec le fonctionnement des éoliennes (force du vent, direction) et consommation électrique des élevages et production de l'élevage
	Description du site d'étude	Chez Mme Bouvet: salle de traite, quai côté route le long des gardes corps, stabulation, barrière Chez M. Potiron (EARL du Lody): stabulation, entrée piétonne, entre robot et barrière, barrière zone d'attente
	Paramètres physiques étudiés	Tension de contact, courant de fuite
	Paramètres sanitaires étudiés	Paramètres sanitaires corrélés production de lait, consommation eau
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Mesures et enregistrement de tensions de contact du 12 janvier au 5 février 2017.
	Séquence dans le temps	Postérieure à la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	-L'absence de lien entre tension de contact (de l'ordre de 500mV), courants de fuite et consommation électrique dans chaque exploitation - Des courants de fuite dans les deux barrettes de terre de l'EARL du Lody, présents quels que soient les conditions météorologiques et les régimes de production du parc éolien. L'origine de ces courants de fuite provient d'un ou plusieurs équipements de l'EARL du Lody? (L'amplitude est de 150 mA) -Des courants de fuite sont ponctuellement relevés chez Mme Bouvet, sans lien avec les données fournies par l'exploitant du parc éolien ou avec les données de consommation de l'élevage et certaines mesures ont augmenté quand le parc ne produisait pas. - Les valeurs de tension de contact au niveau d'une barrière du quai gauche de la salle de traite chez Mme Bouvet et au niveau du robot de traite chez M. et Mme Potiron, peuvent atteindre 0,8V, - Des tensions de contact chez Mme Bouvet présentes uniquement certains jours, sans corrélation avec les conditions météorologiques ou la production du parc éolien. A noter deux journées avec tensions de contact supérieures à 0,4V et baisse de la consommation d'eau, sans que le faible nombre d'observation ne permette de conclure - Des tensions de contact au niveau de l'EARL du Lody souvent présentes, indépendamment de la direction du vent. Une analyse plus poussée en fonction de la vitesse du vent et de la production du parc éolien a été menée, sans montrer de lien. Les tensions de contact sont surtout présentes pour des températures extérieures basses (lors des mesures, une période de gel de plusieurs jours a eu lieu). Pas d'accès aux données du robot de traite, pas étude de liens entre tensions de contact et chutes de gobelets ou de traites incomplètes (critères retenus dans les études précédentes comme indicateur de la nervosité des vaches). Des courants de fuite à 300 mA de façon sporadique.
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Non
	Limites/ Biais de l'étude	Non
	Discussion et conclusion des auteurs	Données partielles, quelques constats et hypothèses non confirmées, trop de paramètres variant simultanément, pas de prise en compte du comportement du troupeau
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Périodicité d'un pic en tension non approfondi Stabilité des courants fonction de la consommation Corrélation production de lait et courant de contact non étudiée (défaut de mesure) Pas de vérification (test débranchement), pas de relation courant/tension humidité Intérêt sur l'absence de relation entre courant de fuite et tensions et conditions de fonctionnement éolienne qui paraît retenant, Présence de courant de contact et de courant de fuite. Hypothèse d'un équipement interne à la ferme.
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Limites méthodologiques non majeures pour les constats (case supra)
	Étude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Mesures vibratoires dans l'environnement du parc éolien de Nozay (D45-Sixense 2017)
	Date	16/03/2017
	Auteur(s)	Alexis Bigot
	Société/ entreprise	Sixense
	Objectif(s)	Mesures vibratoires dans le sol au niveau des élevages et du parc éolien de Nozay corrélées avec le comportement des animaux et les conditions météorologiques
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Etude quantitative
	Description du site d'étude	Pas de description de l'élevage: 8 points de mesure
	Paramètres physiques étudiés	Vibrations du sol: vitesse particulière (mm/s) et fréquences dominantes Dans les zones où les éleveurs se plaignent de la nervosité des animaux, géophones 3D (syscom MR3000C) (BP=1 à 315 Hz) Mesure sur socle béton de 2 éoliennes et dans le sol (4 pts) durée de 4-5 h Parc à l'arrêt ou en fonctionnement partiel ou total Vitesse vibratoire de crête, événements vibratoires et données de production et vitesse/direction vent
	Paramètres sanitaires étudiés	SO
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Méthodologie non référencée, mais décrite, Capteurs scientifiques normalement étalonnés
	Séquence dans le temps	Postérieure à la construction et la mise en service du parc éolien
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	Notions de corrélation sans analyse statistique
Résultats	Résultats	Vibrations perceptibles au droit des éoliennes et imperceptibles à plus de 340 m. Mesurable à 340 m. Fréquences dominantes mesurables chez M. Mme Potiron.
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Sur une seule journée entre 10h et 16h le 19 janvier 2017 (journée relativement venteuse). Vibrations engendrées par éoliennes (points de mesures au pied des éoliennes P1 et P4) très atténuées au point P2 (à 340 m de E8), et aux points P5 et P6 (à 760 m et 730 m de E1) Au P2 (à 340 m de E8) signature spectrale de E8 avec fréquence dominante à 22 Hz lorsque E8 fonctionne, avec niveau vibratoire faible. Chez Mme Bouvet pas d'impact vibratoire. Chez M. Potiron, la bande à 4,5 Hz provenant des éoliennes est encore mesurable mais n'émerge pas du bruit de fond, aucun changement de vibration n'étant observé lors du démarrage ou de l'arrêt des éoliennes.
	Limites/ Biais de l'étude	Pas de tentative de corrélation avec la météo et le comportement des vaches
	Relation dose réponse	SO
	Discussion et conclusion des auteurs	Les niveaux mesurés sont très faibles (non perceptibles par l'être humain, quid des animaux car rien dans la littérature)
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Ce rapport apporte les réponses nécessaires pour quantifier les vibrations et estimer leur niveau d'imputabilité.
	Autre(s) remarque(s)	Dans arrêté préfectoral il était demandé une corrélation du comportement des vaches, ce qui n'est pas abordé dans ce rapport
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Des fréquences (0,7; 1,5; 4,5 Hz) sont retrouvées mais "il n'est pas possible de savoir si ces événements proviennent ou non du parc éolien", quoi qu'il en soit, étant donné les amplitudes mesurées dans ce rapport, il n'est pas possible que les vaches puissent ressentir les vibrations provenant des éoliennes au-delà de quelques mètres de leurs fondations.
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Campagne de mesures de champs électrique et magnétique dans deux élevages à proximité du parc éolien des Quatre Seigneurs (44) (D46-8.2 France 2017)
	Date	17/03/2017
	Auteur(s)	8.2 France
	Société/ entreprise	8.2 France
	Objectif(s)	Mesures des CE et CM, étude de corrélation avec des paramètres de fonctionnement des éoliennes (vitesse de vent, direction, consommation électrique des exploitations)
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	mesures
	Description du site d'étude	Elevages de Mme Bouvet et Mr Potiron
	Paramètres physiques étudiés	CEM
	Paramètres sanitaires étudiés	SO
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Mesures ponctuelles et enregistrement des CE et CM
	Séquence dans le temps	Postérieur à la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Les conclusions ne montrent aucune corrélation entre la production de lait et les champs E et B, et aucune dépendance des champs E et B vis à vis de la production du parc éolien ... ni aux conditions météorologiques.
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Non
	Limites/ Biais de l'étude	Non
	Discussion et conclusion des auteurs	Variabilité des CE, avec des valeurs moyennées sur 10 minutes qui peuvent dépasser les seuils pour les travailleurs et le public (seuil retenu à 5V/m ?) Les valeurs maximales sur 10 minutes de CE relevées sont de 232 V/m chez Mme Bouvet et 377 v/m chez M. Potiron. Les valeurs de CM sont inférieures au seuil réglementaire (selon le décret 2002-775). Les mesures ponctuelles dans les exploitations mettent en évidence une variation spatiale des champs. Etude de corrélation entre les CE et CM et les paramètres suivants : consommation électrique des élevages, conditions météorologiques. Aucune corrélation n'a été observée. Chez Mr Potiron, un champ E mesuré à 150 Hz (pourrait faire penser à l'harmonique 3 mais pas d'investigations complémentaires)
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Erreurs concernant les références choisies (E pour décret de 2002, E et B pour décret travailleurs). En réalité, pas de dépassement des seuils. Sur les paramètres mesurés, besoin de la Valeur efficace pour être comparé aux valeurs seuils. Références pour effets directs et indirects peu pertinentes dans ce cas. Élément à retenir dominante à 50 Hz
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Nombreux artefacts de mesure décrits (présence animaux, câbles alimentations des équipements de mesures ...) rendant difficilement exploitables les données. Conclusion sur E erronée vu la confusion entre VLE et VA salarié et erreur de calcul pour la Vref public. Les mesures moyennes sur 10 mn ne sont pas comparables aux VA et Vref, lecture des valeurs par graphique difficilement lisible, il est donc compliqué de reprendre les données du rapport à la suite de l'auteur pour refaire ces conclusions. On peut cependant affirmer l'absence de dépassement des valeurs seuils en CE
	Etude à retenir pour l'expertise	Non

Présentation	Titre	GPSE. Elevage : EARL du Lody. M. et Mme Potiron. Evolution des performances d'élevage. Période 28 février / 8 mars 2017 (D47-Filière Blanche 2017)
	Date	03/05/2017
	Auteur(s)	Christophe Lebreton
	Société/ entreprise	Filière blanche
	Objectif(s)	Evolution des performances d'élevage: période 28 février - 8 mars 2017
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Etude descriptive + Analyses statistique des données de traite lors d'une phase d'arrêt des éoliennes
	Description du site d'étude	Elevage Earl Lody - Vaches adultes en production
	Paramètres physiques étudiés	Avant, pendant, après arrêt des éoliennes
	Paramètres sanitaires étudiés	Production laitière : données robot de traite - Productions, fréquences et anomalies de traite quotidiennes
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Données acquises au niveau du robot de traite
	Séquence dans le temps	28 février au 8 mars 2017
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique	ANOVA
	Ajustement	Non
	Puissance	Non
	Autres éléments de discussion	Non
Résultats	Résultats	Augmentation du nombre de passages, du nombre de traites (la nuit de 22h à 5h) et baisse du nombre de traites incomplètes. Mais pas de baisse de chute des gobelets ni augmentation de la production
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Non
	Limites/ Biais de l'étude	Elimination d'environ 10% des VL. Période pour laquelle les animaux sortent la journée et ne sortent pas la nuit (ont-ils bien été maintenus à l'intérieur toutes les nuits sans exception ?) - Type de pâturage, météo, etc.
	Discussion et conclusion des auteurs	"Amélioration globale des performance d'élevage et du comportement des animaux au cours de l'arrêt des éoliennes avec une dégradation rapide lors de la remise en service" - "Les différences sont statistiquement significatives pour les critères : fréquentation du robot (passages et traites) et qualité de traite (traites incomplètes)"
Avis du GT et de l'AST	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Lien d'intérêt avec la société Delaval, fabricant du robot de traite, pour laquelle l'auteur du rapport est prestataire d'audits techniques à distance (étude documentaire des résultats techniques), préalables à la nouvelle installation d'un robot
	Commentaires de l'AST	La période d'arrêt des éoliennes est de 91 h, et non de quatre jours calendaires, alors que l'analyse a porté sur des jours calendaires. De ce fait, les périodes ne correspondent pas complètement, l'arrêt effectif des éoliennes étant à cheval sur les périodes « avant » (l'arrêt des éoliennes) et « pendant » établies en jours calendaires. -En prenant le nombre de VL qui allait jour par jour au robot de traite, i.e. en ajoutant les VL exclues sur les périodes « avant », « pendant », « après » (l'arrêt des éoliennes), il ressort que le nombre de VL à la traite est le plus faible pendant la période d'arrêt des éoliennes. -Plusieurs erreurs ont été relevées dans le rapport, et confirmées par son auteur, sur l'augmentation du nombre de passages extrêmement élevé par rapport au nombre de traites; le nombre de passages au robot se fait sur quatre jours et non par jour; nombre de passages au robot sur la période « pendant » n'est pas de 757, mais de 616 passages. Par conséquent, sur la période « pendant », la fréquence de passages robot par VL par jour est de 2,61 et non 3,21, et l'augmentation de la fréquentation du robot n'est pas de 143 % mais 16,7 %. Le nombre de traites avec chute de gobelets n'est pas stable, mais augmente de 13% -L'ANOVA utilisée pour comparer les données est inappropriée dans la mesure où les mêmes vaches sont testées dans différentes conditions, alors que, pour utiliser une ANOVA, il faut une indépendance entre les différents échantillons. -L'auteur indique que les passages au robot des VL sont plus nombreux durant la période nocturne. Il n'y a pas eu de test statistique pour étayer ce propos. -L'analyse de cette étude montre qu'il n'y a pas de diminution du nombre de traites avec chutes, mais plutôt une augmentation, pendant l'arrêt des éoliennes.
	Autre(s) remarque(s)	Cette étude va à l'encontre des précédentes du même rapporteur et il ne tient plus vraiment compte du contexte qu'il considèrerait dans d'autres études
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Etude aux méthodes et conclusions inexactes (choix des périodes, erreur, biais dans les données, test statistique inapproprié).
	Etude à retenir pour l'expertise	Non

Présentation	Titre	Bilan de mortalité bovine des 4 campagnes. Juillet 2013 - Juin 2017 Juillet 2014 - Juin 2018 Mme Céline Bouvet (D48_Omar)
	Date	Non précisée
	Auteur(s)	Omar (Observatoire de la mortalité des animaux de rente)
	Objectif(s)	Comparer la mortalité de l'élevage à celle des 1 096 élevages laitiers naisseurs du 44
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Etude descriptive
	Description du site d'étude	Bovins laitiers de l'élevage 54 VL ≥ 2ans + 32 naissances en 2016-2017 50 VL ≥ 2ans + 39 naissances en 2017-2018
	Paramètres physiques étudiés	SO
	Paramètres sanitaires étudiés	Mortalité: -Taux de mortalité trimestriel global -Suivi par campagne et par classe d'âge: < 8j, 8-20j, 21j-6 mois, 6 mois-2 ans, > 2ans : "faible", "dans la moyenne", "plutôt élevée", "élevée" -Détail 2016-2017 et 2017-2018
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Notifications centralisées dans la BDNI (base de données nationale d'identification)
	Séquence dans le temps	Début de la période juste après la mise en fonctionnement des éoliennes (i.e. 2ème quinzaine de juin 2013)
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	<u>Par campagne (trimestre)</u> : 0 à 3 morts): 7 morts en 2013-14; 3 en 2014-15; 9 en 2015-16; 6 en 2016-17 <u>Par campagne et classe d'âge</u> : mortalité souvent "faible" "plutôt élevée" en 2013-14 (<8j [10,8%]) et 2014-15 (21j - 6 mois); "élevée" en 2013-2014 (6 mois-2ans), 2015-16 (<8j, 21j-6 mois, >2 ans) et 2016-17 (<8j: 5 morts/32 veaux - 15,6%)
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	SO
	Limites/ Biais de l'étude	Hypothèse que l'élevage n'a pas changé de catégorie lors des 4 campagnes Pour les animaux < 3j, les données de l'élevage ne sont interprétables que si tous les animaux sont bouclés à la naissance car, dans le cas contraire, le nombre de veaux morts compté dans cette classe d'âge peut être surévalué
	Discussion et conclusion des auteurs	Mortalité trimestrielle le plus souvent inférieure à celle observée dans la catégorie élevages laitiers naisseurs du 44. A diminué entre les 2 dernières campagnes. A l'issue de 2016-17, élevage 597 ^{ème} /1096 en terme de mortalité globale, i.e. mortalité plutôt élevée A l'issue de 2017-18, élevage 205 ^{ème} /1124 en terme de mortalité globale, i.e. parmi les élevages ayant la mortalité la plus faible tous âges confondus.
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Intérêt: étude répondant à son objectif, à considérer comme un élément d'information sur l'une des composantes de l'état sanitaire de l'élevage et son évolution dans le temps: pas d'augmentation de la mortalité au cours du temps, variations sans aspect saisonnier. Problème sanitaire en 2015-2016? sur les jeunes +++ Limites: BDNI = mode déclaratif Données générales, ce type de bilan ne va pas fournir de données sur les causes de mortalité (ce n'est pas son objectif). Données plus détaillées sur la dernière campagne
	Autre(s) remarque(s)	Mortalité plutôt faible dans cet élevage, augmentation en 2015-16. Pas de saisonnalité. Variations plus marquées par rapport à la courbe de la catégorie
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Incertitudes liées au mode déclaratif du renseignement de la BDNI
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Bilan de mortalité bovine des 4 dernières campagnes. Juillet 2013 - Juin 2017 et Juillet 2014 - Juin 2018 Gaec du Lody (M. Mme Potiron) (D49- OMAR 2018)
	Date	Non précisée
	Auteur(s)	Omar (observatoire de la mortalité des animaux de rente)
	Objectif(s)	Comparer la mortalité de l'élevage à celle des 117 élevages mixtes naisseurs-engraisseurs du 44
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Etude descriptive
	Description du site d'étude	Bovins de l'élevage : VL, vache croisée, vaches allaitantes En 2016-2017: Naissances: 107 VL + 25 vaches allaitantes ≥ 2ans: 115 type laitier + 1 type croisé + 29 type allaitant En 2017-2018: Naissances: 100 VL + 14 vaches allaitantes ≥ 2ans: 123 type laitier + 1 type croisé + 26 type allaitant
	Paramètres physiques étudiés	SO
	Paramètres sanitaires étudiés	Mortalité: -Taux de mortalité trimestriel global -Suivi par campagne et par classe d'âge: < 8j, 8-20j, 21j-6 mois, 6 mois-2 ans, > 2ans : "faible", "dans la moyenne", "plutôt élevée", "élevée" -Détail 2016-2017 et 2017-2018
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Notifications centralisées dans la BDNI
	Séquence dans le temps	Début de la période juste après la mise en fonctionnement des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	<u>Par campagne (trimestre)</u> : 6 à 23 morts/ trimestre 49 morts en 2013-14; 51 en 2014-15; 58 en 2015-16; 48 en 2016-17; 39 en 2017-18 <u>Par campagne et classe d'âge</u> : mortalité jamais "faible" ou "dans la moyenne", uniquement "plutôt élevée" ou surtout "élevée" (3/4 des cas), sur toutes les classes d'âge
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	SO
	Limites/ Biais de l'étude	Hypothèse que l'élevage n'a pas changé de catégorie lors des 4 campagnes Pour les animaux < 3j, les données de l'élevage ne sont interprétables que si tous les animaux sont bouclés à la naissance car, dans le cas contraire, le nombre de veaux morts compté dans cette classe d'âge peut être surévalué
	Discussion et conclusion des auteurs	Mortalité trimestrielle le plus souvent > à celle observée dans la cat élevages mixtes naisseurs-engraisseurs du 44, tous âges confondus. A diminué entre les 2 dernières campagnes. A l'issue de 2016-17, élevage 111 ^{ème} /117 (2017-18, 93 ^{ème} /103) en terme de mortalité globale, i.e. parmi les élevages de la catégorie ayant la mortalité la plus élevée tous âges confondus
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Intérêt: étude répondant à son objectif, à considérer comme un élément d'information sur l'une des composantes de l'état sanitaire de l'élevage et son évolution dans le temps: pas d'augmentation de la mortalité au cours du temps, variations sans aspect saisonnier. Limites: BDNI = mode déclaratif ; Données générales; Ce type de bilan ne va pas fournir de données sur les causes des mortalité (ce n'est pas son objectif); Données plus détaillées sur la dernière campagne
	Autre(s) remarque(s)	Mortalité élevée tous âges confondus, augmentation en 2015-16, tendance à la baisse entre 2015-2016 et 2016-2017. Pas de saisonnalité, nombre de morts irrégulier d'un trimestre à l'autre Variations plus marquées par rapport à la courbe de la catégorie Tendance à la baisse entre 2016-2017 et 2017-2018.
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Incertitudes liées au mode déclaratif du renseignement de la BDNI
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Rapport détaillé de vérification périodique. Vérification des installations électriques de la ferme de Mme Bouvet (D52-Dekra 2019)
	Date	11-14 janvier 2019
	Auteur(s)	Yann Raoul
	Société/ entreprise	Dekra
	Objectif(s)	S'assurer que l'installation électrique basse tension est réglementaire
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Vérification de l'appareillage (protection DDR (dispositif différentiel résiduel), ligne équipotentielle, résistance de Terre, etc.)
	Description du site d'étude	Ferme de Mme Bouvet - 9 kVA triphasé régime TT
	Paramètres physiques étudiés	Mesures résistances de terre
	Paramètres sanitaires étudiés	SO
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	SO
	Séquence dans le temps	Postérieure à la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Mesure de la résistance de Terre autour de 3 à 4 Ω Mesure de la résistance de la borne de Terre TGBT 350 m Ω Mesure de Terre par la technique des deux terres auxiliaires. Même technique que la mesure dite des deux pinces (doc chauvin arnoux) ?
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Non
	Limites/ Biais de l'étude	Non
	Discussion et conclusion des auteurs	Aucune observation
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Installation nécessitant 4 fois moins de puissance que chez M. et Mme Potiron. Il semble qu'il y ait beaucoup moins de branches en dérivation que chez M. et Mme Potiron donc potentiellement moins de risque de courants de fuite
	Autre(s) remarque(s)	Les DDR marchent, notamment le DDR principal I _{dn} = 500 mA,
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Vérification des installations électriques de la ferme de M. Potiron (D53-Dekra 2019)
	Date	11-14 janvier 2019
	Auteur(s)	Yann Raoul
	Société/ entreprise	Dekra
	Objectif(s)	S'assurer que l'installation électrique BT est réglementaire
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Vérification de l'appareillage (protection DDR [dispositifs différentiels résiduels], ligne équipotentielle, résistance de Terre, etc. ...)
	Description du site d'étude	Ferme de M. Mme Potiron - 36 kVA triphasé régime TT
	Paramètres physiques étudiés	Résistances de terre
	Paramètres sanitaires étudiés	SO
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	SO
	Séquence dans le temps	Après la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Mesure de la résistance de Terre autour de 7 Ω pour chacun des deux bâtiments Mesure de la résistance de la borne de Terre TGBT 350 m Ω mesure de Terre par la technique de la boucle neutre/Terre. Même technique que la mesure dite de Phase-Terre (doc chauvin arnoux) ? Mesure entre le point de référence et la borne principale de terre de l'ensemble d'appareillage
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	SO
	Limites/ Biais de l'étude	Non
	Discussion et conclusion des auteurs	Un souci repéré pour le sectionnement (ne concerne pas directement les problèmes éventuels de parasites)
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Les vérifications ne font pas état d'anomalie sérieuse au 14 janvier 2019. Le CETIM a fait des mesures en mars 2019 où il y a eu des problèmes de surtensions neutre/Terre (voir fiche D51 CETIM 2019 : " Surtension la mise en protection des appareils de mesure du CETIM enclenchée. Pas celui de la ferme? Installation électrique défaillante ? Pas d'investigation sur la cause de la surtension (A priori courant In non nul => VnT = Zn*In avec Zn impédance du neutre entre la ferme et le N/T du PdL. In non nul ? harmonique 3 ou déséquilibre du réseau et/ou des charges)"
	Autre(s) remarque(s)	Les DDR marchent, notamment le DDR principal I _{dn} = 500 mA. Par contre il y a beaucoup de branches en dérivation, ce qui peut laisser passer mal pas de courants parasites cumulés (a priori dans la limite de 500 mA).
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Apparemment les défauts occasionnés sortiraient du cadre de la norme. Il faudrait analyser la tension VnT et les courants dans le neutre pour comprendre d'où vient le problème (harmoniques d'un appareil qui ne serait pas aux normes ? Accumulation de petits défauts ?)
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Audit Seenovia (D54- Seenovia 2019)
	Date	24/06/2019
	Auteur(s)	Seenovia - Pas nominatif
	Société/ entreprise	Seenovia
	Objectif(s)	Audit : Production, qualité du lait, mortalité et reproduction
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Audit à partir des données Seenovia et, pour la mortalité, Etablissement Départemental de l'Elevage (EDE) : étude "descriptive" et "analytique"
	Description du site d'étude	Elevage Mme Bouvet - Vaches adultes en production et mortalité globale / Elevage Earl Lody - Vaches adultes en production et mortalité globale
	Paramètres physiques étudiés	Non
	Paramètres sanitaires étudiés	Audit : Production, qualité du lait, mortalité, reproduction + Contrôle laitier / période de panne du parc éolien
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Données contrôle laitier Seenovia, reproduction Seenovia et mortalité EDE
	Séquence dans le temps	Elevage Mme Bouvet : de 2008 à 2018 / Elevage Earl du Lody : de 2010 à 2018
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique	Régression linéaire pour niveau brut production / VL et Mortalité
	Ajustement	Non
	Puissance	Non
	Autres éléments de discussion	Non
Résultats	Résultats	Audit à partir des résultats techniques Seenovia des 2 élevages - Proposition d'une certaine interprétation des données (analyse manquant d'objectivité). Ex : non prise en compte des mauvaises Concentrations en Cellules Somatiques du Lait de Tank (CCST) antérieures au parc éolien (Lody) puisque depuis fin 2010, courbes de tendance de la production laitière ne montrant pas l'évolution réelle (Mme Bouvet) puisque la baisse de production ne débute qu'en 2016
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Non
	Limites/ Biais de l'étude	Non prise en compte de données défavorables à l'interprétation recherchée (ex. CCST)
	Discussion et conclusion des auteurs	"Dans les 2 élevages audités, les tendances en production, qualité du lait et mortalité convergent dans le même sens au sein de chaque période étudiée"
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Seenovia "Naturellement proche de l'agriculteur" est un prestataire de service direct des 2 élevages
	Commentaires du GT	L'auteur à partir de tendances donne des conclusions, mais il passe sous silence et/ou ne met pas en avant les importantes variations observées durant les phases avant/après l'installation du parc éolien. Il part du principe que les choix de productions étaient les mêmes, mais ne fournit aucune donnée sur les rations alimentaires, alors que le contrôleur laitier détient ces données. Il est donc surprenant que ces données n'aient pas été utilisées. La quantité de concentrés par litre de lait produit aurait été par exemple une donnée intéressante (même si elle peut un peu varier selon les fourrages distribués). Des résultats proches auraient montré une stratégie constante. En ce qui concerne les cellules (CCST) l'étude est pauvre et manque d'objectivité. Les données disponibles ne sont pas toutes utilisées. Pour quelles raisons ? Cela n'est pas indiqué, mais les données non utilisées s'avèrent défavorables aux conclusions recherchées Au niveau statistique il existe sans doute d'autres façon plus pertinentes d'utiliser les données.
	Autre(s) remarque(s)	Des données qui auraient pu être intéressantes à exploiter et analyser sérieusement. Certains points mériteraient éclaircissement, comme le contrôle laitier pendant la panne par exemple : ex. pour l'élevage Bouvet, on ne sait pas si le contrôle du 20/02 a été fait sur 1 ou 2 traites, alors que celui du 04/03 a été réalisé sur 1 traite. Quelle est la valeur de la certification de ce rapport avec un tel manque de précision ?
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Incertitudes liées à l'absence de prise en compte précise (à 6 mois près) de la temporalité - Aucun niveau de preuve, dû à une interprétation douteuse des données (mortalité, CCST, productions) - Limite méthodologique majeure, bien que le principe méthodologique n'était pas inepte. Globalement étude trop descriptive et peu technique et encore moins scientifique.
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui mais uniquement certaines données brutes, quelques-unes déjà reprises dans les rapports Filière blanche (productions, historique CCST)

Présentation	Titre	Rapport Evaluation technico-économique, sanitaire et comportementale des 2 élevages bovins de Loire-Atlantique situés à proximité du parc éolien des Quatre Seigneurs (D55_Oniris 2019)
	Date	07/06/2019
	Auteur(s)	Nicolas Masset, Sébastien Assié et Christophe Chartier
	Société/ entreprise	CHUV Oniris - Clinique Des Animaux de Production
	Objectif(s)	Evaluation technico-économique, sanitaire et comportementale des 2 élevages
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Rapport d'évaluation : étude descriptive et analytique
	Description du site d'étude	Elevages Earl du Lody + Mme Bouvet
	Paramètres physiques étudiés	SO
	Paramètres sanitaires étudiés	Audit global : mortalité, renouvellement troupeau, reproduction, clinique (dont mammites et boiteries), autopsies et examens complémentaires, production laitière (qualité et quantité), analyses fourrages et eau d'abreuvement, comportement et propreté des animaux ... analyses des effluents : absence de résultats
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	EDE (Etablissements de l'Elevage) , Contrôle laitier, Laiterie, Carnet sanitaire, Robot de traite, Hospitalisations et autopsies (dont examens complémentaires), Analyses de fourrages, d'eaux et d'effluents, Observations zootechniques (ex. NEC [Note d'Etat Corporel]), propreté, etc.) et cliniques, Examens des pieds, Observations du comportement des animaux, Captations vidéo
	Séquence dans le temps	Postérieures à la construction : 1er janvier 2018 au 31 mars 2019 (NB: quelques données robot des 1ère semaines non accessibles)
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	13 visites chez Mme Bouvet; 5 bovins hospitalisés et autopsiés, avec affections "classiques", peu d'anomalies détectées. 13 visites chez M. Mme Potiron, 6 bovins autopsiés, affections classiques, nombreuses mammites environnementales, avec facteurs correspondants (vaches sales...), nombreuses boiteries avec facteur de risque, pas assez d'abreuvoirs, mycotoxines ensilage Audit global mettant en évidence les origines zootechniques et sanitaires des troubles observés en 2018 et 2019 dans les 2 élevages, qui sont a priori les mêmes que ceux relatés depuis 2012 par les éleveurs - NB : troubles de faible acuité dans l'élevage de Mme Bouvet
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Non
	Limites/ Biais de l'étude	Aucun biais identifié
	Discussion et conclusion des auteurs	-Elevage Mme Bouvet : performances correctes (dans la moyenne des élevages du 44), hormis la mortalité des BV > 1 an (mais petit effectif), la quantité de lait (ration ?), la reproduction des génisses la dernière année (à investiguer) ; pas de troubles du comportement mis en évidence (sauf distance d'évitement qui n'a pas pu être caractérisée) - -Earl du Lody : performances très dégradées pour les mortalités de veaux, la quantité et la qualité du lait produit <-- sous-fréquentation du robot (liée aux boiteries très nombreuses avec nombreux facteurs de risques), prévalence élevée des infections mammaires cliniques et subcliniques (hygiène générale de l'élevage et des animaux, surdensité, mises-bas au pré et absence de case de vêlage nettoyée/désinfectée) ; aucune variation significative du comportement observée MAIS troupeau apathique et peu dynamique (<-- fortement impacté par les boiteries)
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Pas de lien d'intérêt repéré avec les éleveurs - A noter le soutien financier du service d'autopsie d'Oniris par le laboratoire pharmaceutique MSD
	Commentaires du GT	Etude globale objective qui investigate les paramètres techniques et sanitaires des élevages avec une démarche sérieuse, empreinte de compétence et de connaissance des causes pourtant classiques et habituelles des troubles observés dans les élevages bovins Evaluation sanitaire conduite sans problèmes; en revanche problèmes rencontrés pour l'évaluation du comportement des animaux (modifications de planning en cours de protocole, cf annexe 4). Utilisation <i>Welfare-Quality</i> pour l'étude comportementale des bovins, méthode non validée pour ce cas particulier, entourée de précautions oratoires dans le rapport. Sous-utilisation robot chez Lody avec chutes gobelets fréquentes
	Autre(s) remarque(s)	Quelques bémols (intrinsèques et extrinsèques) : l'analyse qui n'a pu se faire qu'à partir de 2018 (5 à 6 ans après !), les analyses des fourrages de l'Earl du Lody (teneur en matière sèche, moisissures et mycotoxines) qui sous-tendent des pratiques insuffisamment maîtrisées dans la réalisation et la conservation de ces fourrages (point pas expliqué, mais il est vrai que c'est une interprétation difficile à affirmer avec certitude), la qualité de l'eau d'abreuvement de l'Earl du Lody qui semble médiocre (pas assez mis en avant). La compétence de ces vétérinaires d'Oniris sur plusieurs volets comme les boiteries de bovins est incontestable
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Rapport construit de manière très intelligible et avec compétence, dont les conclusions mettent parfaitement en avant les facteurs de risque présents et les troubles sanitaires non maîtrisés (uniquement Earl du Lody) à l'origine des problèmes technico-économiques relatés - Le niveau de preuve est excellent et les conclusions sont tout à fait recevables. On les retrouve de façon très pratique au début du rapport sous forme d'une synthèse
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Mesures selon le protocole du 02 août 2018 sur le parc éolien de Nozay - Les 4 Seigneurs (D56-CETIM 2019) + mail CETIM (D51)
	Date	14/06/2019
	Auteur(s)	Pierre Baptiste Petit
	Société/ entreprise	CETIM
	Objectif(s)	Les mesures ont été conduites dans le cadre de l'arrêté de prescription de la préfecture de Nantes du 02 août 2018.
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Campagnes de mesures ont été corrélées aux données météorologiques (direction et vitesse du vent) et comportementales des élevages (tombées des gobelets trayeurs du robot de traite). Mise en œuvre des tests de coupure des lignes équipotentielles reliant chaque éolienne les unes aux autres puis reconnexion successives
	Description du site d'étude	Mesure de tension de pas sur le parc éolien, mesure de courant de fuite sur les barrettes de terre des éoliennes. Mesures de CEM avec enregistrement dans les fermes. Dans la ferme de Mme Bouvet : dans la stabulation, le long du bardage à proximité des abreuvoirs à 3 m au-dessus du sol. Dans la ferme de Mr et Mme Potiron : dans la stabulation, à proximité du robot de traite à 3 m au-dessus du sol. Mesures de tension et de courant dans les fermes par enregistreurs au niveau des tableaux électriques des installations. Mesure des potentiels électrostatiques dans les fermes réalisée en approchant l'appareil d'un endroit que l'animal pourrait toucher. Une mesure du CE et CEM basse fréquence (50Hz-100 kHz) où les vaches peuvent circuler, dans leur case, dans la salle d'attente ou de traite à l'extérieur des bâtiments, à proximité. Mesure de tension de contact sur abreuvoirs chez Mme Bouvet, abreuvoirs, barrettes, barrière chez M. Potiron
	Paramètres physiques étudiés	Une campagne de mesures pour les CE et CM avec la mise en place d'enregistreurs de données dans les fermes. - La réalisation de mesures de tension en courant continu et en courant alternatifs dans les fermes. - La réalisation de mesures de courant de fuite et des tensions de pas à proximité immédiate des éoliennes
	Paramètres sanitaires étudiés	Paramètres sanitaires pris en compte: chutes de gobelets au robot de traite
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Mesures directes et par enregistrement de tensions de contact du 12 janvier au 5 février 2017.
	Séquence dans le temps	Postérieure à la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Pas de réelle augmentation de la chute des gobelets en fonction de la direction du vent. Courants de fuite typiques d'installation de puissance. Ils ne fluctuent qu'en fonction de l'énergie produite. Pour les mesures de courant et de tension : chez Mme Bouvet, parfaite stabilité du réseau électrique, mise à part une coupure. Chez Mme et Mr Potiron, le réseau est moins stable (mais variabilité (5%) sur la tension alternative est acceptable), 2 mises en protection des moyens de mesure (par augmentation brutale de la tension mesurée) sans coupure 1- Pour les mesures de CEM : par rapport à la limite "public", mesures de l'induction magnétique sont inférieures, mesures de CE sont supérieures 2- fluctuations cycliques de l'induction magnétique et du CE mesurés suivant l'activité de la ferme. La mesure des champs rémanents dans les fermes en différents points de mesure ne met pas en évidence d'anomalie. Pas d'influence de la déconnexion des équipotentielles sur l'ensemble de ces mesures. 3 - La mesure des potentiels électrostatiques sous le seuil de perception (5%). - mesure des tensions de contact montre des niveaux sous le seuil de perception pour les vaches (30%) Pour l'analyse de corrélation : Pas de corrélation mise en évidence entre les mesures réalisées et les comportements des animaux pour les 2 fermes
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Non
	Limites/ Biais de l'étude	Cf. points 1, 2, 3 ci-dessus
	Discussion et conclusion des auteurs	Les mesures effectuées de CEM, de courant, de tension, de résistance de terre, de tension de pas et de courant de fuite dans le cadre du protocole du 02 août 2018 sur le parc éolien de Nozay - Les Quatre Seigneurs n'ont pas permis d'établir de lien de causes à effets en liaison avec les troubles des animaux des 2 fermes tels que décrits par les éleveurs et les différentes constations annexes.
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non

	Commentaires du GT	Intérêt sur l'absence de relation entre courant de fuite et tensions et conditions de fonctionnement éolienne qui paraît retenable, Présence de courant de contact et de courant de fuite, Hypothèse d'un équipement interne à la ferme. 1- les incidents chez Mr et Mme Potiron. Surtension la mise en protection des appareils de mesure du CETIM enclenchée. Pas celui de la ferme? Installation électrique défaillante ? Pas d'investigation sur la cause de la surtension (a priori courant In circulant dans le neutre non nul => tension neutre-Terre $V_{nT} = Z_n \cdot I_n$ avec Z_n impédance du neutre entre la ferme et le N/T du PdL. In non nul ? harmonique 3 ou déséquilibre du réseau et/ou des charges) ; 2- grande variabilité sur un mois des mesures de champ E ferme de Mme Bouvet (Figure 24), pas pour la ferme de M. Potiron (Figure 26). Ordre de grandeur différent des mesures du champ E faites sur un mois ce type de valeur est surprenante voir incohérente suivant les équipements des fermes (très élevées). Ces valeurs ne sont pas retrouvées suite à des mesures ponctuelles dans différents endroits des fermes, les relevés ponctuels paraissent cependant plus réalistes. Hypothèse? perturbations des mesures lors des enregistrements 2 causes possibles perturbation liés au chargeur sur les équipement de mesure (fabricant déconseille des mesures en charge), perturbations par la trop grande proximité avec des câbles d'alimentation (cf. photo). Mesures exploitables? 3- Mesures de courant dans les lignes équipotentielles effectuées avant coupure mais à faible puissance (10 kW) il n'est pas possible de dire si les courants de fuite des écrans se rebouclent sur la ligne équipotentielle lorsque les éoliennes produisent. Après déconnexion, mesures faites quand les éoliennes produisent entre 0.6 et 1.5 MW chacune. Courants de fuite dans les mises à la terre < 150 mA a priori pas dus aux courants dans les écrans (plus de boucle fermée). L'étude de corrélation avec les mesures dans les fermes n'est donc pas pertinente. - Mail (CETIM) : discussion avec les agriculteurs. Manière de boire des vaches curieuse : « Au lieu de plonger le museau dans l'abreuvoir, elles lapent à la manière d'un chat ». Piste : mine d'étain d'Abbaretz proches des fermes où il y a eu une pollution à l'arsenic. Mais investigations par le GPSE non concluantes; analyses en novembre 2015 par le labo Inovalys, concentration en As < 0,5 µg/l dans l'eau du puits de M. Potiron
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Limites méthodologiques , ne pas prendre en compte les mesures de CE par enregistrement
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Fichier "Synthèse DDPP mortalité bovine Gaec du Lody" (D57- DDPP 2019)
	Date	NR, données jusqu'au 30/05/2019
	Auteur(s)	DDETSPP sur la base des données du GDS44
	Objectif(s)	Tableaux des mortalités par campagne et tranche d'âge + 1 graphique "évolution mortalité Gaec du Lody"
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Données descriptives
	Description du site d'étude	NR
	Paramètres physiques étudiés	SO
	Paramètres sanitaires étudiés	Mortalité
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	NR
	Séquence dans le temps	01/06/2007 - 30/05/2019
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Résultats: - par campagne (de 2006 à 2019) et tranche d'âge: tableau des données et graphique - sur les périodes 2007-2010, 2010-2013, 2013-2019 Résultats bruts non commentés
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Uniquement tableaux de données et graphique
	Limites/ Biais de l'étude	
	Discussion et conclusion des auteurs	
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le(s)lecteur(s)	Non
	Commentaires lecteur(s)	Taux de mortalité élevés, quelles que soient la campagne et la classe d'âge, notamment en 2008/09 et 2009/10, diminution en 2010/11, augmentation en 2011/12 et 2012/13, puis à partir de juillet 2013, tendance à la baisse, avec fluctuations, sauf pour les 0-21 jours: stables entre 2012/13 (11 %) et 2013/14 (11,3 %), augmentation notable en 2014/15 (20 %), 2015/16 (20,2 %), 2016/17 (19,1 %), puis diminution 2018/19 (8,6 %) Taux de mortalité déjà élevés avant l'installation des éoliennes Sur les campagnes 2012/13 et 2013/14 (construction puis mise en service des éoliennes), mortalité: 0-21j: 11% - 11,3%; 21j - 6 mois: 11 % - 10,4 %; 6 mois-2 ans: 13 % - 8,5 %; >2ans: 8 % - 7,5 %
	Autre(s) remarque(s)	Non
Conclusions	Incertitude/Niveau de preuve	Incertitude faible
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Présentation	Titre	Rapport géobiologique parc éolien des Quatre Seigneurs de Puceul (D58)
	Date	Date du rapport non mentionnée; visites entre janvier et avril 2019
	Auteur(s)	Géobiologues Luc Leroy / Philippe Dugast / Stéphane Demée
	Société/ entreprise	NR
	Objectif(s)	Non précisé, ce rapport n'est pas rédigé, il comprend un sommaire et des éléments, sans texte explicatif
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Descriptive, empirique; "perception tellurique", analyse électrique, "ressentis", analyse des coupures des liaisons équipotentielles
	Description du site d'étude	Deux sites concernés (élevages de Mme Bouvet et M. Mme Potiron), plus le "PDL" (page 8/32, non explicité). "Trou n°1" 13/32: de quoi s'agit-il? « Ont fait des "trous" en mars 2019 » (carte 15/32)
	Paramètres physiques étudiés	Tension et intensité des courants; "perception tellurique", analyse électrique, "ressentis" pendant et en dehors de l'activité des éoliennes; lors de "l'ouverture des écrans" des éoliennes 4/3/2/1
	Paramètres sanitaires étudiés	Non (mais sont évoqués agitation des vaches, et baisse de production de lait)
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Non décrite; lorsque décrite mesures qualifiées de "hors protocole"
	Séquence dans le temps	Postérieur à la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	Ligne de 400V en contact avec la végétation sur le lieudit "les enclos". Mesures de courants induits de 10mA à 57mA.. "perturbations", "actions"... termes abscons. Pas de différence quand les éoliennes ne tournent pas (mars 2019) Tableau page 24/32 et "frise chronologique" pages 25+26/32
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	Non
	Limites/ Biais de l'étude	Limites méthodologiques majeures
	Discussion et conclusion des auteurs	Mise en évidence de courants de fuites ou induits sur les structures de l'exploitation. Présence de "résistance" entre les éoliennes, présence de "bandes perturbées"
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Pas de présentation de la méthode/protocole, confusion entre les mesures de flux magnétique et courant induits. Notions électromagnétiques élémentaires non maîtrisées par les auteurs. Instruments de mesures avec forte incertitude (voltmètre bas de gamme) Le rapport est très confus et ne décrit pas l'approche des auteurs sur leurs notions de "bandes telluriques". Ce rapport n'est ni technique, ni scientifique. Les auteurs ne maîtrisent pas les notions élémentaires de champs électromagnétiques. Les mesures présentées peuvent éventuellement mettre en évidence des anomalies du réseau électrique
	Autre(s) remarque(s)	Ce rapport n'est pas rédigé, pas clair, avec du jargon...
	Incertitude/Niveau de preuve	Limites méthodologiques majeures
Conclusions	Etude à retenir pour l'expertise	Non

Présentation	Titre	Suivi de la mortalité dans quatre élevages du département de Loire-Atlantique (D60-Omar 2019)
	Date	06/09/2019
	Auteur(s)	Omar (observatoire de la mortalité des animaux de rente)
	Objectif(s)	Bilan des mortalités de quatre élevages déclarant avoir des problèmes sanitaires dans leurs élevages depuis l'arrivée du parc éolien en 2012
Design/protocole de l'étude	Type d'étude	Etude descriptive
	Description du site d'étude	quatre élevages, dont les deux élevages objets de la saisine
	Paramètres physiques étudiés	SO
	Paramètres sanitaires étudiés	Mortalité: - Taux de mortalité trimestriel - Par campagne et par classe d'âge: < 8j, 8-20j, 21j-6 mois, 6 mois-2 ans, > 2ans
	Méthode d'obtention des paramètres et sa validité/validation	Notifications centralisées dans la BDNI (base de données nationale d'identification)
	Séquence dans le temps	Juillet 2006 - juin 2018 Avant et après la construction et la mise en service des éoliennes
Analyse statistique (si présentée)	Méthode d'analyse statistique Ajustement Puissance	SO
Résultats	Résultats	<u>Résultats trimestriels:</u> <u>Taux de mortalité trimestriel:</u> M. Potiron: mortalités historiquement beaucoup plus élevées Il ne semble pas y avoir de rupture de tendance entre janvier 2012 et janvier 2013 pour aucun des élevages <u>Nombre de morts trimestriels et temps de présence en nombre de bovins :</u> confirment les résultats du taux de mortalité. <u>Mortalité - temps de présence cumulés avant/après 2012</u> sur 22 trimestres, sur la période jan 2013 - juillet 2018 par rapport à la période juin 2006 - janvier 2012: M. Potiron: baisse de mortalité sur 2013-2018 par rapport à 2006-2012 Mme Bouvet: + 9 morts; + 6 bovins en moyenne <u>Par campagne et classe d'âge:</u> M. Potiron: augmentation mortalité petits veaux depuis 2012-2013. Amélioration de la mortalité de jeunes animaux 21j-24 mois à partir de la campagne 2013-2014. Blocage mouvements à l'automne 2015 semble avoir eu un impact sur la mortalité des veaux 8-21 jours (mortalité 0-7j possiblement reportée sur cette classe d'âge) et des adultes. Mme Bouvet: augmentation mortalité jeunes veaux depuis 2008-2009, puis diminution en 2017-2018. Impact du blocage des mouvements en 2015 sur mortalité des 21J-6 mois et adultes
Discussion et conclusions de(s) l'auteur(s)	Informations complémentaires	SO
	Limites/ Biais de l'étude	Non
	Discussion et conclusion des auteurs	L'analyse graphique visuelle ne montre pas de dégradation de la mortalité des 4 élevages qui puisse faire penser à une cause commune d'autant que la mortalité s'améliore dans certains élevages depuis 2012 ou la dégradation est antérieure à l'installation du parc éolien
Avis du GT	Liens d'intérêt potentiels repérés par le GT	Non
	Commentaires du GT	Intérêt: étude réalisée spécifiquement dans l'objectif d'envisager un éventuel impact de l'installation des éoliennes, en 2012, sur la mortalité dans 4 élevages, dont M. Potiron et Mme Bouvet. Blocage des mouvements à l'automne 2015 (campagne 2015-2016): rejoint la question d'un problème sanitaire en 2015-2016 cité dans les fiches Omar D48 et D49 Limites: résultats graphiques
	Autre(s) remarque(s)	Il ne semble pas non plus y avoir de rupture de tendance entre janvier 2013 et janvier 2014 pour aucun des élevages. Envisager la question de la pertinence du suivi des mortalités comme indicateur. Mention pour l'élevage de M. Potiron de mortalité trimestrielle beaucoup plus élevée de manière historique
Conclusions du GT	Incertitude/Niveau de preuve	Incertitude faible
	Etude à retenir pour l'expertise	Oui

Annexe 4 Simulations de courants parasites entre l'éolienne 4 et le PdL

Le GT a réalisé des simulations des courants parasites dans les écrans entre E4 et le PdL (cf. Figure 43 à Figure 46 infra) afin d'estimer si l'écoulement de ces courants dans les écrans ou la câblote de terre est susceptible de provoquer des tensions de pas perceptibles par les bovins.

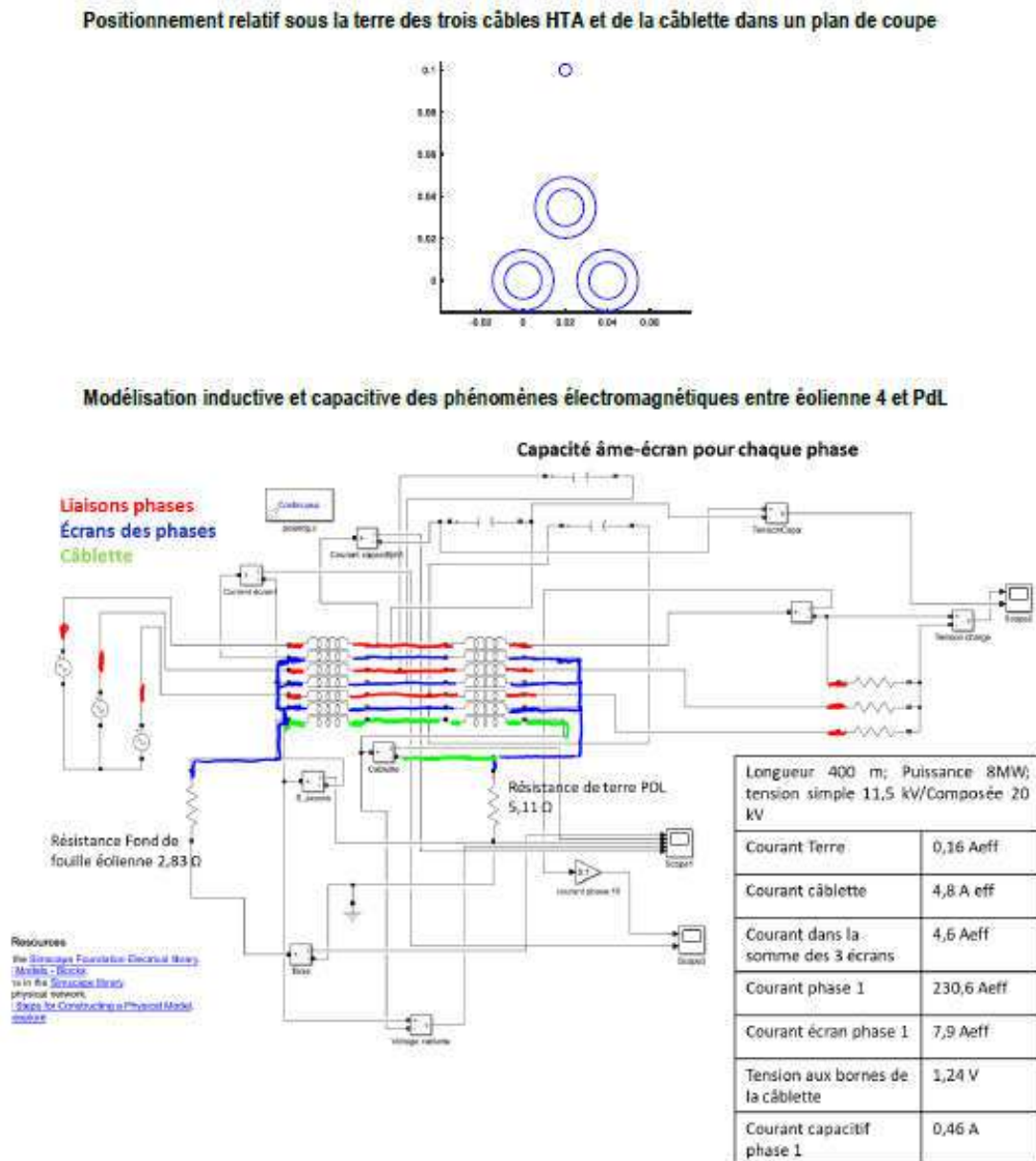


Figure 43 Simulation des courants entre l'éolienne 4 et le PdL

Le schéma de simulation des courants parasites d'origine inductive et capacitive ci-dessus (Figure 43) montre les câblages entre une éolienne fictive fournissant 8 MW et le PdL situé à 400 m. Le modèle du bloc central inclut les trois câbles de phase (âme et blindage), la câblote équipotentielle entre les éoliennes et le PdL ainsi que les capacités entre conducteur de phase et écran. Les valeurs des systèmes de mises à la terre sont celles mesurées sur le site étudié.

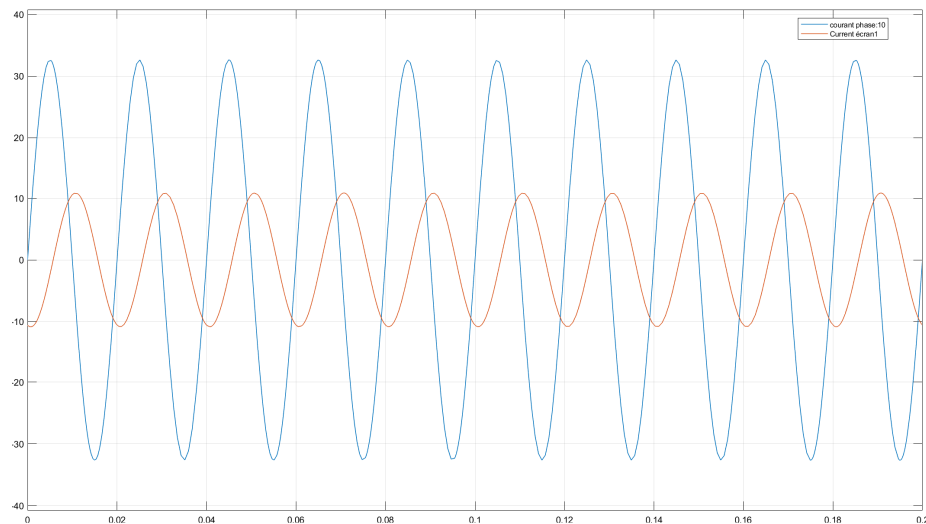
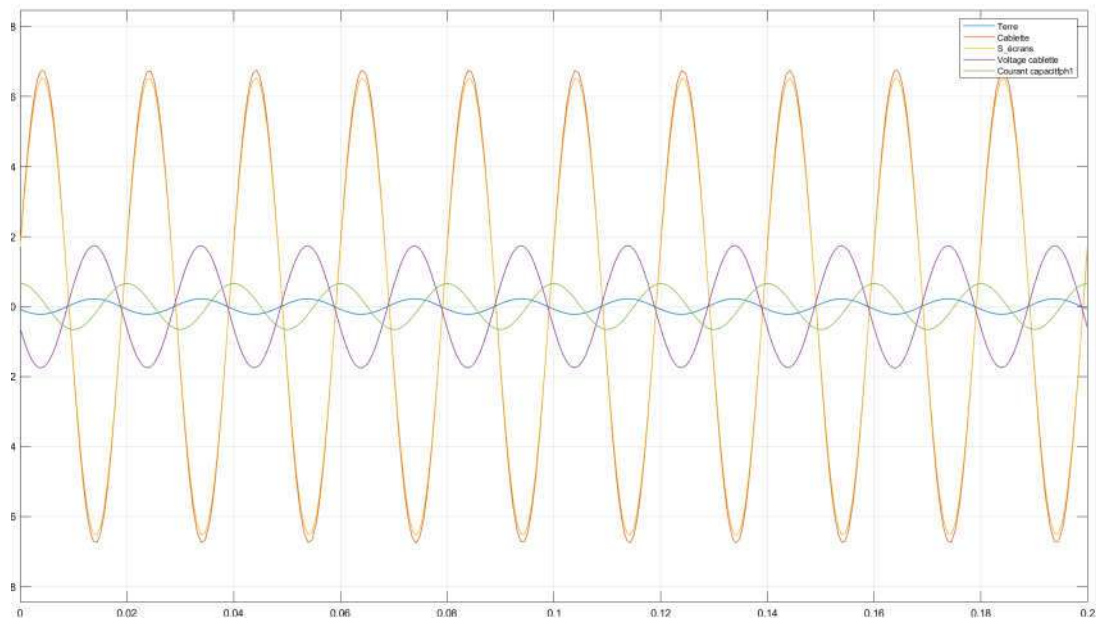


Figure 44 Courants phase 1 (bleu) et écran 1 (orange)

La Figure 44 ci-dessus met en évidence le courant principal de 230 Aeff circulant dans la phase 1 (divisé par 10 pour des questions de visualisation), et le courant induit par les couplages magnétique et capacitif dans l'écran de cette même phase (8 Aeff).



Rouge = courant dans la câblote; bleu = courant passant dans la terre ; orange = somme des courants dans les écrans ; violet = tension aux bornes de la câblote (1,2 V) ; Vert = courant capacitif de la phase 1

Figure 45 Courants : terre, câblote, somme des écrans, tension aux bornes de la câblote (400 m)

La Figure 45 ci-dessus montre la somme vectorielle des trois courants d'écrans (beaucoup plus faible que le courant d'un seul écran, de l'ordre de 8 Aeff) qui vont s'additionner au niveau de la barrette de terre pour se reboucler à la fois par la câblote et la terre via les systèmes de mise à la terre.

Le courant dans la câblote est de 4,7 Aeff alors que le reste s'écoule par la terre (152 mA). En particulier, on voit d'ores et déjà que ce courant de circulation par la terre ne peut conduire à des tensions de pas significatives. En effet la valeur de la tension aux bornes de la câblote est de l'ordre de 1,2 V eff pour 400 m de distance ce qui conduirait à une tension de pas pour une vache de 1/200 soit 6 mVeff. Il n'est donc pas envisageable d'imaginer des courants vagabonds issus des écrans se rebouclant par la terre sous les fermes situées entre 700 et plus de 1000 m puisque

la câblette et la terre entre fonds de fouille constituent le chemin le plus court pour refermer le circuit.

En revanche si les écrans ne sont pas connectés à la terre à l'une des extrémités, la simulation conduit aux résultats présentés sur la Figure 46 suivante, soit une tension de 6 Veff entre l'écran et la terre mais non accessible à un bovin.

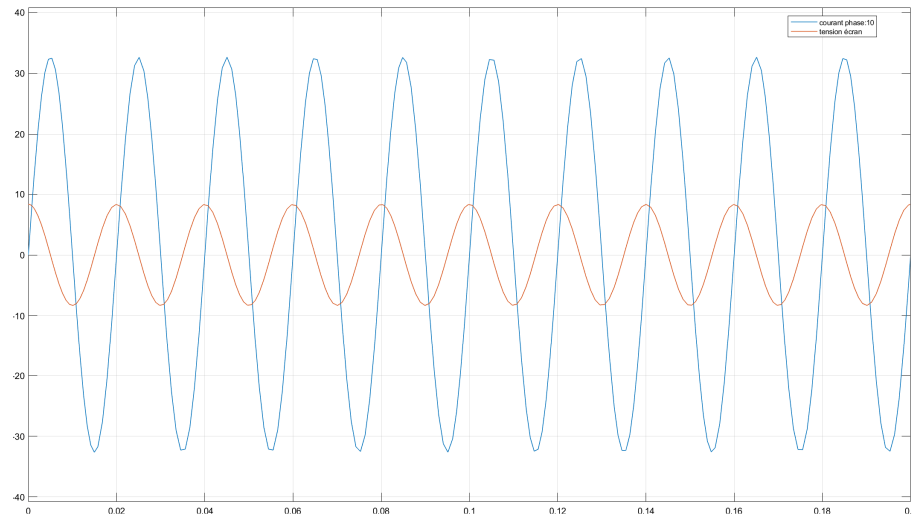


Figure 46 Tension de l'écran 1 (6Veff)

Remarque : cette valeur a été confrontée à la valeur issue d'un guide IEEE (sous forme d'abaques)⁴⁵ qui donne un résultat tout à fait similaire (5,3 Veff) et valide un certain nombre d'hypothèses prises à l'absence de toutes les données nécessaires dans les documents accessibles ainsi que la justesse de modèles utilisés ci-dessus pour représenter le principe de fonctionnement.

⁴⁵ Environ 6,2 Veff (IEEE) pour 7 Veff en simulation concernant le conducteur au milieu de la nappe et 9,2 Veff au lieu de 10 Veff en simulation pour les deux conducteurs latéraux

Annexe 5 Analyse statistique des rapports D37-Filière Blanche 2016 et D47-Filière Blanche 2017

Dans le cadre de l'analyse de l'ensemble des documents disponibles, le GT s'est interrogé sur de potentielles faiblesses statistiques dans deux rapports : (1) le rapport du 31 mars 2016 « Analyses statistiques - Relation entre la production électrique du parc éolien et les performances d'élevage » (D37-Filière Blanche 2016) et (2) le rapport du 3 mai 2017 « Évolution des performances d'élevage. Période 28 février / 8 mars 2017 » (D47-Filière Blanche 2017). Pour répondre à ces interrogations, l'unité Méthodologie et Etudes (UME) de la Direction d'évaluation des risques (DER) à l'Anses a été saisie pour réaliser une analyse critique complémentaire de ces rapports. Dans ce contexte, il est apparu nécessaire d'auditionner leur auteur pour obtenir des précisions sur les méthodes et résultats obtenus.

(1) Rapport du 31 mars 2016 « Analyses statistiques - Relation entre la production électrique du parc éolien et les performances d'élevage » (D37-Filière Blanche 2016)

Ce rapport analyse la relation entre '*Traites avec chutes de faisceaux*' et diverses variables explicatives ('*Production électrique*'...). Son auteur observe (1) une corrélation significative, mais faible ($r^2=0,27$), entre traites avec chute de gobelets et production électrique sur les deux premiers mois de mise en service des éoliennes, (2) une absence de corrélation sur la période juillet 2013 – février 2016, et (3) que les différentes variables ne permettent pas d'expliquer la variabilité des traites avec chutes de gobelets. Il conclut à un effet significatif du niveau de production électrique du parc sur le comportement des vaches lors de la traite au cours des deux premiers mois suivant la mise en service du parc, mais pas de façon durable.

L'analyse critique de ce document conduit aux remarques suivantes :

- Le rapport est complètement centré sur les traites avec chutes de gobelets, mais pas sur les paramètres repris dans le rapport suivant du même auteur. Par exemple il n'y a pas de données sur le nombre de passages au robot.
- Les analyses sont peu approfondies (logiciel utilisé, construction du modèle, modèles non linéaires). Le logiciel freeware utilisé n'est pas mentionné et n'a pas pu être fourni. Compte tenu de la dispersion des points, une régression linéaire n'était pas la méthode d'analyse statistique la plus adaptée et aucune analyse non linéaire n'a été effectuée. La corrélation obtenue est faible : en moyenne, quand la production électrique augmente, les chutes de gobelets augmentent, mais la production électrique n'explique que 27 % de la variabilité, ce qui est faible. L'auteur a ensuite essayé de prendre en compte d'autres variables que la production électrique, mais les modèles ont été construits en bloc, i.e. toutes les variables explicatives ont été mises ensemble pour expliquer la chute des gobelets, alors qu'il aurait normalement fallu tester pas à pas, en testant une variable à la fois. Des facteurs de confusion (i.e. une importante présence de mouches durant cette période estivale) pourraient influencer l'agitation des vaches, donc la chute des gobelets, mais n'ont pas été recherchés.
- Les données n'ont pas été ajustées et la puissance statistique n'a pas été mesurée.
- Les données relatives aux chutes de gobelets sont systématiquement supérieures à 10 %. Selon l'auteur du rapport, des données inférieures à 15 % peuvent être considérées comme normales, surtout pour des vaches de race Normande. Selon le GT, les races bovines n'ont pas d'influence sur la proportion de chutes de gobelets. Les vaches de race Normande peuvent être plus difficiles à faire entrer dans le robot, mais plus calmes une fois qu'elles y sont. Ponctuellement, les primipares tapent avec leurs postérieurs et peuvent entraîner ces chutes.

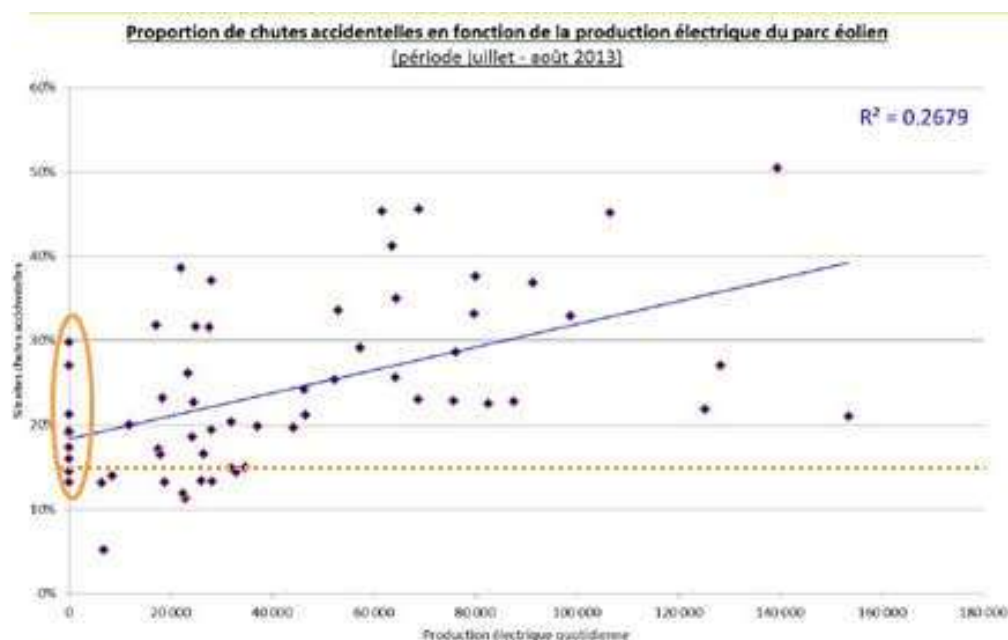


Figure 47 Proportion de chutes accidentelles en fonction de la production électrique du parc éolien (période juillet-août 2013)

- Il y a eu deux périodes sans production électrique, du 17 au 23 juillet et du 30 au 31 juillet 2013, au cours desquelles il n'y a pas d'effet notable sur les chutes de gobelets.
- La relation est étudiée sur une période de deux mois. Le choix de cette période de deux mois semble aléatoire et est discutable. Les effets observés sont faibles dans des conditions spécifiques.
- Plusieurs points du rapport n'appellent pas de remarque particulière : (1) l'absence de corrélation sur la période juillet 2013 – février 2016, (2) le fait que la régression multiple ne permette pas d'expliquer la variabilité des traies avec chutes de gobelets, (3) les conclusions sur un effet significatif du niveau de production électrique du parc sur le comportement des vaches lors de la traite au cours des deux premiers mois suivant la mise en service du parc mais celle-ci n'est pas durable.
- Les éléments de corrélation apportés par ce rapport ne présentaient d'intérêt que s'il avait été préalablement démontré qu'il y avait effectivement une différence entre les pourcentages de traies avec chute de gobelets avant et après la mise en marche des éoliennes.

Lors de son audition l'auteur du rapport avait indiqué que cette démonstration avait été faite dans un courrier du 12 octobre 2015 et un rapport du 20 octobre 2015 qu'il a transmis à l'Agence et qui ont également été analysés.

Il ressort de cette analyse complémentaire que, bien que le graphique présenté dans le rapport du 12/10/2015 puisse suggérer une différence dans les performances d'élevage avant et après la mise en fonction des éoliennes, cette différence ou son éventuelle significativité n'est jamais démontrée de manière statistique dans les rapports. Ces deux rapports, tout comme le rapport D37-Filière Blanche 2016, se contentent d'essayer de mettre en évidence une corrélation entre fonctionnement du parc éolien et pourcentages de traies avec chute de gobelets. Un certain nombre d'éléments viennent remettre en question la validité de ces observations :

- Dans le courrier D61-Filière Blanche 2015 du 12/10/2015, le critère « *Timeline* », utilisé pour mettre en évidence la mise en route du parc éolien n'est pas expliqué, et développé par la société qui exploite les éoliennes (ABO Wind) ce qui questionne quant à sa fiabilité. Par ailleurs ce critère, présenté comme étant compris entre 1 et 5, présente des valeurs pouvant aller jusqu'à 8, ce qui remet encore en cause la fiabilité

de cet indicateur. Ce rapport est purement descriptif (avec un graphe aux échelles difficilement compréhensibles), et l'auteur tire des conclusions (« *Cela confirme un lien entre la mise en service des éoliennes et l'apparition de troubles sur le troupeau* ») qui ne sont pas soutenues par les analyses présentées.

- Le courrier D62-Filière Blanche 2015 du 20/10/2015, n'apporte pas de nouvel élément par rapport au document D37-Filière Blanche 2016. Les méthodes utilisées pour déterminer des corrélations entre la production électrique et les anomalies de traites sont manquantes. Il n'est par exemple pas possible de savoir comment les données manquantes (de production électrique des éoliennes) ont été gérées dans les mesures de corrélation. Par ailleurs, lors de l'étude de séries temporelles, il est important de tenir compte des tendances des séries et de les corriger avant de procéder à l'analyse des corrélations. Ce dernier point est particulièrement important dans le contexte de ce rapport où la période d'étude choisie se limite à la seule période avec une tendance claire (augmentation de la production électrique et des anomalies de traite). Les motivations du choix de cette période très réduite (12/06/2013 au 01/08/2013) par rapport au rapport précédent (02/03/2011 au 12/11/2014) posent à nouveau question. Enfin, l'éolienne 1, qui est la plus proche de l'élevage, est celle qui présente l'une des corrélations les plus faibles parmi toutes les éoliennes étudiées, ce qui remet encore en question la réalité de la corrélation observée, et ne soutient pas l'hypothèse de causalité proposée par l'auteur. En effet, cette éolienne étant la plus proche de l'exploitation de M. et Mme Potiron, on s'attendrait donc à ce que ce soit celle qui présente la plus forte corrélation.

Par conséquent, les documents D61-Filière Blanche 2015 et D62-Filière Blanche 2015 n'apportent aucun élément nouveau par rapport aux études précédemment analysées et ne permettent pas de conclure quant à un effet de la mise en route des éoliennes sur les performances d'élevage.

(2) Rapport du 3 mai 2017 « Évolution des performances d'élevage. Période 28 février / 8 mars 2017 » (D47-Filière Blanche 2017)

L'auteur a comparé des paramètres d'élevage entre périodes avec et sans fonctionnement des éoliennes (trois périodes de quatre jours). Il a observé (1) une amélioration qualitative des paramètres de traite, (2) une amélioration significative de certains de ces paramètres et (3) des passages des VL au robot plus nombreux durant la période nocturne. Il conclut à une amélioration des performances d'élevage et du comportement des animaux au cours de l'arrêt des éoliennes, avec une dégradation rapide lors de la remise en service du parc éolien (retour à la situation initiale avant l'arrêt).

L'analyse critique de ce document, ainsi que l'audition de son auteur, ont fait ressortir les éléments suivants :

- La période d'arrêt des éoliennes est de 91 h, et non de quatre jours calendaires, alors que l'analyse a porté sur des jours calendaires. De ce fait, les périodes ne correspondent pas complètement, l'arrêt effectif des éoliennes étant à cheval sur les périodes « avant » (l'arrêt des éoliennes) et « pendant » établies en jours calendaires, cf. Figure 48.



Figure 48 Période d'arrêt des éoliennes

- Dans l'étude, ce ne sont pas les mêmes VL ni le même nombre de VL qui sont traités tous les jours sur ces 12 jours : certaines vaches sont traitées certains jours, d'autres ne le sont pas. Il y a eu exclusion de VL pour ne conserver que celles traitées sur les trois périodes, i.e. 59 VL ont été conservées qui se sont présentées tous les jours à la traite. Cependant, en prenant le nombre de VL qui allait jour par jour au robot de traite (données fournies par l'auteur lors de son audition), autrement dit en ajoutant les VL exclues sur les périodes « avant », « pendant », « après » (l'arrêt des éoliennes), il ressort que 13 VL ont été exclues pendant la période « avant », 6 pendant la période « pendant », et 15 pendant la période « après » (cf. Figure 49). Ainsi, le nombre de VL à la traite est le plus faible pendant la période d'arrêt des éoliennes.

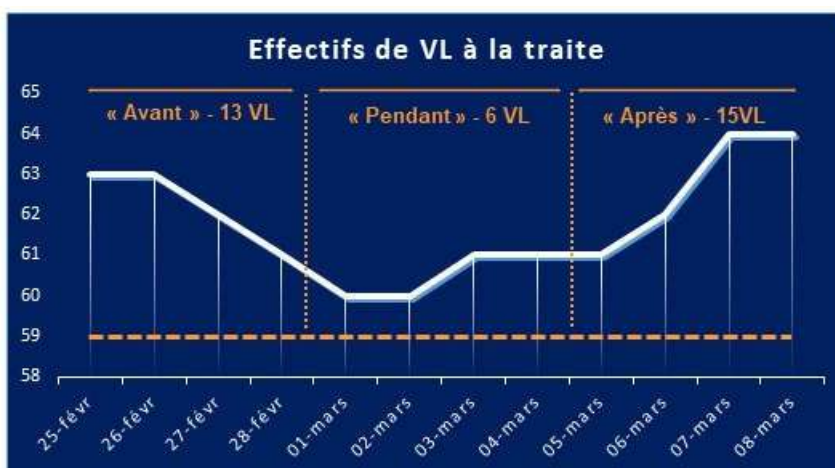


Figure 49 Effectifs de VL à la traite

- Il n'y a pas eu d'ajustement, ni de test de puissance statistique.
- Dans le rapport figure une augmentation du nombre de passages extrêmement élevée par rapport au nombre de traites mais il s'agit en fait d'une erreur du rapport.
- Plusieurs erreurs ont été relevées dans le rapport, et confirmées par son auteur :
 - Le nombre de passages au robot se fait sur quatre jours et non par jour,
 - Le nombre de passages au robot sur la période « pendant » n'est pas de 757, mais de 616 passages. Par conséquent, sur la période « pendant » (l'arrêt des éoliennes), la fréquence de passages robot par VL par jour est de 2,61 et non 3,21, et l'augmentation de la fréquentation du robot n'est pas de 143 % mais 16,7 %. Le nombre de traites avec chute de gobelets n'est pas stable, mais augmente de 13 % (Tableau 39).

En résumé, l'arrêt du site éolien sur une période 4 jours induit les effets suivants :

- augmentation de la production laitière : + 2,7%
- forte augmentation de la fréquentation du robot : ~~+ 142%~~ ~~+ 42%~~ +18,7%
- forte diminution du nombre de traites incomplètes : - 62%
- stabilité du nombre de traites avec chutes : augmentation +13%

Critères	1. AVANT	2. PENDANT	3. APRES
Nbre de vaches	59	59	59
Production quotidienne (kg lait/vl/jour)	22,5	23,1	22,8
Nbre passages robot / ~~jour~~ 4 jours	528	616 ~~757~~ + + +	554
Nbre traites / jour	116	125 +	119
Nbre traites incomplètes / jour	8	3	7
Nbre traites avec chutes / jour	15	17	15
Fréquence passages robot par vl par jour	2,24	2,61 ~~3,21~~	2,35
Fréquence traite par vl par jour	1,97	2,12	2,01
Fréquence traite incomplète par vl par jour	7%	3%	6%
Fréquence traite avec chutes par vl par jour	13%	14%	12%

Tableau 39 Corrections dans le tableau relatif aux effets de l'arrêt du site éolien

L'ANOVA utilisée pour comparer les données est inappropriée dans la mesure où les mêmes vaches sont testées dans différentes conditions, alors que, pour utiliser une ANOVA, il faut une indépendance entre les différents échantillons.

Critères	Probabilité	Conclusion
Production laitière	0,69	Différence non significative
Passages robot	0,00	Différence significative
Nbre traites	0,03	Différence significative
Traitement incomplètes	0,02	Différence significative
Traitement avec chutes	0,79	Différence non significative

Données erronées

Tableau 40 Corrections dans le tableau relatif aux conclusions du rapport

- L'auteur indique que les passages au robot des VL sont plus nombreux durant la période nocturne. Il n'y a pas eu de test statistique pour étayer ce propos.
- L'analyse de cette étude montre qu'il n'y a pas de diminution du nombre de traites avec chutes, mais plutôt une augmentation, pendant l'arrêt des éoliennes.

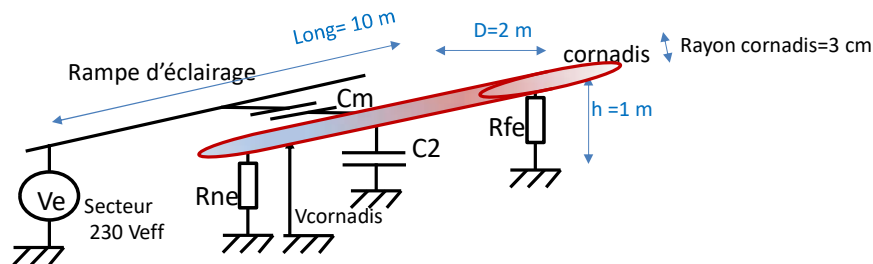
En résumé, l'analyse critique de ces deux études conduit aux conclusions suivantes :

- L'étude relative à la « relation entre la production électrique du parc éolien et les performances d'élevage » (D37-Filière Blanche 2016) est une étude basée sur des données disponibles limitées liées au caractère rétrospectif de l'étude (donc indépendant de l'auteur de l'étude), sans données sur les passages au robot et concluant sur des effets faibles dans des conditions spécifiques (deux mois) dont le choix n'est pas clairement justifié. Ce rapport aurait pu être conservé sous réserve que les courriers D61 et D62-Filière Blanche 2015 aient effectivement montré une influence des éoliennes, ce qui n'est pas le cas.
- L'étude relative à l'évolution des performances d'élevage – période 28 février / 8 mars 2017 (D47-Filière Blanche 2017) est une étude aux méthodes et conclusions inexactes (choix des périodes, erreur, biais dans les données, test statistique inapproprié). Par conséquent, ce rapport ne peut pas non plus être retenu par le GT pour évaluer l'imputabilité au parc éolien des Quatre Seigneurs de troubles chez les bovins dans les élevages de Mme Bouvet et de M. et Mme Potiron.

Annexe 6 Apparition de tensions parasites sur les éléments métalliques présents dans les étables

Considérons un cornadis dont la disposition serait parallèle à des câbles de distribution électrique cheminant au plafond pour l'éclairage par exemple comme le montre la Figure 50 ci-dessous avec des dimensions typiques.

Figure 50 Disposition d'un cornadis et d'une rampe d'éclairage



Un calcul donne comme ordre de grandeur des capacités parasites de couplage entre la rampe d'éclairage et le cornadis les valeurs suivantes : $C_m = 6 \text{ pF}$ et celle de couplage entre le cornadis et la terre $C_2 = 127 \text{ pF}$. Avec des hypothèses simplifiées en supposant que le Cornadis ne présente pas une bonne liaison avec la terre, c'est-à-dire que les résistances R_{ne} et R_{fe} sont assez grandes, le calcul conduit à une tension de contact d'une valeur importante dans le contexte bovins de l'ordre de $V_{cornadis} = \frac{C_m}{C_m + C_2} \cdot V_e = 10 \text{ Veff}$. Notons cependant que cette valeur peut être qualifiée de pire cas (parallélisme sur une grande longueur, cornadis non maintenu au potentiel de la terre, ...). La tension parasite obtenue est indépendante du courant transité par la rampe de distribution.

Annexe 7 Recherche bibliographique

Les recherches bibliographiques ont été menées sur les bases de données Scopus® (www.scopus.com) et Web of Science® (<http://webofknowledge.com>). Le profil de recherche bibliographique a été élaboré avec les experts selon le modèle Anses (ANSES/PR1/9//06-01) afin de définir les mots-clés permettant de répondre à la question de la saisine (Tableau 41).

Tableau 41 Profil de recherche bibliographique

Thématique		Anglais
Population		Farm animal / dairy cow / heifer / cattle / bovine / ovine / calf / calves / lambs / wild animal / wildlife / rodent / mice / zebra fish / mink / gerbil / small rodent
Types d'études		Epidemiology / Environmental exposure / Ethology
Technologie	Eoliennes	Wind farm, wind turbine, wind park, wind farm field, onshore wind turbine, onshore wind farm
	Electricité	Extremely low frequency electromagnetic fields / Magnetic fields / Power-frequency magnetic fields / ELF-magnetic fields / Power lines / High Voltage power lines / High tension wires / Sheath current / Underground cable / Stray currents / Leakage current / Leaking current / Earth leakage current / Earth leaking current / Ground leakage current / Ground leaking current / Step voltage / Pace voltage
	Infrasons	Low frequency noise / Infrasound / Low frequency sound
	Vibrations	Vibration, low frequency noise, extreme low frequency noise
Pathologie étudiée		Animal health hazard / health disorder / stress / welfare / reproduction / milk production / mastitis / mammitis / somatic cells count / water intake / feed intake / feeding behavior / feeding behavior / growth retardation / behavioral effect / behavioural effect / behavior / behaviour / lameness

Termes d'exclusion	Offshore wind turbine / offshore wind farm		Périodicité	-
Périmètre (Zone géographique)	-	Bases de données	Scopus / Web of science	
Organismes référents sur le sujet				
Rapports et publications identifiées en amont de la saisine	Rapport Afsset 2010 « Effets sanitaires des champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences » Rapport Anses 2013-SA-0037 : « Demande d'approfondissement de l'expertise scientifique relative aux conséquences des champs électromagnétiques d'extrêmement basses fréquences sur la santé animale et les performances zootechniques » Rapport Anses 2013-SA-0115 : « Evaluation des effets sanitaires des basses fréquences sonores et infrasons dus aux parcs éoliens »			
Projets identifiés (ANR, APRs Anses, ERA-NET etc.)	Deux études financées par l'APR Anses sur les effets sanitaires des éoliennes sur l'être humain : -Cibelius https://www.cerema.fr/fr/actualites/projet-recherche-cibelius-determiner-impact-eoliennes-sante - RIBEolh https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02415609			
Logiciel bibliographique utilisé	EndNote			

Les moteurs de recherche ont été interrogés avec les quatre algorithmes suivants : éoliennes – animaux – troubles, électricité – animaux – troubles – études, infrasons – animaux – troubles et vibrations – animaux – troubles. Les termes ont été recherchés dans les titres, abstracts et mots-clés.

Les publications ainsi identifiées ont été sélectionnées en deux étapes, d'abord sur la base de la lecture du titre et du résumé, puis sur la base de la lecture du texte intégral, par binôme entre les huit experts. A chaque étape, les binômes d'experts ont complété un tableur Excel® en indiquant la pertinence des articles et leurs domaines d'intérêts pour le traitement de la saisine.

Le résultat de la première étape, qui consistait principalement à éliminer les articles non pertinents pour le traitement de la saisine, a été documenté dans une grille d'analyse de la pertinence des articles pour le traitement de la saisine. Chaque expert a indiqué 'oui', 'non', 'NSP' (ne sait pas), pour chacune des six questions suivantes :

- Q1 - L'article décrit-il des effets sanitaires ou autres (comportement, ...) des éoliennes sur des animaux d'élevage ?
- Q2 - L'article décrit-il des effets des infrasons sur des animaux d'élevages ?
- Q3 - L'article décrit-il des effets des CE/CEM sur des animaux d'élevages ?
- Q4 - L'article décrit-il des effets des vibrations sur des animaux d'élevages ?
- Q5 - L'article décrit-il des effets sanitaires ou autres (comportement, ...) des éoliennes sur la faune sauvage ?
- Q6 - Article jugé pertinent pour diverses raisons.

Une réponse 'oui' à l'une des six questions sélectionnait l'article pour l'étape suivante (après discussion au sein du binôme) sinon celui-ci était exclu du corpus bibliographique.

La seconde étape de sélection des articles sur lecture du texte complet était également effectuée en binôme d'expert et a été tracée dans un tableur Excel® indiquant les éléments d'intérêt de l'article et son intérêt pour la saisine ou au contraire son exclusion.

En complément de la recherche bibliographique effectuée avec les mots-clés définis initialement, d'autres publications (rapports, thèses ou articles scientifiques) ont été ajoutés au corpus bibliographique par les experts.

Le nombre d'études identifiées, sélectionnées et examinées en vue de leur éligibilité, ainsi que le nombre d'articles exclus pour chacun des thèmes est présenté sous forme de diagrammes de flux de type PRISMA (Figure 51).

Finalement, 36 références bibliographiques ont été conservées comme corpus bibliographique de base pour les travaux d'expertise portant sur cette saisine, dont :

- 18 articles pour la recherche « éoliennes »,
- 16 articles pour la recherche « électricité »,
- deux articles pour la recherche « infrasons »,
- aucun article pour la recherche « vibrations ».

Cette recherche a également tenu compte des publications recensées dans le cadre des expertises de l'Anses sur les conséquences des CEM EBF sur la santé animale et les performances zootechniques (Anses 2015, saisine 2013-SA-0037) et sur l'évaluation des effets sanitaires des basses fréquences sonores et infrasons dus aux parcs éoliens (Anses 2017, saisine 2013-SA-0115).

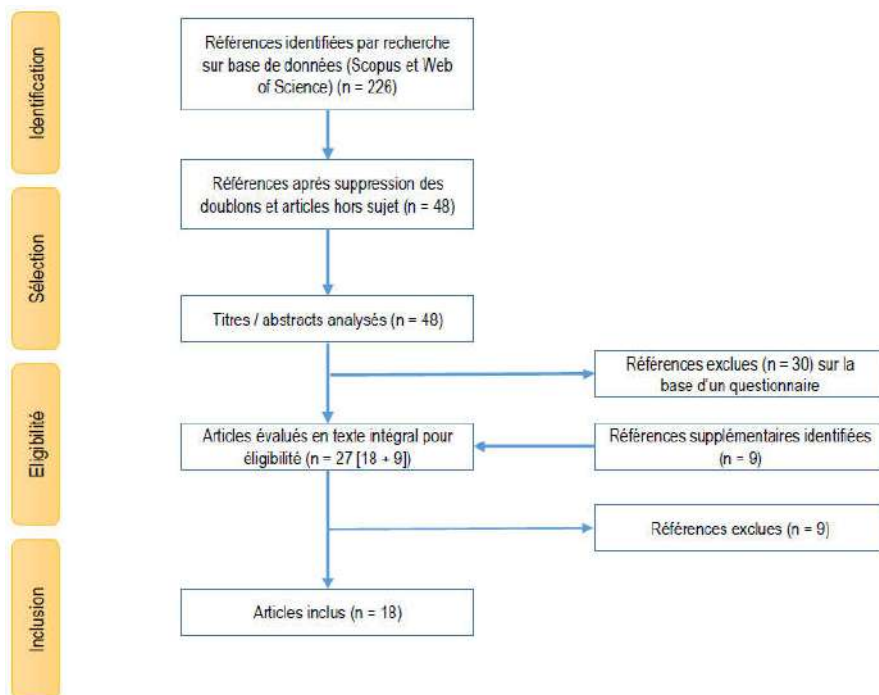


Diagramme Prisma pour la recherche
« éoliennes »

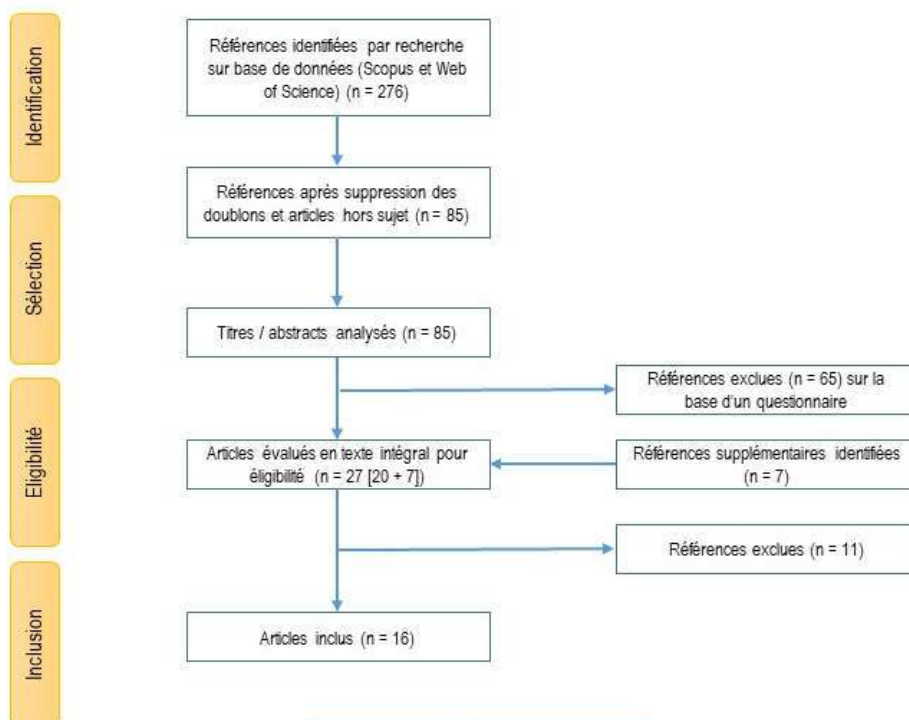
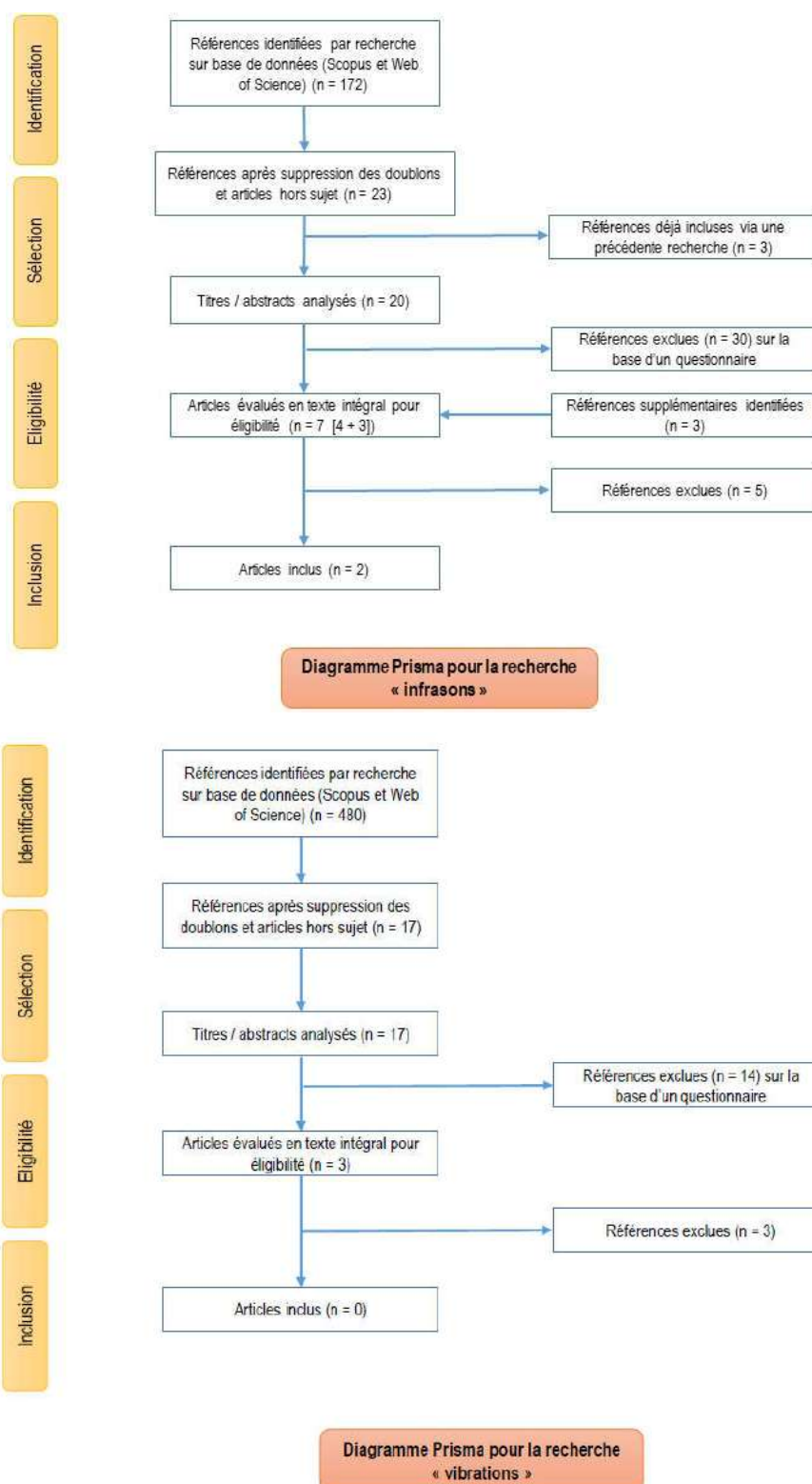


Diagramme Prisma pour la recherche
« électricité »

Figure 51 : Diagrammes de type PRISMA⁴⁶

⁴⁶ Gedda M (2015) Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. *Kinésithérapie* 15(157):39-44. doi:10.1016/j.kine.2014.11.004



anses

CONNAÎTRE, ÉVALUER, PROTÉGER

AGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE
de l'alimentation, de l'environnement et du travail

14 rue Pierre et Marie Curie 94701 Maisons-Alfort Cedex
Tél : 01 42 76 40 40
www.anses.fr — @Anses_fr