

**EXAMEN PROFESSIONNEL DE PROMOTION INTERNE  
D'INGÉNIEUR TERRITORIAL**

**SESSION 2022**

**ÉPREUVE DE PROJET OU D'ÉTUDE**

**ÉPREUVE D'ADMISSIBILITÉ :**

**L'établissement d'un projet ou étude portant sur l'une des options, choisie par le candidat lors de son inscription.**

Durée : 4 heures  
Coefficient : 5

**SPÉCIALITÉ : PREVENTION ET GESTION DES RISQUES**

**OPTION : SÉCURITÉ ET PRÉVENTION DES RISQUES**

**À LIRE ATTENTIVEMENT AVANT DE TRAITER LE SUJET :**

- ♦ Vous ne devez faire apparaître aucun signe distinctif dans votre copie, ni votre nom ou un nom fictif, ni initiales, ni votre numéro de convocation, ni le nom de votre collectivité employeur, de la commune où vous résidez ou du lieu de la salle d'examen où vous composez, ni nom de collectivité fictif non indiqué dans le sujet, ni signature ou paraphe.
- ♦ Sauf consignes particulières figurant dans le sujet, vous devez impérativement utiliser une seule et même couleur non effaçable pour écrire et/ou souligner. Seule l'encre noire ou l'encre bleue est autorisée. L'utilisation de plus d'une couleur, d'une couleur non autorisée, d'un surligneur pourra être considérée comme un signe distinctif.
- ♦ Le non-respect des règles ci-dessus peut entraîner l'annulation de la copie par le jury.
- ♦ Les feuilles de brouillon ne seront en aucun cas prises en compte.

**Ce sujet comprend 52 pages dont 1 annexe.**

**Il appartient au candidat de vérifier que le document comprend  
le nombre de pages indiqué.**

*S'il est incomplet, en avertir le surveillant.*

- ♦ Vous répondrez aux questions suivantes dans l'ordre qui vous convient, en indiquant impérativement leur numéro.
- ♦ Vous répondrez aux questions à l'aide des documents et de vos connaissances.
- ♦ Des réponses rédigées sont attendues et peuvent être accompagnées si besoin de tableaux, graphiques, schémas...

Ingénieur territorial, vous êtes directeur général des services techniques (DGST) de la commune d'Ingeville (10 000 habitants).

Le maire a décidé d'engager un projet de parc photovoltaïque sur sa commune. Le terrain envisagé pour ce projet est situé sur une ancienne décharge communale d'ordures ménagères exploitée entre 1980 et 2007. Ce nouvel usage serait l'opportunité de réhabiliter et de valoriser ce terrain délaissé. Il viendrait en outre satisfaire une promesse de campagne électorale.

L'ancienne décharge communale a été recouverte en fin d'exploitation d'une couche de terre drainante ainsi que d'une terre végétale en surface. Un cours d'eau permanent, « la rivière des eaux froides », s'écoule à l'est du site d'étude. Des torrents temporaires jouxtent cette ancienne décharge sur sa partie sud. Une source de captage d'eau destinée à l'irrigation est située en aval. Quelques habitations sont implantées à proximité du site (hameau du haut et hameau du bas), ainsi qu'un terrain de cross.

### **Question 1 (5 points)**

Vous rédigerez une note à l'attention du maire présentant les enjeux de la réhabilitation de cette ancienne décharge en parc photovoltaïque.

### **Question 2 (3 points)**

Le maire d'Ingeville vous demande de préciser les démarches réglementaires à suivre dans le cadre de la reconversion de ce site pollué.

### **Question 3 (8 points)**

La commune souhaite lancer un Appel à Projet (AAP) afin de sélectionner le porteur de projet d'aménagement du parc photovoltaïque. Celui-ci devra proposer les mesures de gestion du site pollué et les travaux à réaliser.

- a) Qu'est-ce qu'un AAP et quels avantages ce type de dispositif présente-t-il ? (2 points)
- b) Vous rédigerez une fiche prescriptive à l'attention des candidats à l'AAP sur les précautions à prendre par rapport à la protection de l'environnement et de la santé. Celle-ci sera annexée au cahier des charges. (4 points)
- c) Vous proposerez un calendrier pour conduire cet AAP. (2 points)

### **Question 4 (4 points)**

Des habitants des hameaux du haut et du bas, des usagers du terrain de cross et des agriculteurs voisins s'inquiètent des risques sanitaires possibles liés aux travaux de reconversion de cette ancienne décharge ainsi que du coût global du projet de réhabilitation. Par ailleurs, certains riverains craignent que la centrale photovoltaïque génère à l'avenir des nuisances et des risques pour la santé.

Le maire vous demande d'apporter les arguments lui permettant de rassurer les habitants et soutenir le projet.

## Liste des documents :

- Document 1 :** « Privilégier la dépollution in situ » - José Hidrio - *Environnement & technique. Cahier spécial* - décembre 2018 - 3 pages
- Document 2 :** « Le gouvernement veut encourager l'implantation de panneaux photovoltaïques sur des friches » - *AFP* - 3 novembre 2021 - 1 page
- Document 3 :** « La reconversion des sites et des friches urbaines pollués » (extrait) - *ADEME* - mars 2014 - 2 pages
- Document 4 :** « Sites et sols pollués : comment agir ? » (extrait) - *Préfecture de Région Normandie - ADEME- ARS* - novembre 2019 - 6 pages
- Document 5 :** « Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués » - *Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire* - août 2017 - 2 pages
- Document 6 :** « Évaluation du gisement relatif aux zones délaissées et artificialisées propices à l'implantation de centrales photovoltaïques. Synthèse » - *ADEME* - mars 2019 - 6 pages
- Document 7 :** « Appel à projets régional. Reconversion des friches industrielles. Etudes et Techniques de dépollution exemplaires. Règlement » (extrait) - *Région Grand Est* - 2021 - 11 pages
- Document 8 :** « Saint-Pierre-la-Cour. Centrale solaire : les riverains expriment leur désarroi » - *ouest-france.fr* - 30 novembre 2021 - 2 pages
- Document 9 :** « Etude d'impact sur l'environnement et la santé du projet de centrale photovoltaïque au sol : Aubigné-Racan » (extraits) - *sarthe.gouv.fr* - consulté en mars 2022 - 15 pages

## Liste des annexes

- Annexe A :** Emprise du projet - 1 page

### Documents reproduits avec l'autorisation du C.F.C.

*Certains documents peuvent comporter des renvois à des notes ou à des documents non fournis car non indispensables à la compréhension du sujet.*

# Privilégier la **dépollution in situ**



/ PAR JOSÉ HIDRIO, Directeur de projets RSK Environnement



© VTT STUDIO - ADOBESTOCK

**L**a société du Grand Paris Aménagement (GPAM) a lancé une opération d'aménagement mixte considérée comme un projet d'aménagement majeur du Grand Paris : la ZAC Maison Blanche à Neuilly-sur-Marne (93) à 15 km de Paris. De 4.000 à 4.200 logements collectifs, activités tertiaires et artisanales en lien avec le cluster de la ville durable (40.000 m<sup>2</sup>), commerces de proximité et services urbains (5.500 m<sup>2</sup>), équipements publics (scolaires, salle de spectacle et culturel, crèche), espaces publics majeurs et aménagements paysagers de qualité, vont prendre place sur le site de l'ancien hôpital psychiatrique Maison blanche, précédemment propriété de l'Établissement Public de Santé Maison blanche. La première phase du projet sera livrée en 2020 en lien avec la future gare du réseau Grand Paris Express (ligne 11 - 2025). La maîtrise d'ouvrage de la ZAC Maison blanche est entre les mains de Grand Paris Aménagement.

Le projet de ZAC Maison blanche a pour

objectif la création d'un nouveau quartier qui accueillera à terme environ 10.000 nouveaux habitants, des emplois, des équipements, des logements et des espaces de qualité, publics ou privés. Il vise également à restituer aux habitants et usagers de la commune, un quartier qui représente aujourd'hui une enclave. L'objectif, pour la Ville de Neuilly-sur-Marne et l'aménageur, est de faire de ce projet un véritable écoquartier, respectant les notions du développement urbain durable et ses trois piliers environnemental, social et économique.

## Des dizaines de sources potentielles de pollution

L'ancien hôpital psychiatrique Maison blanche a été créé fin du XIX<sup>ème</sup> siècle et couvre une surface d'environ 58 hectares. Le site est fermé depuis le début des années 2000 et est en cours de réaménagement urbain. Il est enregistré en tant qu'ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement) pour les activités de blanchisserie, stockage et

distribution de liquides inflammables, travail mécanique des métaux, ateliers de charge d'accumulateurs, ... Plusieurs dizaines de sources potentielles de pollution sont donc présentes sur site et liées aux activités actuelles et passées du site : centrale thermique avec nombreuses cuves de fioul, déchetterie, station-service, ateliers mécaniques, de menuiseries, blanchisserie, transformateurs électriques.

Dans ce contexte, GPAM en tant qu'aménageur de la ZAC Maison blanche a mandaté RSK Environnement depuis 2014 pour la réalisation des études de pollution. En tant que bureau d'études certifié LNE Sites et Sols Pollués (domaines A et B), nous avons conduit l'étude historique et documentaire ainsi que la réalisation d'investigations sur les milieux sol, gaz du sol, air intérieur et amiante et eaux souterraines (65 sondages, 40 piézomètres, piézaires, sondages MIP,...), suivi des niveaux et de la qualité des eaux souterraines pendant plusieurs

années. Il a ainsi été mis en évidence un impact en solvants chlorés (perchloroéthylène) dans les eaux souterraines liées à l'activité de l'ancienne blanchisserie du site. Cet impact non compatible sanitaire avec le projet d'aménagement prévu, nécessite donc la réalisation de travaux de dépollution sur les milieux concernés.

Nous avons ensuite réalisé un plan de gestion avec analyses de risques sanitaires en lien avec le projet d'aménagement, et calcul de seuils de réhabilitation du site, et conduit un test pilote de dépollution in situ sur les eaux souterraines et gaz du sol afin de valider les options de dépollution. Actuellement RSK Environnement intervient en tant que Maître d'œuvre des travaux de dépollution in situ qui ont débuté à l'été 2018 pour se terminer en septembre 2019.

► Château hospital  
Neuilly-sur-Marne

## Limiter les nuisances environnementales du projet

Pour le traitement de la pollution, l'enjeu consistait à respecter un planning de réalisation des travaux de dépollution court et dépendant des phasages d'aménagement du site, avec une volonté de privilégier le traitement in situ. Les travaux devaient également être effectués dans un cadre avec une forte coactivité

liée à l'aménagement du site et en lien avec la protection patrimoniale et environnementale d'une partie du site (château et arbres classés). Il fallait donc trouver un juste équilibre entre un traitement qui soit compatible sanitaire avec les usages envisagés et les impératifs du planning sans tomber dans la facilité.

La solution la plus commune est ►



© DR

## Sites pollués : BURGEAP optimise la reconversion des friches industrielles

**Avec le dispositif du tiers demandeur, promoteurs immobiliers en quête de terrain et propriétaires de friches industrielles ont tout à gagner à se rapprocher. Prévu dans la loi Alur de 2014, le tiers demandeur facilite la réhabilitation d'anciens sites ICPE directement par le promoteur, pour un usage compatible avec le bâti immobilier.**



BURGEAP, spécialiste des sites et sols pollués depuis plus de 70 ans, accompagne les industriels propriétaires de friches dans la structuration des données utiles aux promoteurs.

Avec l'outil numérique Cartorisk, développé en partenariat avec Geovariances, Eode et Elementerre, les ingénieurs de BURGEAP livrent une modélisation géostatistique de la répartition spatiale de la pollution du sol et des risques sanitaires associés.

Résultat : le promoteur peut s'appuyer sur une interface visuelle, simple et pratique, pour évaluer son projet d'un

point de vue économique et environnemental : risques initiaux, coûts de dépollution, risques résiduels.

Grâce à Cartorisk, il devient facile de modéliser différents scénarios de projets, en fonction des niveaux de dépollution attendus. De quoi accélérer la prise de décision pour la reconversion des friches industrielles.

Bref, avec l'expertise complète proposée par BURGEAP, industriels et promoteurs sont gagnants/gagnants. ■

### CONTACT

- +33 (0) 1 46 10 25 70
- [burgeap@groupeginger.com](mailto:burgeap@groupeginger.com)
- [www.burgeap.fr](http://www.burgeap.fr)

PUBLIC-COMMUNIQUE





© RSK ENVIRONNEMENT

▲ Dépollution in situ par venting et sparging couplé à une oxydation chimique des polluants

souvent d'excaver les terres et de les traiter en filières spécialisées pour «supprimer» le problème rapidement. Mais cette approche est désormais obsolète au regard des conséquences environnementales que cela provoque. Dans le cadre de la dépollution du site nous avons donc privilégié des techniques de dépollution in situ générant moins de déchets, moins de circulation de poids lourds sur les routes... notamment en lien avec les problématiques actuelles de la qualité de l'air en Ile de France. Dans le cadre du bilan coûts-avantages et du test pilote réalisé, plusieurs solutions techniques de dépollution in situ ont été identifiées. Nous avons cependant laissé assez de souplesse pour que les sociétés de travaux candidates au marché de dépollution puissent proposer d'autres alternatives de dépollution, du moment que les préconisations du cahier des charges étaient respectées notamment vis-à-vis des délais de traitement.

### Un cahier des charges précis

Ces prescriptions de dépollution in situ respectent ainsi les notions du développement urbain durable de la ZAC Maison blanche (chauffage urbain par

géothermie profonde, système de traitement alternatif des eaux pluviales, préservation et mise en valeur du patrimoine naturel dont la conservation de nombreux arbres historiques, ...) et sont en accord avec les orientations stratégiques d'aménagement durable du client et la démarche de développement durable de la ville.

Ces orientations ont été soigneusement intégrées dans le cahier des charges. Ce cahier des charges précise notamment d'éviter les techniques qui génèrent des études réglementaires supplémentaires pour respecter les délais et les phasages d'aménagement du site. De même les entreprises de travaux ont été fortement invitées à travailler dans l'esprit du document d'Orientations Stratégiques d'Aménagement Durable (OSTRAAD) de Grand Paris Aménagement. Les exigences de chantier à faible nuisances et le règlement de chantier applicable dans le cadre des travaux d'aménagement sont des pièces du marché de travaux de dépollution, et devront être scrupuleusement respectées. De même, la réutilisation ou le recyclage des matériaux inertes a fait l'objet d'un point spécifique, sans oublier,

les questions de sécurité, de lutte contre la pollution et le bruit et la propreté du chantier.

La solution de dépollution in situ retenue a été le venting et sparging couplé à une oxydation chimique des polluants sur la base d'un seuil de réhabilitation fixé à 300 µg/l en perchloroéthylène. Les travaux de dépollution sont actuellement en cours sur un délai d'environ 15 mois pour un budget global d'environ 500 K€. ①

# Le gouvernement veut encourager l'implantation de panneaux photovoltaïques sur des friches

- AFP
- parue le 03 nov. 2021 - 11h34

Le gouvernement veut encourager l'implantation de panneaux photovoltaïques sur des friches pour augmenter la part d'électricité produite par les renouvelables sans artificialiser les sols, a annoncé mercredi la ministre de la Transition écologique Barbara Pompili.

La loi climat et résilience d'août 2021 prévoit déjà d'installer des panneaux photovoltaïques sur les constructions nouvelles (bureaux, entrepôts, parcs de stationnement...) à partir d'une certaine surface. "On va le faire aussi maintenant sur des friches", a indiqué Barbara Pompili sur France Info. "On a un potentiel de 8 gigawatts sur les friches qui aujourd'hui ne servent à rien sur lesquelles on peut mettre du panneau solaire", a ajouté la ministre.

Un plan dévoilé mercredi doit permettre d'augmenter la part du photovoltaïque dans la production d'électricité en France, qui ne représente qu'un peu plus de 2% en 2021. "Aujourd'hui on est à 12 gigawatts. On a besoin d'ici 2028 de multiplier par trois les installations et d'ici 2050 de multiplier par au moins sept nos installations photovoltaïques", a précisé Barbara Pompili.

Ce plan prévoit la publication d'un nouvel arrêté "pour attribuer un soutien public à des projets photovoltaïques de moins de 500 kW sans appel d'offres (...) afin de valoriser des terrains dégradés présentant des enjeux limités en termes de biodiversité et de paysage". "Une étude réalisée par l'Ademe et les services déconcentrés de l'État a permis d'identifier des friches susceptibles d'accueillir près de 8GW de panneaux photovoltaïques", précise le texte. Ce plan vise aussi à développer un millier de projets photovoltaïques sur du foncier public d'ici 2025.

De plus, les procédures administratives sont allégées pour des projets de petite envergure, de moins de 300 kilowatts. "L'installation de panneaux photovoltaïques sur les bâtiments existants et les ombrières (dispositif destiné à faire de l'ombre: ndlr) de parking ne seront plus soumis à évaluation environnementale. Le seuil de cette évaluation pour les projets au sol de faible puissance sera également relevé pour tenir compte de l'évolution technologique des panneaux photovoltaïques", précise le texte. Entre 300 et 600 kilowatts l'évaluation se fera au cas par cas, a précisé le ministère.

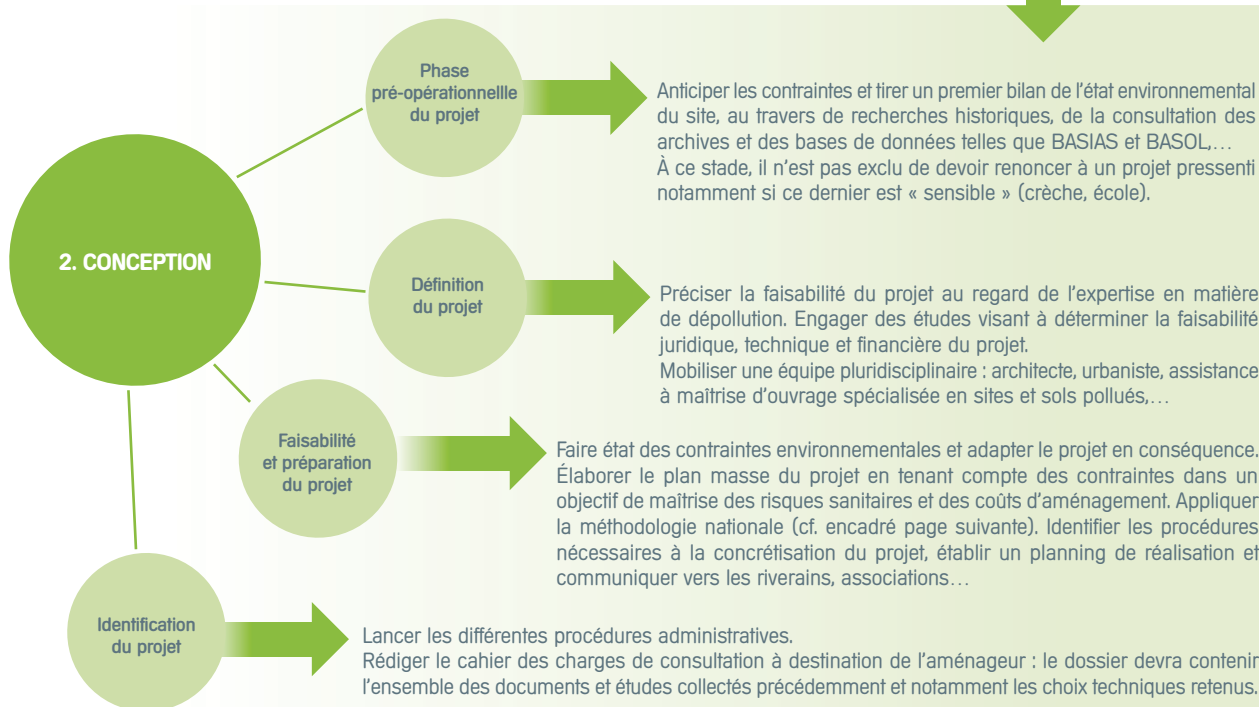
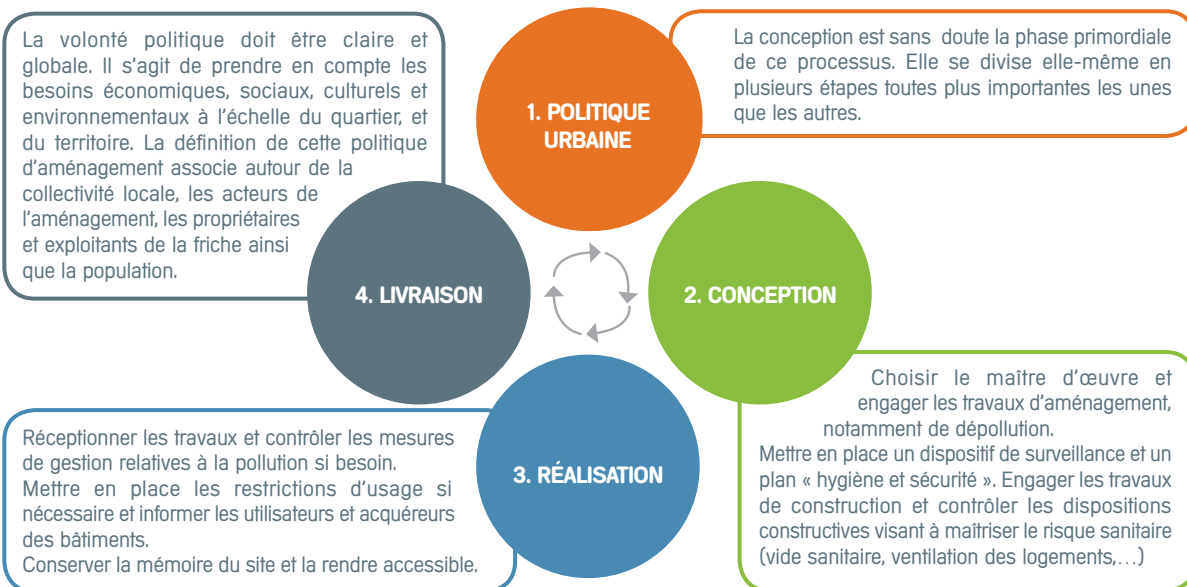
"En cohérence et pour accompagner l'évolution des technologies (un projet de même surface représente une puissance beaucoup plus importante qu'il y a 10, voire 5 ans), le permis de construire ne sera plus requis pour les petits projets", selon le texte. "Une simple déclaration préalable de travaux sera nécessaire".

(...)

# La dépollution

## Les étapes d'un aménagement sur site pollué

C'est un processus itératif impliquant de multiples allers-retours entre toutes ses phases et où le maître mot est l'anticipation. Plus la pollution sera caractérisée et prise en compte en amont du projet, plus la reconversion de la friche sera facilitée.



Retrouvez la méthodologie pour la reconversion des friches polluées dans son intégralité : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Guide-de-l-amenageur.html>



## ► La méthodologie nationale visant la gestion des sites pollués

La circulaire du 8 février 2007 recommande une **réhabilitation des sites dégradés en fonction de leur usage futur**. Il s'agit de démontrer que les actions prévues pour la dépollution du site (mesures de gestion) le rendront apte à accueillir un projet d'aménagement. Pour cela, le plan de gestion, cœur du dispositif de reconversion permet aussi bien d'agir sur l'état initial du site que sur les usages choisis. La priorité est de supprimer l'impact des pollutions par des mesures de gestion selon une **approche coûts-avantages**. La solution finalement retenue doit offrir le **meilleur compromis sur la base de considérations environnementales, sanitaires, techniques et économiques**. Ici, le pragmatisme peut consister à accepter que certaines pollutions stabilisées ou résiduelles restent en place, après s'être assuré de leur innocuité sanitaire et environnementale. Une analyse des risques résiduels est réalisée, sur la base d'une Évaluation Qualitative des Risques Sanitaires (EQRS), pour valider l'adéquation du traitement au regard des usages.

## À chaque friche, sa dépollution



Le choix de la gestion de la pollution (dépollution/confinement/mesures constructives) et des techniques à mettre en œuvre (sur site, hors site, *in situ*) doit être réalisé au regard de nombreux critères (nature des polluants et du terrain, pollution résiduelle laissée ou non, critères environnementaux, économiques, techniques, sociologiques,...). Ce choix dépend également très fortement du projet urbain et de son phasage, les travaux, selon les techniques choisies, pouvant être plus ou moins longs par exemple. L'intégration de toutes ces composantes dans les processus de décision permettra de déterminer les solutions de gestion les plus « durables ».

Au regard des contraintes du site

et du projet, les opérateurs disposent aujourd'hui d'une palette assez large d'alternatives permettant de rendre compatibles les sols avec les usages retenus, sans avoir recours systématiquement à la mise en décharge des terres excavées. Mais quel que soit le cas de figure, il sera toujours préférable de promouvoir le retrait des sources de pollution plutôt que leur confinement, ainsi que le recours à des procédés de dépollution innovants, si la temporalité du projet le permet.

On distingue quatre catégories de traitement des sols pollués : les traitements physicochimiques, thermiques, biologiques et le confinement. Ces techniques diffèrent dans leur mise en œuvre :

### ► Les traitements

**hors site** : les terres polluées sont enlevées et traitées dans une installation extérieure au site (centre de désorption thermique, biocentre, ...).

### ► Les traitements

**sur site** : les terres polluées sont traitées après excavation dans une installation présente sur le site (biopile par exemple).

### ► Les traitements

**in situ** : les terres polluées sont traitées en place sans être excavées (venting par exemple).

(...)

Pour aller plus loin  
<http://www.ademe.fr/SPS>



## LE PASSÉ INDUSTRIEL DE LA NORMANDIE A LAISSÉ UN HÉRITAGE AVEC DE NOMBREUX SITES OU FRICHES POLLUÉS

Les acteurs de terrain confrontés à la gestion de ces sites doivent faire face à une complexité juridique, administrative, technique et financière.

Ce support d'information, réalisé dans le cadre du Plan Régional Santé-Environnement 3 Normandie, a pour objectif d'aider les acteurs de terrain à faire face aux situations rencontrées en matière de sites ou sols pollués et lever les difficultés pour prendre des mesures adaptées et engager des actions. Il s'adresse essentiellement aux élus, mais aussi à toute personne ou structure confrontée à cette problématique.

Les nouveautés introduites par la loi du 24 mars 2014, concernent notamment l'obligation faite aux maîtres d'ouvrage de fournir, dans la demande de permis de construire ou d'aménager, une attestation délivrée par un bureau d'étude certifié ou équivalent dans le domaine des sites et sols pollués. Cette attestation garantit la réalisation d'une étude de sol et sa prise en compte dans la conception du projet de construction ou de lotissement (cas des parcelles placées en secteur d'information sur les sols ou des parcelles ayant accueilli par le passé une installation classée mise à l'arrêt définitif et régulièrement réhabilitée). Ces dispositions concernent directement les services instructeurs des autorisations d'urbanisme des collectivités territoriales.

Plus de 7 200 sites pollués dont 500 en Normandie, sont officiellement répertoriés en France et plus de 400 000 sites dont 13 000 en Normandie, sont identifiés comme susceptibles de l'être du fait de leur histoire.

Fréquemment, de nouveaux sites pollués sont identifiés et doivent faire l'objet d'une gestion appropriée pour permettre leur réutilisation moyennant la maîtrise des risques pour l'environnement et la santé.

### LE PROCESSUS DE GESTION

Celui-ci s'articule autour de trois principes essentiels :

- Le traitement des sources de pollution et des pollutions concentrées en prenant en compte les techniques de réhabilitation et leurs coûts
- l'examen du risque plutôt que celui du niveau de pollution intrinsèque ;
- la gestion des sites en fonction de l'usage auquel ils sont destinés.

Cette démarche se veut pragmatique, avec toujours le même objectif : la maîtrise sur le long terme des impacts sanitaires et environnementaux des sites et sols pollués.

1. Le risque lié à une pollution dépend de la présence d'une cible (usager, habitant...) et d'un vecteur de transfert (contact direct, transfert via les eaux souterraines, l'air ambiant...). Ainsi, lorsque l'élimination d'une pollution résiduelle aura été considérée comme techniquement irréaliste ou financièrement disproportionnée, si elle est correctement confinée par exemple, cette pollution ne présente pas forcément de risque pour les usagers.



Déconstruction de l'ancienne usine d'amiante EVERS à Epouville - Maîtrise d'ouvrage EPFN avec financement ADEME des travaux de mise en sécurité ©ADEME



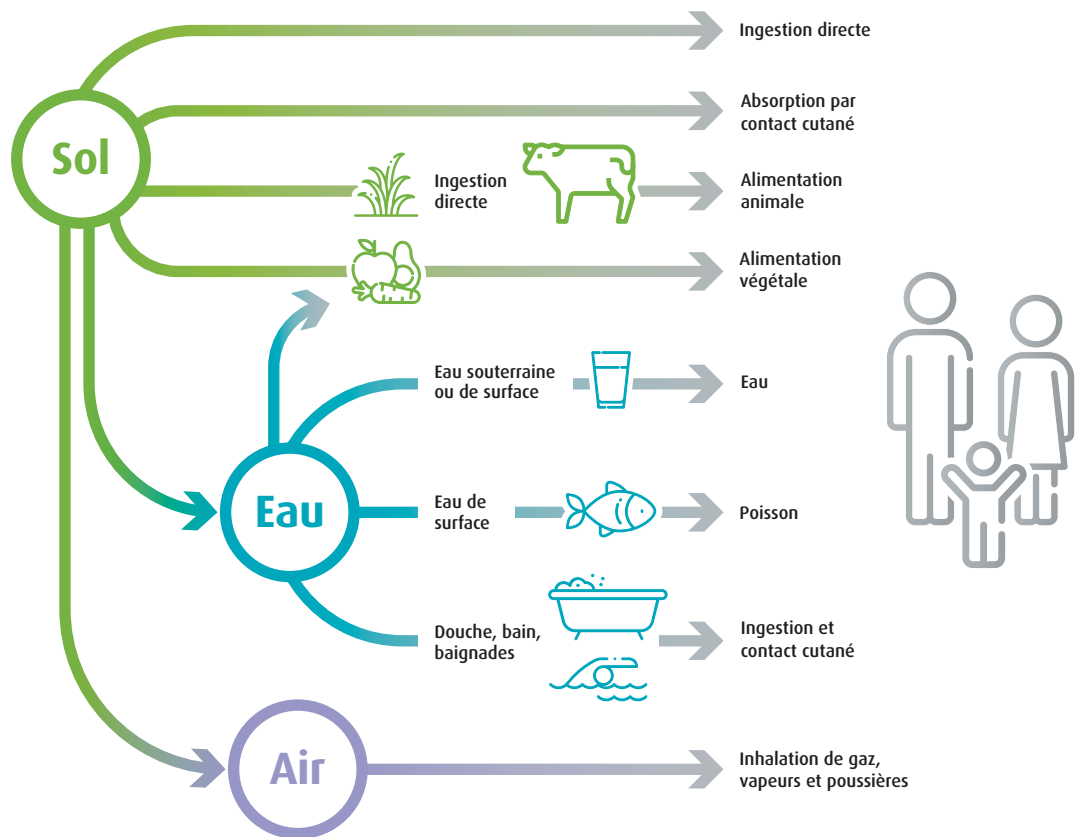


## UN ENJEU POUR LA SANTÉ HUMAINE

Le sol est un milieu de l'environnement en lien étroit avec les autres milieux (eau et air) et les populations qui séjournent dessus ou à proximité. Il existe de multiples voies d'exposition en résultant, notamment par ingestion ou par inhalation :

- **l'ingestion de terre et poussières de sol** notamment par les enfants, particulièrement exposés en raison de leur comportement. Lors de jeux à même le sol, ils peuvent ingérer directement la terre déposée sur les mains ou les objets qu'ils portent à la bouche ;

- **l'ingestion de produits du potager cultivés sur des terres polluées ;**
- **l'ingestion d'eau contaminée**, conséquence du transfert d'un produit présent dans le sol vers la nappe phréatique ou de phénomènes de migration vers les réseaux d'adduction en eau potable ;
- **l'inhalation de poussières, gaz et vapeurs**, conséquence de la volatilisation éventuelle d'un polluant.



Les polluants les plus couramment retrouvés dans les sols pollués peuvent avoir des effets à long terme sur la santé humaine en cas d'exposition en fonction des doses reçues. Les effets peuvent être systémiques (altération d'organes tels que le rein, le foie ou le cerveau), cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction...

Les effets sur la santé varient en fonction des polluants et de leurs concentrations ainsi que des voies d'exposition et des durées d'exposition.



SI LA DÉPOLLUTION INCOMBE AU POLLUEUR,  
L'IDENTIFICATION ET LA CARACTÉRISATION D'UN  
SITE POLLUÉ OBÉISSENT À **DES PROCESSUS BIEN  
SPÉCIFIQUES.**



Une présomption de pollution peut être basée sur des éléments factuels (découverte de déchets, pollution visible, indices olfactifs...), de la connaissance de l'historique du site, de témoignages... Pour connaître le passé d'un site, il convient de recourir à une démarche graduelle, d'abord en autonomie, puis en faisant appel à un prestataire spécialisé (bureau d'études) :

1. La consultation des bases de données nationales : BASOL, BASIAS et SIS (voir infra), accessibles sur le site internet [www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr)
2. La consultation des documents à portée régionale ou locale disponibles dans les services suivants : préfecture, DREAL, mairie ou EPCI pour les documents d'urbanisme notamment, service de publicité foncière (anciennement bureau des hypothèques), archives départementales...
3. En cas de doute sur le caractère pollué du site, le recours à la prestation "levée de doute" (voir ci-après).

**3) Les secteurs d'information sur les sols (SIS) :** depuis le 24 mars 2014, l'article L.125-6 du Code de l'environnement complète le dispositif d'information par la création de secteurs d'information sur les sols (SIS). Ces zones comprennent les terrains où la connaissance de la pollution des sols justifie, notamment en cas de changement d'usage, la réalisation d'études de sols et de mesures de gestion de la pollution pour préserver la sécurité, la santé ou la salubrité publiques et l'environnement. Arrêtés par le préfet de département, ces secteurs seront annexés aux documents d'urbanisme et mis à disposition du public sur le site GEORISQUES.

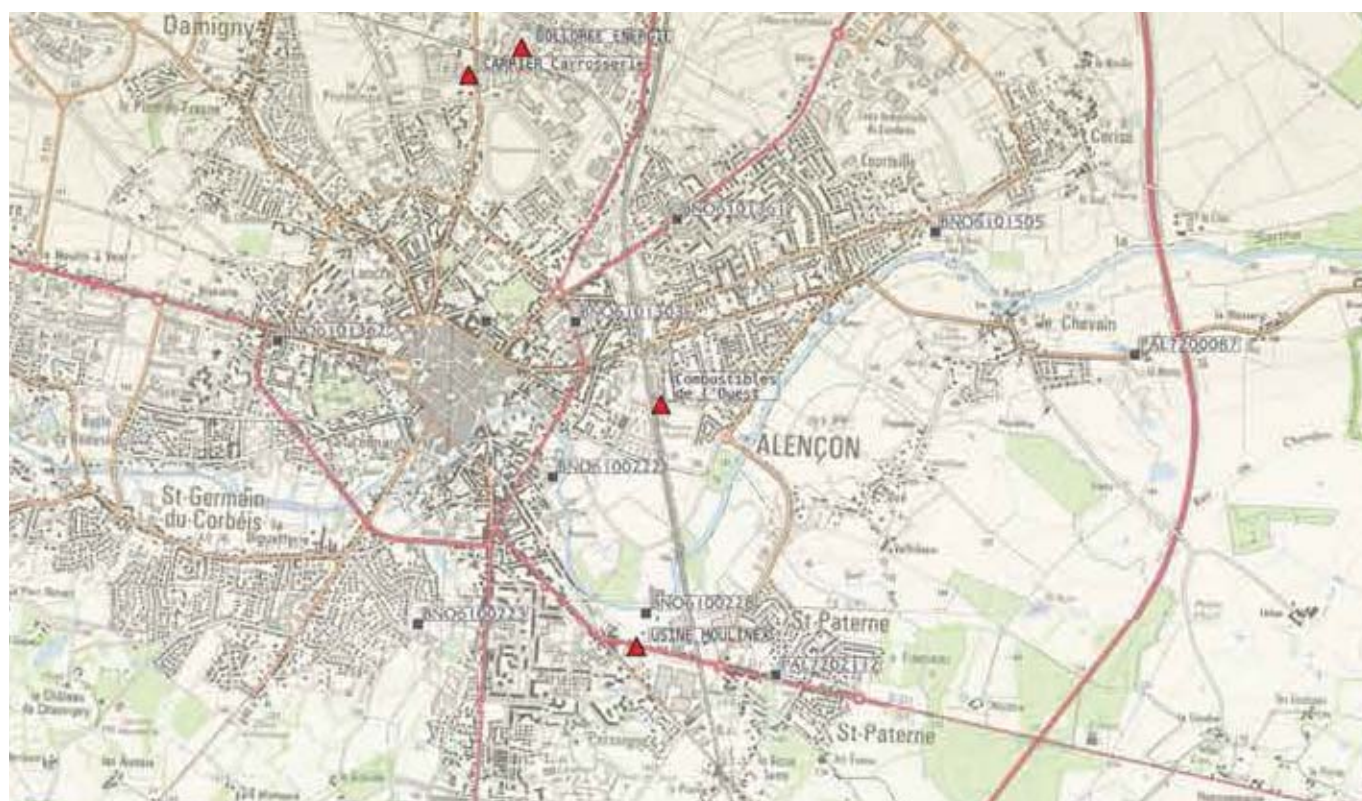
L'article L.556-2 du Code de l'environnement prévoit que **les projets de construction ou de lotissement prévus dans les secteurs d'information sur les sols doivent faire l'objet d'une étude des sols**, afin d'établir les mesures de gestion de la pollution à mettre en œuvre pour assurer la compatibilité entre l'usage futur prévu et l'état des sols (voir fiche F).

## UN INVENTAIRE SOUS FORME DE TROIS BASES DE DONNÉES MISES EN PLACE PAR L'ÉTAT

- 1) **BASOL** : base de données des sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif. 500 sites sont répertoriés en Normandie.
- 2) **BASIAS** : inventaire des sites susceptibles d'être pollués. Elle recense près de 13 000 sites en Normandie, ayant connu par le passé une activité industrielle ou de service potentiellement polluante. Basias a pour objectif d'apporter aux acteurs de l'urbanisation, élus, aménageurs, notaires, industriels, toutes les informations utiles sur l'historique des sites.

### LES SIS EN PRATIQUE

Dans le cadre d'une expérimentation de l'article L.125-6 du Code de l'environnement (SIS), la ville du Havre a proposé plusieurs rédactions de certificats d'urbanisme, suivant la localisation du terrain par rapport aux SIS et aux anciennes activités industrielles (voir guide méthodologique sur les SIS).



Sites BASOL et BASIAS de l'agglomération d'Alençon (image extraite du site Géorisques)

## LA LEVÉE DE DOUTE

Pour un site qui n'est pas connu comme pollué, mais sur lequel une pollution est suspectée, la prestation "levée de doute" ou LEVE définie dans la norme NF X31-620-2, permet de vérifier s'il relève de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués.

Lorsque le site relève de la méthodologie, il convient de caractériser la pollution présente. Les études historiques et documentaires permettent de recenser les activités et pratiques exercées, la localisation des installations sur le site, l'évolution de l'emprise du site au cours du temps, les incidents ou accidents passés, l'utilisation de remblais et de substances polluantes.

Ces études sont complétées par des diagnostics in situ, une fois le contexte de gestion déterminé. Il s'agit alors d'identifier les pollutions : délimiter leur étendue en surface et en profondeur et caractériser le type de polluants et leurs concentrations. La connaissance des sources de pollution et des pollutions concentrées rendra possible la maîtrise de leurs impacts, en priorité par la suppression de ces pollutions.

### EN CAS DE VENTE/ACQUISITION

L'information de l'acquéreur ou du locataire d'un terrain sur son état environnemental est une obligation au regard du Code de l'environnement, qu'il s'agisse d'une installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) soumise à autorisation ou à enregistrement (article L.514-20 du Code de l'environnement), ou d'un terrain classé en secteur d'information sur les sols (article L.125-7 du même Code). Cette information est également une obligation au regard du Code civil (vice caché). Les notaires doivent veiller à ce que cette information soit respectée. Les conditions de vente sont ensuite librement débattues entre vendeur et acquéreur.

## CERTIFICATION DE SERVICE ET NORME NF X31-620

Pour améliorer la qualité des prestations dans le domaine des sites et sols pollués, le ministère en charge de l'environnement a engagé et financé dès 2008 la révision de la norme de services NF X31-620 et l'élaboration d'un référentiel de certification de services dans le domaine des sites et sols pollués.

Les contrôles réguliers menés par l'organisme certificateur garantissent au maître d'ouvrage que les prestataires certifiés respectent les engagements de la norme NF X31-620-1, notamment :

- l'application de la réglementation, de la méthodologie et des normes, notamment la NF X31-620, à partir d'une veille technique et réglementaire ;
- le recours à du personnel compétent et formé dans le domaine des sites et sols pollués ;
- le respect des règles de déontologie (confidentialité, absence de conflit d'intérêt) ;
- l'utilisation de matériel adapté et vérifié ;
- la maîtrise des sous-traitants ;

- le respect des règles d'hygiène et de sécurité sur les chantiers ;
- des prestations couvertes par des assurances en responsabilité civile et pour les risques d'atteinte à l'environnement.

Pour les aider à exprimer leurs besoins, les donneurs d'ordre disposent de la série de normes de services NF X31-620 homologuée par l'AFNOR et structurée en 5 parties (exigences générales/études, assistance et contrôle/ingénierie des travaux de réhabilitation/exécution des travaux de réhabilitation/attestation de prise en compte des mesures de gestion dans le projet de construction).

Ces normes proposent des prestations globales composées de plusieurs prestations élémentaires. Toutefois, les prestations sont modulables sur demande du donneur d'ordre pour tenir compte des spécificités du site à gérer. Par exemple, une offre peut ne contenir qu'une seule prestation élémentaire.

Les prestations globales pour le domaine "études, assistance et contrôle" sont définies comme suit (cf. tableau 1 de la norme NF X31-620-2 de décembre 2018) :

AMO Étude	Assistance à maîtrise d'ouvrage en phase Études
LEVE	Levée de doute pour savoir si un site relève ou non de la méthodologie nationale de gestion des sites pollués
INFOS	Réalisation des études historiques, documentaires et de vulnérabilité afin d'élaborer un schéma conceptuel et, le cas échéant, un programme prévisionnel d'investigations
DIAG	Mise en œuvre d'un programme d'investigations et d'interprétation des résultats
PG	Plan de gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement d'un site
IEM	Interprétation de l'état des milieux
SUIVI	Surveillance environnementale
BQ	Bilan quadriennal
CONT	Contrôle de la mise en œuvre du programme d'investigation ou de surveillance ou de la mise en œuvre des mesures de gestion
XPER	Expertise dans le domaine des sites et sols pollués
VERIF	Vérifications en vue d'évaluer le passif environnemental lors d'un projet d'acquisition d'une entreprise

La prestation pour le domaine "attestation de prise en compte des mesures de gestion dans le projet de construction", nommée ATTES dans la norme NF X31-620-5 de décembre 2018, a pour objectif la réalisation d'une attestation à joindre aux demandes de permis de construire (PC) ou d'aménager dans les secteurs d'information sur les sols (SIS), ou à l'occasion d'un second changement d'usage ou suivant (loi ALUR) d'une parcelle ayant accueilli une ICPE dûment réhabilitée.

Selon le principe "pollueur-payeur", "les frais résultant des mesures de prévention, de réduction de la pollution et de lutte contre celle-ci doivent être supportés par le pollueur" (article L.110-1 du Code de l'environnement).

- Lorsque le pollueur est connu, c'est à lui qu'est demandée la remise en état du site<sup>2</sup>.

Pour les installations classées (ICPE) en activité ou non, les installations nucléaires de base (INB) ou les activités concernées par la réglementation sur la responsabilité environnementale : lorsque plusieurs exploitants se sont succédés sur un site, la remise en état incombe au **dernier exploitant** lorsque l'activité commune aux différents exploitants successifs a contribué à la pollution. En revanche, les obligations de remise en état ne peuvent pas être imposées au dernier exploitant si celui-ci n'a pas exercé les activités de son prédécesseur qui sont seules à l'origine de la pollution.

Lorsque le pollueur est une société en liquidation judiciaire, le mandataire judiciaire est responsable de la remise en état du site, tant que la société en cause n'a pas juridiquement disparu.

Pour les sites ayant accueilli d'autres activités, si les sols ont été pollués par des déchets : la remise en état des sols incombe au producteur des déchets, ou à leur détenteur dont la faute aurait contribué à la pollution.

Pour l'ensemble de ces sites (ICPE, INB ou autres), en cas de défaillance des exploitants ou des producteurs de déchets ayant contribué à l'origine de la pollution, la responsabilité du propriétaire du foncier peut être recherchée pour effectuer la remise en état, s'il a fait preuve de négligence ou qu'il n'est pas étranger à la pollution.

Le fait, pour le **responsable d'une pollution ou de l'apport de déchets**, de ne pas être propriétaire du terrain concerné, est sans incidence sur sa responsabilité. Le cas échéant, un arrêté préfectoral d'occupation temporaire pourra être pris pour lui permettre d'accéder au site afin d'y réaliser les travaux de remise en état ou d'évacuation de déchets qui lui incombent.

- Lorsque le pollueur est inconnu ou insolvable, la priorité est la mise en sécurité du site avant la remise en état.

En application de la notion de "gardien de la chose" prévue à l'article 1384 du Code civil, le **propriétaire d'un terrain** reste civilement responsable des dommages que son bien peut causer aux tiers. La mise en cause d'un propriétaire, en sa seule qualité de propriétaire, ne peut en aucun cas excéder la réalisation de mesures nécessaires afin de pallier un risque avéré et immédiat pour la sécurité ou la santé publique.

Dans des circonstances exceptionnelles et afin d'assurer la mise en sécurité du site (qui ne va pas jusqu'à sa remise en état en vue de son futur usage), la **commune** (pour les installations non classées) ou **l'État** (pour les installations classées) peuvent prendre les mesures nécessaires. L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) peut être amenée à intervenir dans ce dernier cas (voir fiche E).



Déchets de cuir  
Tannerie COSTIL  
à Pont-Audemer  
©ADEME

#### BASES LÉGALES

Le Code de l'environnement prévoit des dispositions génériques relatives aux sites et sols pollués, en particulier l'article L.556-3 :

*"En cas de pollution des sols ou de risques de pollution des sols présentant des risques pour la santé, la sécurité, la salubrité publiques et l'environnement au regard de l'usage pris en compte, l'autorité titulaire du pouvoir de police peut, après mise en demeure, assurer d'office l'exécution des travaux nécessaires aux frais du responsable."*

2. Le Code de l'environnement distingue, lors de la cessation d'activité d'une ICPE, la mise en sécurité du site (élimination des déchets, des risques d'incendie, clôture du site...) de la remise en état du site, qui doit rendre compatible l'état des terrains avec l'usage (industriel, tertiaire, habitation...) auquel ils sont destinés.



## La politique nationale de gestion des sites et sols pollués

La politique nationale de gestion des sites et sols pollués repose sur la **gestion des risques sanitaires et environnementaux suivant l'usage des milieux**. Sur ce principe une méthodologie a été établie et s'applique à **tous les sites** présentant potentiellement des **problématiques de pollution** dans les sols et autres milieux (eaux souterraines, eaux superficielles, ...). Les sites concernés peuvent relever ou non de la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

La **méthodologie nationale** de gestion des sites et sols pollués, actualisée en 2017, **conforte les référentiels précédemment établis**, aujourd'hui reconnus par les acteurs du domaine. Elle reprend les principes qui ont conduit à leur élaboration :

- ♦ la **distinction entre les pollutions actuelles et futures**, appelées à être gérées selon un **principe de prévention et de réparation**, et les pollutions historiques pour lesquelles s'applique le **principe de gestion du risque suivant l'usage**,
- ♦ l'**évaluation du risque fondée sur la réalité des usages, la connaissance des milieux d'exposition et l'emploi des valeurs de gestion** transcrivant les objectifs nationaux de santé publique,
- ♦ le **principe de spécificité** impliquant une appréciation au cas par cas, au plus près des réalités effectives de terrain,
- ♦ enfin, le rôle central donné à l'**analyse de la faisabilité technique et aux démonstrations financières argumentées**.

La méthodologie présente de façon détaillée les **principaux outils de gestion (schéma conceptuel, interprétation de l'état des milieux, plan de gestion, ...)**. Elle préconise de les développer selon un **processus évolutif d'acquisition de données et d'élaboration des résultats**. L'identification de l'origine et de l'étendue des pollutions doit être fondée sur des diagnostics et des analyses fiables. La **mesure directe dans les milieux d'exposition** est ainsi à privilégier aux études de modélisation.

La protection sanitaire des populations requiert une **bonne maîtrise de l'état de l'art de référence** et impose de **choisir les meilleures options de remédiation** parmi un champ large et varié de possibilités techniques et matérielles. Il y a donc un enjeu tout particulier pour les maîtres d'ouvrage à faire appel à des prestataires et des bureaux d'étude dont l'expertise et les compétences sont reconnues.

### Les Inventaires

La gestion des sites et sols pollués impose de **conserver le mémoire des pollutions**. La base de données **BASIAS** a été le premier inventaire mis en œuvre dès les années 90 pour recenser les anciens sites industriels et activités de service. Le second inventaire **BASOL** créé en 2000 permet de répertorier les sites pollués ou potentiellement pollués qui appellent une action de l'administration. En 2014 la **loi ALUR** a permis de franchir une nouvelle étape dans la connaissance des pollutions des sols par la création des **SIS** (Secteurs d'Information sur les Sols) permettant un **meilleur accès à l'information des terrains** sur lesquels l'État a une **connaissance de la pollution**.

### Les Secteurs d'Information sur les Sols (SIS)

Les sources de données pour identifier les SIS :

<http://basol.developpement-durable.gouv.fr>

<http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/inventaire-historique-des-sites-industriels-et-activites-de-service-basias#f>

Le site du **Ministère des Armées** (base SISOP), l'inventaire national de l'**ANDRA**, la base de données de l'**IRSN** (MIMAUSA), la base **GEODERIS**, et toutes les données émanant des **collectivités**.



## La révision de la méthodologie en 2017

La note du 19 avril 2017 rappelle les **fondements de la politique de gestion des sites et sols pollués en France**. Elle fait état de la révision de la méthodologie élaborée en 2007 dont les référentiels se retrouvent dorénavant regroupés dans un seul ouvrage. Un texte introductif associé, destiné à tout public, revient sur près d'un quart de siècle de mise en œuvre de la politique nationale.

Retrouver ces documents sur le site du Ministère :  
<http://www.ecologie-solidaire.gouv.fr/sites-et-sols-pollues>

Note du 19 avril 2017 :

[http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2017/04/cir\\_42093.pdf](http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2017/04/cir_42093.pdf)

Texte méthodologique : [http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Methodo\\_SSP\\_2017.pdf](http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Methodo_SSP_2017.pdf)

Texte introductif : [http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Intro\\_Methodo\\_SSP\\_2017.pdf](http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Intro_Methodo_SSP_2017.pdf)

Les **principes fondateurs** de la gestion des sites et sols pollués sont **réaffirmés**, en particulier la **réhabilitation des sites** suivant leurs usages et des projets d'aménagement. La priorité est donnée à la **suppression de la pollution** à la source selon le principe de prévention et de correction des atteintes à l'environnement.

La méthodologie promeut l'**utilisation des meilleures technologies**. Elle prend en compte des outils de diagnostics devenus opérationnels et des nouvelles méthodes issues de la recherche. Des outils pratiques d'aide à la décision ont été développés comme le **bilan massique** qui intègre une analyse quantitative des masses de polluants dans le plan de gestion.

Pour prolonger le plan de gestion, une étape finale d'**ingénierie de dépollution** complète le processus de prise de décision. Elle est composée d'un **plan de conception des travaux** et prévoit leur suivi en cours de réalisation ainsi que la phase de réception. Un chapitre spécifique dédié à la **gestion des anciens sites miniers** a été ajouté.

La **démonstration financière** au regard des avantages environnementaux devient un élément prégnant du plan de gestion. Il est ainsi rappelé que les actions ne peuvent être engagées qu'au vu d'un **bilan « coût – avantages »** démontrant leur faisabilité à un coût économiquement acceptable. Des critères techniques, socio-politiques, juridiques et réglementaires peuvent également entrer en ligne de compte.

Les évolutions méthodologiques consolident les fondements de la politique de gestion des sites et sols pollués en plaçant la prise en compte d'intérêts multiples au cœur des processus.



Photographie d'une friche (source : Brgm)

# Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués



Source : Brgm



## Les outils de gestion des sites et sols pollués

### L'analyse de l'état des milieux

Une première étape incontournable est d'établir un bilan factuel de l'état des milieux du site en vue d'appréhender les relations entre les **sources de pollution**, les **voies de transfert** et les **enjeux à protéger** (population, ressources en eau,...).

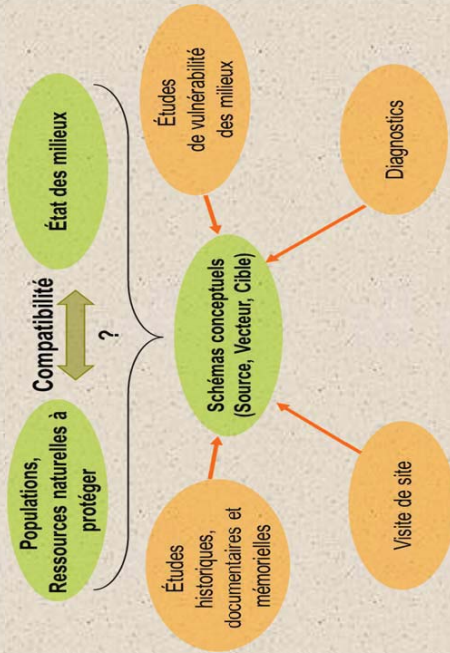
Cette analyse, appelée « **schéma conceptuel** » repose d'abord sur une collecte d'informations issues des recherches historiques et documentaires, des études de vulnérabilité des milieux, la visite du site, puis sur des investigations portant sur les différents milieux. La qualité de ces études doit permettre d'élaborer un schéma conceptuel solide et robuste, en vue d'orienter les actions de gestion au regard des enjeux et des usages actuels ou futurs.

Cet outil est régulièrement mis à jour selon les connaissances acquises tout au long des études.

### L'interprétation de l'État des Milieux (IEM)

L'IEM permet d'apprécier la **compatibilité des milieux et des pollutions constatées sur un site avec ses usages** (usages résidentiels, maisons de plain-pied ou avec vide sanitaire, aires de jeux pour les enfants, jardins potagers, agriculture, usage des eaux souterraines...). Les résultats des diagnostics réalisés sont comparés aux différentes valeurs fournies par la méthodologie et choisis selon les situations rencontrées.

Sur la base de ces résultats, l'IEM va permettre d'identifier les milieux d'exposition qui ne nécessitent aucune action particulière, et ceux qui vont conduire à mettre en place des actions simples, voire la mise en œuvre de mesures du plan de gestion.



La démarche d'interprétation de l'État des Milieux.

## Les outils de gestion des sites et sols pollués

### Le plan de gestion

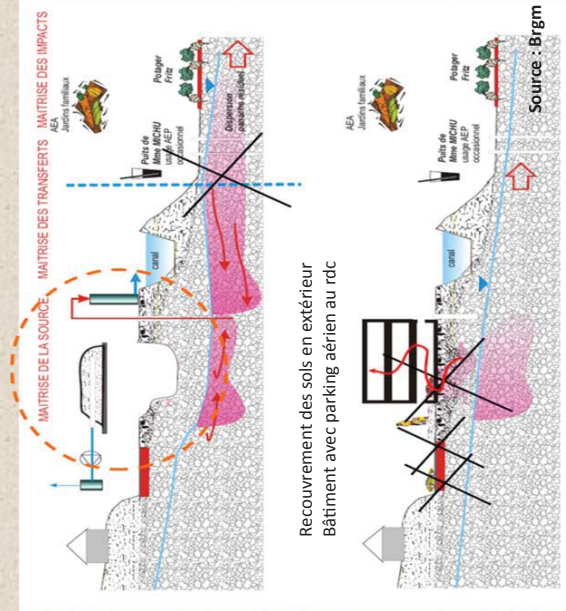
Le plan de gestion peut être mis en œuvre dans différentes situations pour lesquelles il est encore possible **d'agir sur l'état des milieux et/ou d'adapter les usages** (cessation d'activité d'une installation classée, ou lors de projets de réhabilitation d'anciens terrains industriels).

Document d'orientation, il vise à **établir les différents scénarios de dépollution**. Une analyse de risque résiduel (ARR) est réalisée pour des scénarios ne conduisant pas à une élimination totale des sources.

**Dans ce contexte, la méthodologie présente de nouveaux outils permettant :**

- ♦ de mieux **délimiter les sources de pollution** et pollutions concentrées par des méthodes d'interprétation cartographique et la mise en œuvre d'un bilan massique ;
- ♦ de **définir des objectifs de réhabilitation** en tenant compte des caractéristiques des polluants et des milieux, des objectifs de qualité des milieux, de l'absence de capacité de relargage des sols entraînant une dégradation significative de la qualité des eaux souterraines ;
- ♦ d'avoir des **bilans « coûts - avantages »** étayés intégrant des critères objectifs, argumentés et transparents ;
- ♦ de réaliser des **démonstrations financières** argumentées pour l'ensemble des solutions envisageables (raisonnablement par itération : traitement de tout ou partie de la pollution) ;
- ♦ de proposer au moins **deux scénarios de gestion validés** si nécessaire par **des essais de faisabilité et de traitabilité**.

Le plan de gestion présente l'ensemble de ces résultats, ainsi que les **mesures de surveillance et de contrôle à mettre en œuvre pour s'assurer de l'efficacité des mesures de gestion en phase travaux**.



Exemple de modèle de fonctionnement (mise en place et efficacité des mesures de gestion).

## Les outils de gestion des sites et sols pollués

### L'ingénierie de dépollution

C'est la **dernière étape de la méthodologie**. Elle est composée de deux phases, le plan de conception des travaux et le suivi de leur réalisation.

Le **plan de conception des travaux** est élaboré afin de **sécuriser les projets de réhabilitation**. Il fait le lien entre la phase étude et le cahier des charges pour travaux. Des essais de faisabilité et traitabilité en laboratoire ou sur site peuvent encore venir conforter les choix retenus.

Les **objectifs attendus** sont de :

- ♦ valider les scénarios de gestion
- ♦ aider au dimensionnement de l'installation de traitement
- ♦ servir de base technique au dossier de consultation des entreprises

Après la conception, en phase réalisation, l'ingénierie de dépollution comprend le **suivi des travaux jusqu'à la phase de réception**. Ces contrôles permettent de **s'assurer que les mesures de gestion mises en œuvre sont réalisées conformément aux dispositions prévues**. Ils sont consignés dans le dossier de récolement avec le rapport de fin de travaux et l'ARR de validation des travaux.



Aménagement d'un ancien site industriel (Quartier de l'Union - Lille Métropole - Secteur La Plaine Images) Source : site internet <http://www.lunion.org> (« La Plaine Images prend son envol » - vie du projet le 24 février 2017)

## DOCUMENT 6

"Évaluation du gisement relatif aux zones délaissées et artificialisées propices à l'implantation de centrales photovoltaïques. Synthèse"

ADEME - mars 2019

### SYNTHESE DE L'ÉTUDE

Dans la perspective d'un fort développement du photovoltaïque sur le territoire national<sup>1</sup>, **les zones délaissées et les parkings offrent des surfaces avec peu ou pas de concurrence d'usage** : soit les surfaces ne sont plus utilisées (zones délaissées), soit une installation photovoltaïque peut fonctionner en parfaite cohabitation avec l'usage premier du site (parkings avec ombrières photovoltaïques). De plus, les zones délaissées sont particulièrement susceptibles d'accueillir des installations au sol qui présentent des coûts de production de l'électricité plus faibles qu'en toiture. S'il existe déjà des évaluations du gisement photovoltaïque en toiture (364 GWc<sup>2</sup>), aucune étude n'avait jusqu'à présent analysé finement le potentiel sur zones délaissées et parkings.

**Cette étude porte sur l'évaluation du gisement potentiel national français des zones délaissées<sup>3</sup> (friches industrielles, tertiaires, commerciales, autres sites pollués et délaissés – friches agricoles exclues) et parkings pour l'implantation de centrales photovoltaïques (> 250 kWc), en France métropolitaine et Corse.** L'objectif est de déterminer et d'analyser ce gisement afin de constituer un élément de support pour les politiques publiques.

Pour chiffrer le gisement photovoltaïque des zones délaissées et parkings, plusieurs bases de données nationales ont été croisées suivant une méthodologie spécifiquement développée pour cette étude (cf. figure ci-dessous). D'abord, les terrains potentiels sont détectés : ce sont les sites des bases de donnée BASOL (sites pollués), BASIAS (anciens sites industriels) et BD TOPO® (parkings). Puis, une **revue des contraintes technico-économiques (hors coûts de réhabilitation pour les friches)** et administratives liées à l'implantation de centrales vient préciser le potentiel. Ainsi, de nombreuses contraintes ont été recensées dans cette étude et définies comme **rédhibitoires** (empêchant strictement un projet photovoltaïque) ou **handicapante** (empêchant potentiellement un projet), *avec différents degrés* : « léger », « moyen » et « lourd » (cf. tableau ci-dessous). Cette classification des contraintes est réalisée spécifiquement pour les besoins de l'étude et ne peut inclure toutes la diversité des réalités du terrain. De ce fait, par exemple, certains critères ayant été définis comme rédhibitoires peuvent en pratique permettre quelques projets.

Sur les 300 973 *sites détectés*, un travail d'analyse et de croisement de bases de données ainsi que l'application de *contraintes rédhibitoires* conduit à considérer 17 764 sites comme propices à l'installation d'une centrale photovoltaïque (*sites retenus*).

Enfin, pour évaluer à l'échelle départementale le gisement potentiel, les contraintes handicapantes sont appliquées par une réduction de la puissance disponible<sup>4</sup>. **Le potentiel national ainsi obtenu est estimé à 53 GWc**, réparti à 93 % sur les zones délaissées (49 GWc) et à 7 % sur les parkings (4 GWc).

**Le gisement potentiel des zones délaissées est donc très important**, comparativement à la puissance totale photovoltaïque déjà installée en France (environ 9 GWc en fin 2018).

Les sites les plus représentés parmi ceux identifiés dans cette étude sont les anciens **dépôts d'hydrocarbures** (>23%), les anciens **sites d'activités de commerce, d'artisanat et d'industrie mécanique** (garages, ateliers mécaniques, épavistes, forges, ...) (>5%) et **les anciens sites de stockage de déchets** (> 4%).

**Un potentiel national estimé à 53 GWc,  
réparti en approximativement 2/3 des zones délaissées et 1/3 de parkings  
(en nombre de sites)**

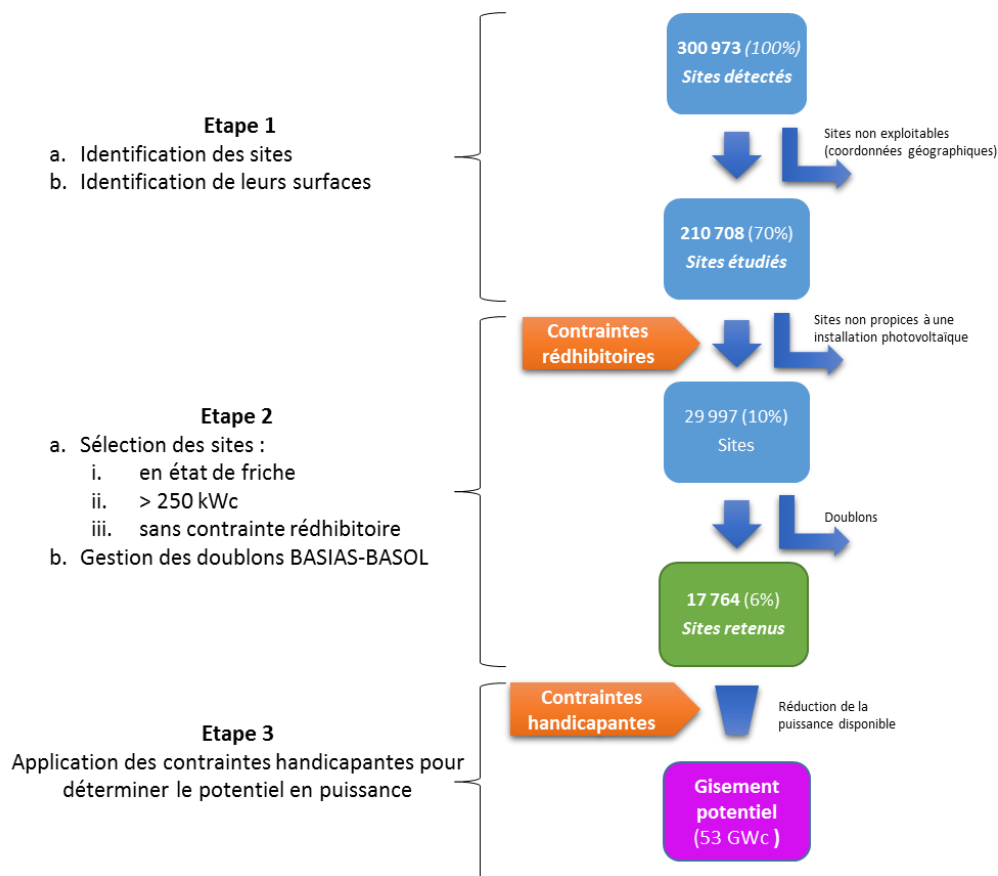
<sup>1</sup> La Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE) prévoit d'augmenter d'une puissance totale d'installations photovoltaïques (sol et toiture) de 36,5 à 44,5 GW en 2028 (environ 9 GW fin 2018).

<sup>2</sup> Source : Mix électrique 100% renouvelable ? Analyses et optimisations, ADEME, 2016

<sup>3</sup> Dans cette étude, les zones délaissées qui font l'objet du travail de quantification de potentiel sont les sites des bases de données BASIAS et BASOL.

<sup>4</sup> Quand un site est concerné par une contrainte handicapante « moyen », seule 40 % de sa puissance est conservée pour le calcul du gisement à l'échelle départemental ; 80% pour un handicap léger et 10% pour un handicap lourd. Lorsqu'un site est concerné par deux contraintes moyennes, seule 40%\*40% (soit 16%) de sa puissance est conservée, etc.





PROCESSUS DE TRAITEMENT DES DONNEES POUR OBTENIR L'ÉVALUATION DU GISEMENT PHOTOVOLTAÏQUE

Les différentes contraintes considérées ainsi que leur classification respective pour les besoins de l'étude sont présentées dans le tableau suivant :

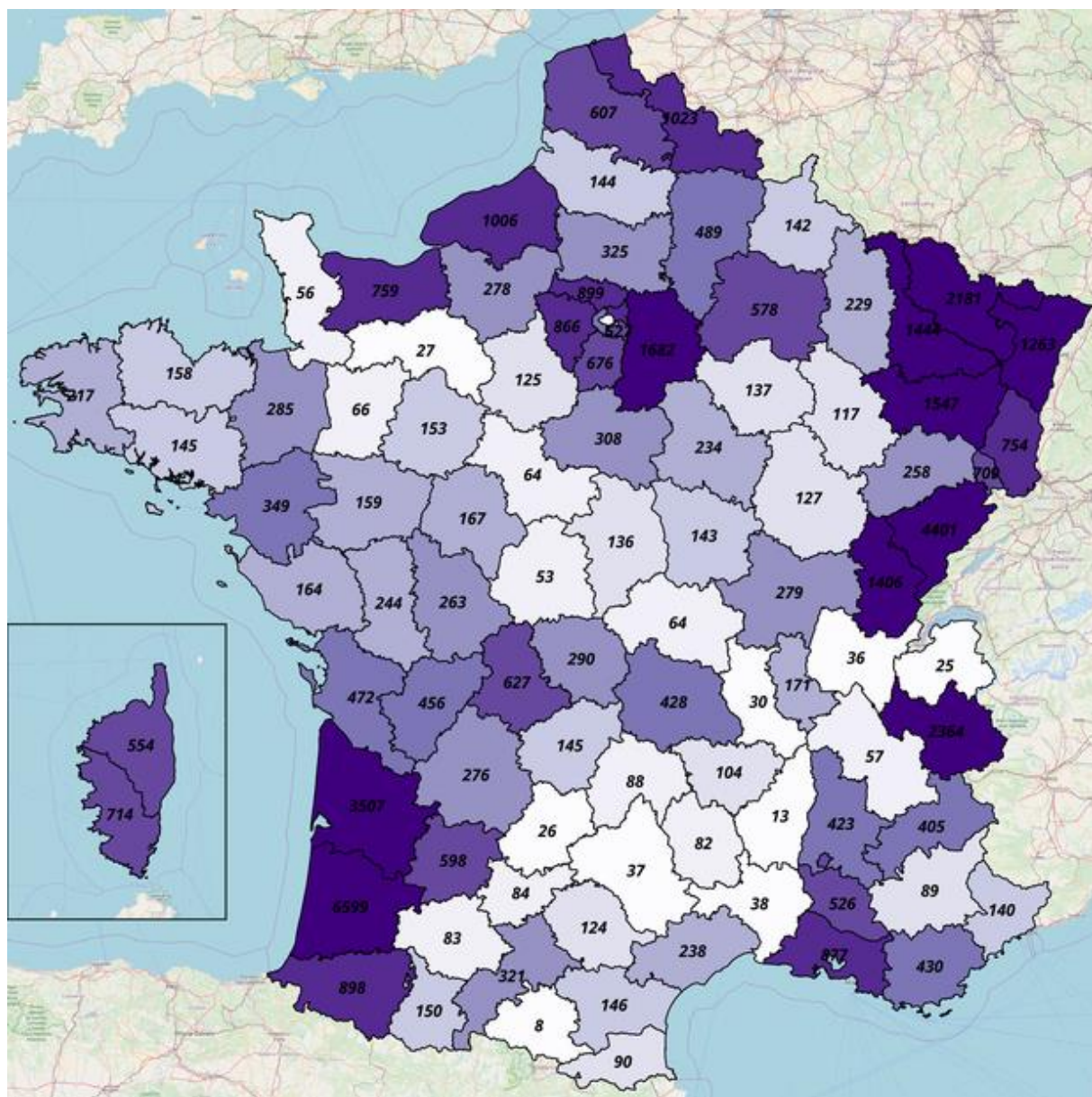
Classification	Contrainte
<b>Rédhibitoire</b>	Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) – zone rouge ou lit de cours d'eau
	Appartenance au Conservatoire du littoral
	Parcs naturels nationaux – zone cœur
	Zones humides Ramsar
	Zone de protection du biotope
	Périmètre de protection immédiat d'un captage d'eaux pluviales
	Réserve naturelle
	Réserve biologique
	Réserve de biosphère – zones centrales
	Sites présentant une forme de pollution (BASOL)
	Occupation biophysique des sols – toutes zones à valeur agronomique ou forestière ou zones aquatiques ; zones non-constructibles (glaciers, plages, pelouses, ...)
	Distance réseau HTB > 10km, sinon > 4km/MWc
<b>Handicap lourd</b>	Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) – type I
	Zones Natura 2000 – zones de Protection Spéciales (ZPS)
	Appartenance à un conservatoire d'espace naturel
	Parcs Naturels Nationaux – zone d'adhésion
<b>Handicap moyen</b>	Périmètre de 500m d'un monument historique
	Zones Natura 2000 – zones Spéciales de Conservation (ZSC)
	Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO)
	Réserve de biosphère – zones tampon
	Situé sur une commune concernée par la loi littoral
	Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) – zone bleue
	Plan de Prévention des Risques d'Incendie de Forêt (PPRIF)
Occupation biophysique des sols – Roches nues, Végétation clairsemée, Tissu urbain continu, Landes et broussailles	
<b>Handicap léger</b>	Proximité d'un aéroport
	Parcs Naturels Régionaux (PNR)
	Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) – type II

CONTRAINTES POUVANT EMPECHER L'IMPLANTATION D'UNE CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE

Sur les 17 764 sites retenus, **18 %** (en nombre) **ne sont concernés par aucune contrainte handicapante** (soit 5 % des parkings et 13 % des zones délaissées) et **41 % sont concernés par au maximum 3 handicaps légers** (soit 14 % des parkings et 27 % des zones délaissées).

La proximité d'un monument historique et d'un aéroport sont les deux contraintes handicapantes concernant le plus grand nombre de sites.

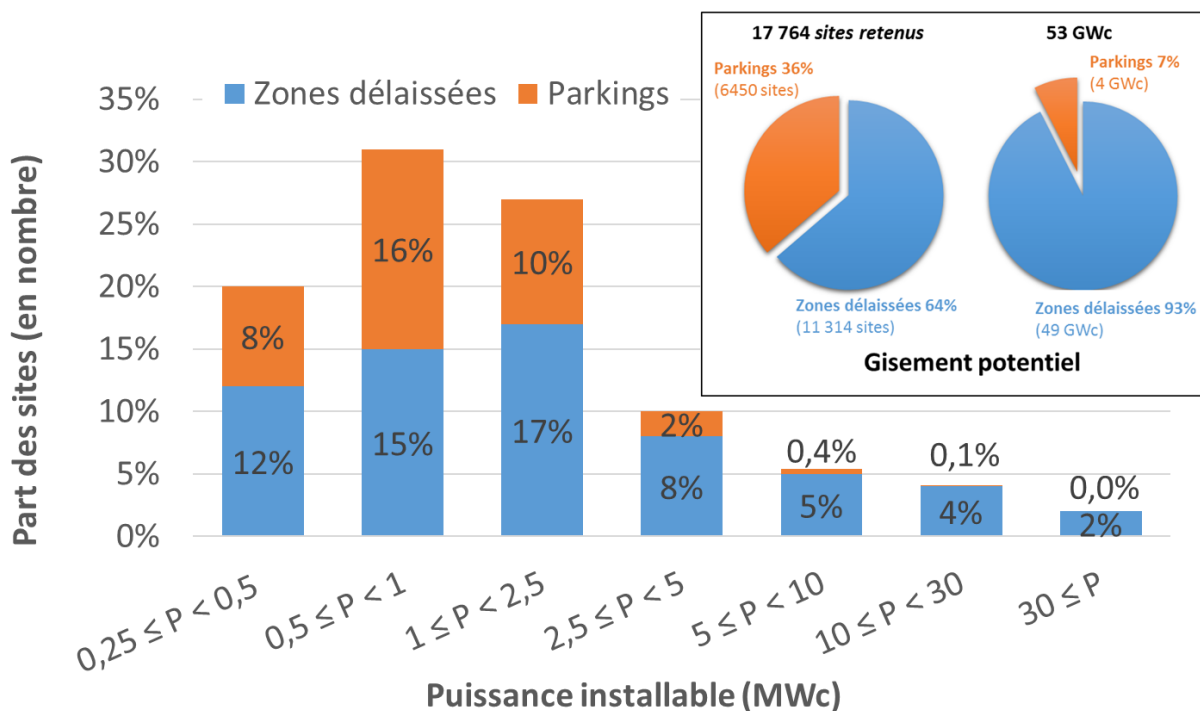
Du point de vue de la répartition géographique, **le potentiel est disponible sur l'ensemble du territoire national étudié**, avec 74 des 97 départements Français disposant d'un gisement supérieur à 100 MWc. **Néanmoins, d'importantes disparités existent** car le potentiel est plus fortement concentré dans certaines régions, et en particulier près de grandes zones urbaines (Ile-de-France, Gironde) et dans les anciennes régions industrielles (Nord et Est). 2,5 GWc est le potentiel moyen des 10 départements avec le plus fort potentiel identifié et 24 MWc est celui des 10 départements avec le plus faible potentiel identifié.



CARTE DES GISEMENTS POTENTIELS DES SITES RETENUS, EN PUISSANCE (MWc)



Comptabilisés en nombre, les **sites retenus se répartissent entre approximativement 2/3 des zones délaissées (11 314) et 1/3 de parkings (6 450)**. Toutefois, en puissance installable, les parkings représentent seulement 7% du potentiel (4 GWc) car leur surface moyenne est très inférieure.



REPARTITION DU POTENTIEL NATIONAL EN NOMBRE DE SITES ET EN PUISSANCE, ENTRE ZONES DELAISSEES ET PARKINGS

La grande majorité des sites disposent d'une surface relativement modeste puisque **70 % des sites retenus présentent un potentiel compris entre 0,5 et 2,5 MWc**. Ces sites sont donc moins compétitifs que ceux permettant l'installation de très grandes centrales photovoltaïques (> 10 MWc).

**L'estimation du gisement potentiel doit être considérée avec une certaine précaution.**

- *D'une part, le potentiel peut être sous-estimé* : les sites qui ont pu être *considérés* (disponibles en base de données : BASIAS et BASOL) ne comprennent pas l'ensemble des zones délaissées. Par exemple, c'est le cas des délaissés d'activités militaires et de transport (ferroviaire, aéronautique, autoroutier, ...) qui sont absents des données traitées. De plus, seulement 70 % des 300 973 sites détectés ont pu être localisés et donc considérés dans l'étude. Enfin, le critère relatif à la distance de raccordement d'un site, ne pouvant se baser que sur la distance au réseau HTB, apparaît comme très conservateur : il exclut de facto un nombre important de sites potentiels.
- *D'autre part, le potentiel peut être surestimé* : toutes les données relatives aux contraintes administratives ne sont pas disponibles à l'échelle nationale. C'est le cas des plans nationaux d'action de conservation des espèces (Plans Nationaux d'Action (PNA), plans de prévention des risques miniers (PPRM), zones d'appellation d'origine protégée (AOP), ... Enfin, cette analyse ne prend pas en compte des surcoûts uniquement évaluables par une étude spécifique à chaque site. **En particuliers, les potentiels surcoûts spécifiques aux zones délaissées (mise en sécurité, réhabilitation, ...) peuvent être importants et empêcher strictement la réalisation des projets.**

En résumé, parmi les données qui n'ont pas pu être prises en compte dans l'étude, les premières auraient conduit à rehausser le potentiel, les secondes à le diminuer. On peut supposer que **les limites de l'étude ne sont pas de nature à changer l'ordre de grandeur du résultat.**

Ce travail constitue donc un premier exercice de quantification du potentiel photovoltaïque des zones délaissées et parkings. Il permet de quantifier un potentiel réel mais qui ne saurait intégrer l'ensemble des difficultés rencontrées lors de la réalisation d'un projet photovoltaïque sur les zones délaissées. De plus, ce potentiel ne préjuge pas des autres opportunités d'aménagement possibles en fonction du contexte local. Les résultats permettent aussi la mise en lumière d'informations importantes sur les caractéristiques des sites d'intérêt: surface, répartition géographique, ancienne activité, contraintes administratives majeures.

Cette étude pourrait aussi être complétée par une analyse plus fine, à la maille départementale, des caractéristiques des sites d'intérêts et des potentiels associés. Enfin, la méthodologie et les outils développés pour ces travaux pourront être adaptés à l'identification de gisements solaires pour d'autres types de terrains (autres sites délaissés, zones naturelles, plans d'eaux, toitures, ...).



# ÉVALUATION DU GISEMENT RELATIF AUX ZONES DELAISSEES ET ARTIFICIALISEES PROPICES A L'IMPLANTATION DE CENTRALES PHOTOVOLTAÏQUES

Les installations photovoltaïques au sol sur des zones délaissées et parkings (en ombrières) permettent l'utilisation de terrains avec peu d'enjeux d'usage des sols.

Cette étude permet d'évaluer le gisement photovoltaïque potentiel sur ces sites, en France métropolitaine et Corse, par la mise en place d'une méthode spécifique basées sur les inventaires de données nationaux.

Une série de contraintes technico-économiques et administratives sont définies afin d'obtenir le potentiel. En revanche, les éventuels surcoûts liés à la réhabilitation des sites n'ont pas été pris en compte car ils doivent faire l'objet d'une étude site-par-site.

Un potentiel de 53 GWc est identifié réparti à 93 % sur les zones délaissées (49 GWc) et à 7 % sur les parkings (4 GWc). Ce gisement est important au regard des 8 GWc de photovoltaïque déjà installés en France fin 2017.

Au-delà de l'ordre de grandeur de ce gisement, l'étude permet l'identification de caractéristiques importantes des sites potentiels : taille, anciennes activités, contraintes les plus représentées, ...

## **Essentiel à retenir**

*Un potentiel de conséquent de 53 GWc est identifié.*

*Les sites identifiés sont principalement des dépôts de carburants des sites liés au commerce, à l'artisanat ou à l'industrie mécanique et des sites de stockage de déchets.*

*Les sites sont de taille modeste : 70 % des sites peuvent accueillir une installation de 0,5 à 2,5 MWc.*



[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)



## DOCUMENT 7

« Appel à projets régional. Reconversion des friches industrielles. Etudes et Techniques de dépollution exemplaires. Règlement » (extrait)

Région Grand Est - 2021

## Sommaire

	Page
<b>1. Contexte et cadre de l'appel à projets .....</b>	<b>3</b>
1.1. Contexte et enjeux de la reconversion des friches industrielles.....	3
1.2. Objectifs de l'appel à projets.....	4
<b>2. Critères d'éligibilité des projets .....</b>	<b>5</b>
2.1. Bénéficiaires de l'appel à projet.....	5
2.2. Territoire éligible .....	5
2.3. Conditions d'éligibilité des projets .....	5
2.4. Opérations aidées dans le cadre de l'appel à projets .....	7
<b>3. Evaluation et sélection des projets .....</b>	<b>8</b>
3.1. Critères d'évaluation .....	8
3.1.1. Qualité de la gestion de la pollution .....	8
3.1.2. Cohérence territoriale et qualité de l'opération d'aménagement .....	9
3.1.3. Conception intégrée et urbanisme durable .....	9
3.1.4. Intégration des enjeux biodiversité.....	10
3.1.5. Incitativité de l'aide (principalement pour le volet 2 : « TRAVAUX ») .....	10
3.2. Procédure d'évaluation et de sélection .....	10
<b>4. Modalités d'intervention financière et technique .....</b>	<b>11</b>
<b>5. Modalités de dépôt des candidatures et contacts .....</b>	<b>12</b>
<b>6. Engagements du bénéficiaire .....</b>	<b>12</b>
<b>7. Modalités de versement .....</b>	<b>13</b>
<b>8. Dispositions générales .....</b>	<b>13</b>
<b>Glossaire .....</b>	<b>14</b>
<b>Annexe 1 : Eléments de cadrage pour intégrer les enjeux de biodiversité dans le plan de gestion .....</b>	<b>19</b>
<b>Annexe 2 : Territoires éligibles à l'appel à projets.....</b>	<b>21</b>

>> Les mots et expressions soulignés sont définis dans le glossaire en fin de document. <<

**Mots clés :** sols pollués, friches industrielles, dépollution, techniques innovantes, plan de gestion, aménagement, reconversion, requalification, urbanisme durable.



# 1. Contexte et cadre de l'appel à projets

## 1.1. Contexte et enjeux de la reconversion des friches industrielles

### Définition de la friche industrielle

Une friche industrielle est un site :

- ayant autrefois accueilli des activités potentiellement polluantes<sup>1</sup> (activité ICPE ou équivalente);
- aujourd'hui à l'abandon ;
- susceptible de subir un changement d'usage dans le cadre d'un projet de reconversion.

Ces sites peuvent être de grande taille (plusieurs hectares pour les usines sidérurgiques) ou plus petits (quelques m<sup>2</sup> pour les ateliers mécaniques, les fonderies...).

Dans un contexte de maîtrise de l'étalement urbain et de tensions sur l'usage des sols, la reconversion des friches constitue un véritable enjeu pour l'aménagement durable des territoires. Elle présente en effet de réelles opportunités foncières pour développer des projets territoriaux ambitieux qui s'inscrivent dans une stratégie d'économie circulaire (recyclage des fonciers dégradés) et de transition énergétique (ex : installations de centrales photovoltaïques...).

Héritages de pratiques peu respectueuses de l'environnement, les friches s'avèrent bien souvent impropres à tout nouvel usage sans dépollution et/ou mise en œuvre de techniques de construction et d'aménagement adaptées.

Les techniques de dépollution généralement mises en œuvre sur ces sites consistent souvent en l'excavation des matériaux impactés et le traitement hors-site. Si ces techniques sont souvent utilisées en raison de leur rapidité de mise en place et de leur efficacité affichée, elles n'en restent pas moins très onéreuses. Enfin, ces terres excavées, considérées alors comme des déchets, sont souvent envoyées en centre technique d'enfouissement, ou en centre de traitement spécialisé, déplaçant ainsi le problème de la pollution. Toutefois, d'autres techniques alternatives, innovantes, existent et permettent un traitement in-situ ou sur site des matériaux pollués<sup>2</sup>. Ces techniques peuvent s'avérer plus adaptées à certains contextes. Par exemple, un fort maillage urbain peut rendre l'excavation de terres techniquement trop complexe, nécessitant une grande emprise au sol disponible, et potentiellement génératrice de nuisances (sonores et olfactives) auprès des riverains. Certaines techniques innovantes, notamment in-situ, permettent le traitement simultané des sols et des eaux souterraines. Enfin, ces techniques alternatives peuvent s'avérer moins coûteuses pour des objectifs de dépollution ciblés.

Concernant les eaux souterraines polluées, cette problématique est encore trop souvent négligée devant le traitement des terres impactées. La question de la ressource en eau est pourtant primordiale et peut notamment impacter le projet de reconversion (ex : migration des polluants hors du site, gestion des eaux pluviales, dégazage de polluants de la nappe vers les milieux de vie, utilisation de l'eau pour l'arrosage...). Il est par conséquent crucial d'intégrer la caractérisation des eaux souterraines (et/ou superficielles) et, si nécessaire, leur gestion dans le cadre du projet.

<sup>1</sup> Plusieurs exemples d'activités industrielles sont listés dans le glossaire sous « Friche industrielle ».

<sup>2</sup> Voir : <http://www.selecdepol.fr/fiches-techniques>

La méthodologie nationale de 2017 de gestion de sites et sols pollués recommande d'ailleurs d'utiliser le plus possibles ces techniques alternatives. Cette méthodologie permet de garantir la faisabilité des techniques innovantes tout en garantissant l'atteinte des objectifs de dépollution. Pour ce faire, elle propose des outils tels que le Plan de Gestion et Plan de Conception des Travaux (PCT) (incluant des essais de faisabilité) afin de sécuriser les travaux de dépollution.

L'excavation et le traitement hors site sont, à la rigueur, réservés aux seules zones très concentrées pour lesquelles l'application de techniques alternatives ne peut pas être envisagée.

## 1.2. Objectifs de l'appel à projets

La gestion de la pollution du site (sols, gaz du sol, eaux souterraines et superficielles) et la gestion des enjeux associés (impact sur l'alimentation en eau potable par exemple) constituent généralement une contrainte supplémentaire de taille au projet de reconversion.

Pour accompagner les acteurs publics et privés dans la conduite de leur projet d'aménagement et de développement sur foncier dégradé, la Région Grand Est, l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse et l'ADEME souhaitent apporter un appui technique et financier dans le cadre de projets de reconversion de friches polluées qui nécessitent pour cela des études et des actions de dépollution le plus possible innovantes.

Cet appel à projets porte sur des **opérations de reconversion de friches industrielles** en ce qui concerne **les études préalables relatives à la dépollution** (telles que des plans de gestion, plan conception des travaux, les études de faisabilité et de traitabilité, les essais pilotes...), **les diagnostics écologiques** et **les travaux de dépollution** privilégiant l'utilisation de **techniques exemplaires**. Les opérations de reconversion de friches industrielles devront viser un **projet structurant conçu dans une approche « urbanisme durable »**.

On entendra par « techniques de dépollution exemplaires » :

- **Les techniques de traitement innovantes** : les opérations constituées des premières applications opérationnelles en vraie grandeur de nouvelles technologies, de nouveaux procédés, les organisations ou systèmes innovants et économes, soit issus de la Recherche & Développement soit pour créer rapidement des références nationales ou régionales ;
- **Les techniques de traitement classiques** (par exemple, in-situ et/ou sur-site) **alternatives à l'excavation** pour mise en centre d'enfouissement des terres et le traitement hors-site des eaux polluées ;
- **Les techniques incluant une approche économie circulaire**.

Sauf justificatifs techniques argumentés, les problématiques de caractérisation et, si nécessaire, de suivi et de gestion des **eaux souterraines** et de leur qualité devront **obligatoirement** être prises en compte dans le cadre de ces opérations.

Conformément à ces définitions, **l'exemplarité de la reconversion des friches urbaines polluées sera appréciée selon les 3 conditions suivantes, elles-mêmes évaluées selon des critères techniques** :

- **Qualité de la dépollution** : les terres et les eaux souterraines polluées sont traitées au maximum par des techniques exemplaires telles que décrites ci-dessus ;
- **Conception intégrée du projet et urbanisme durable** : le projet d'aménagement ou de construction est conçu de manière intégrée avec la gestion de la pollution et inscription dans une démarche d'urbanisme durable ;

- **Cohérence territoriale du projet** : insertion territoriale, cohérence avec les documents de planification dont PLU ou PLUI<sup>3</sup>

## 2. Critères d'éligibilité des projets

### 2.1. Bénéficiaires de l'appel à projet

Les bénéficiaires du présent appel à projets sont distingués en fonction de la nature de leur activité :

- **Activités « non-économiques »** : Les collectivités, leurs groupements, les établissements publics ainsi que les SEM et SPL agissant pour le compte d'une entité publique dans le cadre d'une délégation de Maîtrise d'Ouvrage (MOa) ou d'un contrat de concession ;
- **Activités « économiques »** : aménageurs/promoteurs, SCI...

Sont exclus de ce dispositif, les industriels exploitants ou anciens exploitants souhaitant vendre une partie ou la totalité du terrain et/ou bâti.

### 2.2. Territoire éligible

La région Grand Est<sup>4</sup> : pour l'ADEME et la Région Grand Est

Le bassin Rhin-Meuse<sup>4</sup> : pour L'Agence de l'Eau Rhin-Meuse

### 2.3. Conditions d'éligibilité des projets

L'appel à projets comporte deux volets :

- Le volet 1 : « **Etudes préalables** » ;
- Le volet 2 : « **Travaux** ».

Il est important de noter que l'accès au volet « travaux » nécessite obligatoirement la réalisation d'études préalables. Le soumissionnaire devra impérativement communiquer l'ensemble des études réalisées (en particulier le plan de gestion). Le plan de gestion devra être validé par les administrations compétentes.

Pour être éligibles, les projets déposés doivent remplir les critères suivants :

- Dans le cadre d'une demande d'aide pour la réalisation **d'études préalables – VOLET 1 : ETUDES PREALABLES** :
  - Plan gestion : les études préalables aux travaux devront être conduites conformément à la méthodologie nationale mise en place par le Ministère en charge de l'Environnement<sup>5</sup>. Ce plan de gestion (définition du contenu cf. page 14 du dossier candidature) devra comporter notamment un bilan coûts – avantages<sup>4</sup> comparant a minima deux techniques de gestion différentes dont au moins une exemplaire. Les techniques proposées devront au maximum correspondre aux critères énoncés dans le §1.2. Le prestataire chargé de la réalisation du plan de gestion devra justifier d'une certification LNE ou équivalent (3 années de références sur des prestations similaires). Le plan de gestion devra être réalisé en concertation avec les autorités compétentes (ARS, DREAL) ;

<sup>3</sup> PLU : Plan Local d'Urbanisme ; PLUI : Plan Local d'Urbanisme intercommunal.

<sup>4</sup> Voir carte en Annexe

<sup>5</sup> Voir : [http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Methodo\\_SSP\\_2017.pdf](http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Methodo_SSP_2017.pdf)



- Diagnostic écologique devra être réalisé au-delà des prescriptions réglementaires ;
  - Le demandeur doit apporter à ce stade des éléments tangibles et factuels concernant : la maturité du projet garantissant un passage à l'acte en termes de reconversion du site, les actions d'aménagement prévues qui doivent s'inscrire dans une dimension d'urbanisme durable. L'ensemble de ces éléments devront être consignés dans le dossier de demande d'aide ;
  - Le demandeur devra justifier de la maîtrise du foncier concerné par la demande d'aide ou de son intention d'acquiescer à court terme.
- Dans le cadre d'une demande d'aide pour la réalisation de **travaux– VOLET 2 : TRAVAUX** :
- Obligation d'utilisation de technique(s) de gestion (dépollution) exemplaires telles que décrites dans le §1.2, permettant notamment le traitement in situ et/ou sur site d'une partie significative des terres polluées et des eaux souterraines ;
  - Les études préalables aux travaux réalisées dans le cadre du projet (y compris les éléments de diagnostic écologique au-delà des prescriptions réglementaires) devront être fournies ;
  - Concernant les études de sols et aux souterraines, elles devront avoir été conduites conformément à la méthodologie nationale mise en place par le Ministère en charge de l'Environnement. Toute demande d'aide aux travaux devra être accompagnée de la fourniture d'un Plan de Gestion (PG) répondant aux exigences énoncées dans le paragraphe ci-dessus. Le prestataire chargé de la réalisation du plan de gestion devra justifier d'une certification LNE ou équivalent (3 années de références sur des prestations similaires). Le plan de gestion devra être réalisé en concertation avec les autorités compétentes (ARS, DREAL) ;
  - Concernant le diagnostic écologique, il s'agit de disposer des éléments d'état des lieux (floristique, faunistique,...) pour permettre de les prendre en compte dans le schéma d'aménagement projeté, sous forme de scénarii, en particulier pour assurer la continuité des trames vertes et bleues ;
  - Les prestataires retenus (bureau d'études spécialisé en charge du suivi des travaux de dépollution, entreprises en charge des travaux de dépollution) seront certifiés LNE NF X 31-620 ou équivalent (3 années de références sur des prestations similaires) ;
  - Le demandeur devra justifier de la maîtrise du foncier concerné par la demande d'aide.
- **Dans les deux cas :**
- Le projet de reconversion objet de la demande est arrêté et s'inscrit dans un contexte de réhabilitation du foncier pour un nouvel usage ;
  - Le scénario d'aménagement envisagé devra intégrer les préconisations du plan de gestion et au maximum du diagnostic écologique ;
  - Ne seront pas aidées, les opérations rendues obligatoires sur demande de l'Etat (par exemple, via une mise en demeure, un arrêté préfectoral...);
  - Le responsable de la pollution n'est pas identifié ou ne peut être astreint à supporter les coûts de dépollution, conformément au principe du « pollueur-payeur ». Ce critère sera vérifié auprès des autorités compétentes. Le demandeur justifiera dans le dossier de demande d'aide, de sa non responsabilité dans la pollution, des démarches de recours qu'il aura effectuées

envers un éventuel responsable de la pollution. En cas d'indemnisation du bénéficiaire par le responsable de la pollution, les aides seront recalculées sur la base du montant restant à la charge du bénéficiaire après prise en compte de l'indemnisation.

## 2.4. Opérations aidées dans le cadre de l'appel à projets

Pour les projets qui répondent aux critères d'éligibilité, les opérations susceptibles d'être aidées dans le cadre du présent appel à projets sont synthétisées dans le tableau ci-après :

Tableau 1. Modalités d'aide des partenaires de l'appel à projets

VOLETS	NATURE DES AIDES FINANCIERES	ADEME	REGION	AERM
<b>VOLET 1 : ETUDES PREALABLES</b>	<b>Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM)</b> complémentaire à un Plan de Gestion (site avec changement d'usage prévu)			
	<b>Plan de Gestion (PG)</b>			
	Etudes de faisabilité et essais pilotes ( <b>Plan Conception des Travaux (PCT)</b> )			
	Recours à un <b>Assistant à Maître d'Ouvrage (AMO) spécialisé « Sites et Sols Pollués »</b> pour la définition d'une commande et le suivi des études			
	<b>Diagnostic écologique</b> dans le cadre de la reconversion			
<b>VOLET 2 : TRAVAUX</b>	Recours à un <b>Assistant à Maître d'Ouvrage (AMO) spécialisé « Sites et Sols Pollués »</b> pour le dimensionnement et le suivi des travaux		(*)	
	<b>Travaux de dépollution</b> dans le cadre d'un projet d'aménagement (incluant la démolition et le désamiantage éventuellement requis pour procéder aux travaux de dépollution), les contrôles associés de bonne réalisation et le rapport de fin travaux		(*)	
<b>Pour l'Agence de l'Eau :</b> Dans le cas d'un enjeu pour le milieu naturel « eaux souterraines » et hors démolition et désamiantage.				
<b>Légende :</b>	<b>Bénéficiaires éligibles</b>			
	Aide aux activités <b>économiques et non-économiques</b>			
	Aide aux activités <b>non-économiques</b> exclusivement (*)			
(*) : La Région pourra également soutenir les travaux portés par les entreprises sociales pour l'habitat et les offices publics de l'habitat.				

## 3. Evaluation et sélection des projets

### 3.1. Critères d'évaluation

Les projets soumis dans le cadre du présent appel à projets seront évalués les uns par rapport aux autres. Les dossiers avec les meilleures appréciations seront alors financés en fonction des budgets disponibles. Les dossiers moins bien notés pourront candidater à une éventuelle nouvelle session.

**La qualité du projet de reconversion de la friche sera appréciée selon les 4 conditions suivantes, elles-mêmes évaluées selon des critères techniques :**

- **Qualité de la gestion de la pollution**
- **Conception intégrée et urbanisme durable**
- **Intégration de la biodiversité**
- **Cohérence territoriale**

En outre, l'**incitativité** de l'aide sera recherchée (principalement pour le volet 2 : « TRAVAUX »).

#### 3.1.1. Qualité de la gestion de la pollution

Les études préalables aux travaux prévus dans le projet devront être conduites conformément à la méthodologie nationale mise en place par le Ministère en charge de l'environnement<sup>6</sup>, avec fourniture d'un Plan de Gestion (PG), comportant notamment un **schéma conceptuel** du site et un **bilan coûts – avantages** des différentes possibilités de dépollution et de gestion des terres. Ce bilan coûts-avantages comparera au **minimum deux techniques** (dont une technique exemplaire). Seront notamment analysés dans ce bilan, les aspects financiers, de faisabilité, socio-économiques... pour chacune des techniques envisagées.

Les solutions de gestion retenues devront permettre une maîtrise des sources de pollution, des pollutions concentrées et des pollutions résiduelles ainsi que leurs éventuels impacts sur et hors site. Seront principalement considérés les projets pour lesquels les terres polluées sont traitées au maximum par des techniques exemplaires telles que détaillées dans le §1.2. Cela peut notamment se concrétiser par la mise en œuvre de solutions de dépollution nouvelles ou peu encore utilisées en France, alors même qu'elles peuvent s'avérer tout à fait adaptées (ex : mise en dépression sous dalle pour récupérer des remontées de vapeurs sous bâtiment avec pollution résiduelle sous-jacente). Pour les terres polluées qui ne pourraient faire l'objet de traitement in situ ou sur site, seront favorisés les projets recourant à des filières de valorisation matière.

Dans tous les cas, le candidat précisera les moyens qu'il a mis en œuvre pour sécuriser son plan de gestion et garantir la compatibilité de l'état des milieux avec les usages projetés ; cela pourra se traduire par une combinaison d'actions visant à gérer les pollutions identifiées d'une part et maîtriser leur transfert (dispositions constructives notamment) d'autre part.

Par ailleurs, ne pourra être retenu aucun dossier dans lequel il serait prévu :

- Le maintien sur site de zones présentant des pollutions concentrées qui seraient gérées au travers d'une solution de type confinement ou mesure constructive seule, sauf si une étude détaillée démontre la pertinence et l'efficacité de cette solution ; cette étude qui reposera sur un bilan coûts-avantages particulièrement étayé sera largement adossé à une étude de faisabilité éventuellement complétée par des résultats d'essais de traitabilité selon contexte (type de polluants, nature des sols, etc.) pour chacune des solutions envisagées ;
- L'envoi des terres excavées pour les besoins du projet d'aménagement et/ou de construction en installation de stockage, sauf en quantités limitées et justification argumentée probante

<sup>6</sup> Voir : [http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Methodo\\_SSP\\_2017.pdf](http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Methodo_SSP_2017.pdf)



qu'aucune autre option n'est techniquement et économiquement réaliste pour la concrétisation du projet.

### 3.1.2. Cohérence territoriale et qualité de l'opération d'aménagement

Les projets peuvent porter sur un quartier ou sur un îlot seul. L'important est qu'ils présentent des atouts pour le territoire dans lequel ils s'inscrivent et qu'ils soient cohérents avec les orientations dudit territoire.

Pour les projets d'aménagement, sera également considéré le niveau d'exigences fixé aux promoteurs et autres maîtres d'ouvrage de construction de la zone du projet, telles que :

- Formalisation d'une charte d'objectifs<sup>7</sup> déclinable sous formes d'exigences environnementales (déchets, matériaux, etc.) à insérer dans les documents contractuels en matière d'urbanisme ou de construction<sup>8</sup> ;
- Mixité des fonctions urbaines et place accordée aux activités économiques ;
- En termes de logement, mixité sociale, générationnelle et des habitats ;
- Equilibre entre zones bâties et non bâties.

Pour les projets de promotion, seront privilégiés ceux qui présenteront les caractéristiques suivantes :

- Exigences environnementales (énergie, déchets, matériaux, etc.) dans les DCE (dossier de consultation des entreprises) ;
- Mixité des fonctions urbaines et place accordée aux activités économiques ;
- En termes de logement, mixité sociale, générationnelle et des habitats ;
- Equilibre entre zones bâties et non bâties.

### 3.1.3. Conception intégrée et urbanisme durable

Par « conception intégrée » et « urbanisme durable », s'entend l'anticipation et l'intégration de différentes thématiques dans la conception du projet : pollution, économie circulaire, énergie, etc. C'est la mise en cohérence des ambitions du projet avec les différentes contraintes et opportunités de ces thématiques. Il s'agit généralement d'un processus itératif<sup>9</sup>.

Dans le volet « territorial », ces thématiques sont également prises en considération mais sous un angle différent, à savoir démontrer comment, sous ces différents angles, le projet s'insère ou contribue aux objectifs du territoire.

Seront privilégiés les projets d'aménagement :

- pour lesquels le porteur prévoit une gouvernance élargie (ex : collectivités locales, acteurs économiques locaux, riverains, futurs habitants et usagers) et un pilotage coordonné ;
- dont la conception intègre les conclusions du plan de gestion et les principes de l'économie circulaire (maîtrise des ressources, achats responsables en matière de travaux, circuits courts, limitation des transports, etc.) ;
- de lutte contre le réchauffement et d'adaptation au changement climatique (ex : approche bioclimatique, lutte contre les îlots de chaleur urbain, décarbonation des moyens de chauffage

---

<sup>7</sup> Comme proposé dans les démarches AEU2, HQE Aménagement ou encore Label EcoQuartier.

<sup>8</sup> Cahier des charges de cession de terrains (CCCT), cahier de prescriptions environnementales (CPE), document de consultation des entreprises (DCE).

<sup>9</sup> Voir le [Guide de l'aménageur](#) du Ministère en charge de l'environnement et de l'ADEME dans le Glossaire.

ou de refroidissement, gestion intégrée des eaux pluviales sous réserve de compatibilité avec la pollution résiduelle une fois le site dépollué...);

- précurseurs en matière de mobilité, et/ou de performance environnementale (dont énergétique) des bâtiments (ex : engagement dans le référentiel E+C-<sup>10</sup>) et/ou de nouvelles dynamiques urbaines (ex : habitat participatif, locaux partagés, usages transitoires de type artistique ou culturel par exemple, recours aux matériaux de réemploi, etc.).

### 3.1.4. Intégration des enjeux biodiversité

Concernant les enjeux de biodiversité, il s'agit de disposer, au travers de la réalisation d'un diagnostic écologique, des éléments d'état des lieux (floristique, faunistique...) pour permettre de les prendre en compte dans le schéma d'aménagement projeté, sous forme de scénarii.

Les projets d'aménagement dont la conception a pris en compte les thématiques de biodiversité et de continuité des trames vertes et bleues seront privilégiés.

### 3.1.5. Incitativité de l'aide (principalement pour le volet 2 : « TRAVAUX »)

L'aide allouée doit permettre d'accroître le niveau de qualité de la restauration des milieux en fonction des usages et de leur fonctionnalité. Elle peut aussi contribuer à équilibrer financièrement une opération d'aménagement ou de promotion en regard de l'ampleur et de l'exemplarité des travaux de dépollution à engager et du contexte foncier local.

Ainsi, devront être fournis :

- Les éléments d'identification des actions spécifiques liées aux travaux que le bénéficiaire pourra réaliser en raison de l'aide ;
- Le bilan financier de l'opération qui sera analysé au regard de la charge foncière, du prix de revient de l'opération et des marchés foncier et immobilier locaux.

Ce bilan permettra l'examen du poids de la dépollution dans l'équilibre financier du projet et sa prise en compte dans l'attribution de l'aide. Il est donc important que les données fournies soient cohérentes.

**Toutes les informations financières et économiques transmises resteront confidentielles et ne seront utilisées que lors de l'évaluation et de l'instruction du projet. Ces données pourront éventuellement être communiquées à d'autres financeurs avec accord préalable du porteur de projet.**

## 3.2. Procédure d'évaluation et de sélection

La procédure d'évaluation et de sélection se décline en 3 étapes. Dans une 1<sup>ère</sup> étape, les projets seront examinés par les services respectifs des financeurs (ADEME, Agence de l'Eau Rhin-Meuse et Région Grand Est).

Dans une 2<sup>ème</sup> étape, un comité technique d'évaluation réunissant de multiples acteurs de la réhabilitation et de la reconversion des friches (autorités administratives, experts de la dépollution ou de l'aménagement, Etablissements Publics Fonciers, etc.) se réunira pour exprimer les réserves ou recommandations liées à leurs domaines de compétence.

En 3<sup>ème</sup> et dernière étape, les instances délibérantes respectives des financeurs statueront sur la décision d'aide finale.

La procédure de sélection des projets est décrite en point 8 dispositions générales.

---

<sup>10</sup> <http://www.batiment-energiecarbone.fr/>

## 4. Modalités d'intervention financière et technique

Les aides sont réparties entre les financeurs, la Région Grand Est, l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, et l'ADEME (Direction Régionale Grand Est).

Tableau 2. Nature et taux des aides de l'ADEME

Type d'aide	Plafond de l'assiette des dépenses éligibles	Taux d'aide - Porteurs de projets privés			Taux d'aide - Porteurs de projets publics
		Taille de la société			
		Grande	Moyenne	Petite	
<b>Etudes préalables</b> (plan de gestion, plan de conception des travaux, recours à un AMO phase études, réalisation d'un IEM)	50 000 €	50 %	60 %	70 %	70 %

Tableau 3. Nature et taux des aides de la Région Grand Est (porteurs de projets publics)

Type d'aide	Taux d'intervention maximum	Plafond d'aide
<b>Travaux de dépollution</b> (incluant la démolition et le désamiantage éventuellement requis pour procéder aux travaux de dépollution, recours à un Assistant à Maître d'Ouvrage (AMO) spécialisé « Sites et Sols Pollués » pour le dimensionnement et le suivi des travaux)	50%	1 M€

Tableau 4. Nature et taux des aides de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (porteurs de projets publics)

Type d'aide	Plafond de l'assiette des dépenses éligibles	Taux maximum d'aide
<b>Etudes préalables</b> (plan de gestion, plan de conception des travaux, réalisation d'un IEM, recours à un AMO)	100 000 €	70 %
<b>Diagnostic écologique dans le cadre de la reconversion</b>		80 %
<b>Essais pilotes (développement expérimental)</b> pour une technologie non éprouvée	100 000 €	25 %
<b>Travaux</b> visant à limiter la migration de produits polluants vers et dans les eaux souterraines ou superficielles du fait de pollutions du sol, sous-sol ou sédiments.  <b>L'aide est subordonnée à la démonstration que :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- le risque de pollution ou l'impact sur la ressource en eau est bien établi ;</li> <li>- le responsable de la pollution n'est pas identifié ou ne peut être astreint à supporter les coûts de dépollution, conformément au principe du « pollueur-payeur ».</li> </ul>	Est pris en compte pour le calcul de l'assiette de l'aide : travaux visant à limiter la migration de produits polluants vers et dans les eaux souterraines ou superficielles du fait de pollutions du sol, sous-sol ou sédiments. Le montant de ces travaux est diminué de l'augmentation de la valeur du terrain.  Plafond de travaux 600 000 €	50 %

Les financeurs se réservent le droit de répartir les aides pour un même dossier.



Les taux et les plafonds d'aide indiqués sont des maximums et peuvent varier en fonction de la réglementation en vigueur. Le montant du financement des projets est apprécié en fonction de l'effort avéré en termes d'économie du foncier, de l'effet levier de l'aide, de l'engagement du porteur de projet, de la nature du projet, de sa localisation, du caractère exemplaire de la technique de dépollution employée...

Les dépenses éligibles sont calculées en euros hors-taxes (€ H.T.), hormis pour les dépenses ne faisant pas l'objet de récupération de la TVA.

Pour le volet travaux, le porteur de projet devra fournir des justificatifs d'une démarche de toute procédure juridictionnelle possible à l'encontre du responsable de la pollution, s'il peut être appelé à la cause.

L'aide pourra être conditionnée à cet engagement. En cas d'indemnisation du bénéficiaire par le responsable de la pollution, l'aide sera calculée sur la base du montant restant à la charge du bénéficiaire après prise en compte de l'indemnisation

(...)

# Saint-Pierre-la-Cour. Centrale solaire : les riverains expriment leur désarroi

Des habitants de Bréal-sous-Vitré, qui s'opposent au projet de centrale photovoltaïque, prévue sur un merlon appartenant à la cimenterie, ont rencontré le commissaire enquêteur.

Publié le 30/11/2021 à 05h30



Le merlon de la cimenterie Lafarge, où est prévue la centrale solaire photovoltaïque, donne du côté de Bréal-sous-Vitré. | CAPTURE D'ÉCRAN YOUTUBE / PROJET DE CENTRALE SOLAIRE À SAINT-PIERRE-LA-COUR

« Ce projet se fait entièrement en Mayenne et il n'aura d'impact que sur les proches riverains en Ille-et-Vilaine. » Benoît Lécrivain, habitant de Bréal-sous-Vitré, pose d'entrée le cadre. Face à l'enquêteur public, ils étaient une petite quinzaine de riverains, samedi au centre d'accueil de Saint-Pierre-la-Cour où se tenait une permanence.

Mobilisés depuis début mai, date à laquelle un flyer d'information a été déposé dans leurs boîtes aux lettres, ces habitants se battent contre le projet de centrale photovoltaïque prévue sur un merlon de la cimenterie Lafarge. Un projet qui prévoit l'installation de 43 000 panneaux. « Notre vision n'est pas réfractaire, il faut faire de l'énergie verte, mais notre problème est la genèse du projet et le sentiment d'avoir été oubliés. »

## **Le commissaire-enquêteur émettra un avis**

L'enquête publique, obligatoire dans un tel projet et qui permet à chacun de s'exprimer, et prévue à l'origine en juillet, a été reportée en novembre. Un commissaire est nommé, chargé de consulter tous les documents, de recueillir tous les avis et de rencontrer tous les protagonistes. **« À l'issue de l'enquête, je dois émettre un avis personnel après avoir pris en compte l'ensemble des éléments, explique-t-il aux habitants. Je me suis promené à pied, j'ai été dans les différentes rues de la Touche (le secteur d'habitation concerné). C'était le 30 octobre. Je vais y retourner et recommencer à un autre moment. »**

Une démarche appréciée par les riverains. Ils ont aussi constitué un dossier, agrémenté de photos, où **« on pointe, de façon factuelle, les incohérences et la légèreté des études menées par Kernum (le porteur de projet). On n'est pas des experts du photovoltaïque mais on a dû le devenir face à l'absence de réponses à nos questions. Là, on nous apporte un projet qui n'est pas ficelé, où il y a des contradictions. Cela traduit un certain amateurisme. »**

Le merlon est situé sur une partie de la cimenterie qui donne entièrement du côté de Bréal-sous-Vitré. **« Que Saint-Pierre-la-Cour valide ce projet, c'est logique, appuie Benoît Lécivain. Dès le départ, ce qui nous a fait peur, c'est l'impact paysager. Bréal, c'est 650 âmes et la route de la Touche, c'est un tiers des habitants de la commune. Il y a des gens qui ont travaillé toute leur vie pour acheter, ont rénové des maisons... Il y a un cadre de vie, c'est vert. Et Lafarge veut réduire son impact carbone en polluant le cadre de vie des habitants. Le tout sans nous consulter. »**

L'enquêteur public reconnaît à demi-mot une concertation insuffisante au départ : **« Il m'a semblé que le porteur de projet a considéré que la prise en compte de l'impact et la concertation sur Bréal-sous-Vitré avaient été insuffisantes. À partir de mai-juin 2021, ils ont pris la mesure et mis en place des actions. »**

### **« C'est notre quotidien, notre vie »**

Ce dernier appuie que la concertation est une étape clé **« sur les projets importants »**. Côté Bréal-sous-Vitré, les riverains ont le soutien de leur maire Pascale Cartron, présente samedi matin, et de la présidente de Vitré communauté Isabelle Le Callennec qu'ils ont rencontrée il y a quelques semaines. **« Le projet nous avait été présenté le 2 avril. Pour eux, le projet était ficelé et on a fait des remarques, il n'était pas question de Bréal »**, indique la maire.

Il y a aussi le sujet de l'éblouissement pour lequel une étude a été menée. **« Il y aura de l'éblouissement chez nous d'une durée d'environ 95 minutes, de mars à septembre, 2 h 30 après le lever du soleil, reprend Benoît Lécivain. C'est nous qui allons être impactés, c'est notre quotidien, notre vie. L'été, on vit dehors et on va prendre en permanence des rayons en pleine tête ? Les énergies renouvelables c'est bien, mais tellement mieux chez les autres... »**

D'autres témoignages seront apportés au cours de cette enquête publique, qui se poursuit jusqu'au 17 décembre, promettent les riverains.

Le commissaire-enquêteur rendra ensuite son avis et la décision définitive reviendra au préfet de la Mayenne. **« Il y a des manquements graves au niveau du dossier. Il manque des études fondamentales et on se sent méprisés. »**





## 5. SECTION 5 : IMPACTS SUR LA SANTE, LE CLIMAT ET LA QUALITE DE L'AIR

La création de parcs photovoltaïques a pour objectif principal de produire une énergie renouvelable sans générer les nuisances actuelles ou potentielles d'autres sources d'énergies.

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

La question de la sécurité sera traitée dans le chapitre 8.

### 5.1. Références

- Site de l'OMS : [http://www.who.int/health\\_topics/electromagnetic\\_fields/fr/](http://www.who.int/health_topics/electromagnetic_fields/fr/)
- Guide sur la prise en compte de l'environnement dans les installations photovoltaïques au sol - l'exemple allemand - par le MEEDAT (janvier 2009)
- Guide méthodologique de l'étude d'impact des installations solaires photovoltaïques au sol par le MEEDDT (avril 2011)
- <http://www.sante.gouv.fr>
- Champs électromagnétiques d'extrêmement basse fréquence et santé. Rapport remis à la DGS du 8/11/04.

### 5.2. Phénomènes d'éblouissement

Les installations photovoltaïques peuvent être à l'origine de divers effets optiques connus :

- Miroitements par réflexion de la lumière solaire sur les surfaces dispersives (modules) et les surfaces lisses moins dispersives (constructions métalliques) ;
- Reflets, les éléments du paysage se reflétant sur les surfaces réfléchissantes ;
- Formation de lumière polarisée sur des surfaces lisses ou brillantes.

Plusieurs études ont été menées sur le sujet pour évaluer les effets sur la faune (risque de perturbations du comportement de certaines espèces), et sur l'homme (gêne des riverains, éblouissement des automobilistes et des pilotes d'aéronefs).

La portée de ces effets sur la faune est limitée. Les effets des reflets sont similaires à ceux produits par d'autres installations (routes mouillées, surfaces vitrées...). Selon le Guide du MEEDAT (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire) reprenant l'exemple allemand :

« Les modules solaires réfléchissent une partie de la lumière. Les modules s'orientent vers le soleil, les éblouissements n'affectent pas de la même façon tous les sites qui se trouvent à proximité d'installation. Dans le cas d'installations fixes (inclinaison 30°), les rayons du soleil sont réfléchis en milieu de journée vers le sud, en direction du ciel. Les perturbations au sud d'une installation sont pratiquement inexistantes du fait de l'incidence perpendiculaire. Quand le soleil est bas (c'est-à-dire le soir et le matin), la lumière se

reflète davantage à cause de l'incidence rasante. Des éblouissements peuvent alors se produire dans des zones situées à l'ouest et à l'est de l'installation. Ces perturbations sont toutefois relativisées car les miroitements des modules sont masqués dans certaines conditions par la lumière directe du soleil. A faible distance des rangées de modules, il ne faut plus s'attendre à des éblouissements en raison de la propriété de diffusion des modules. »<sup>1</sup>.

En ce qui concerne l'impact humain, seul un risque d'éblouissement par réflexion sur l'installation est soulevé (suite à l'effet de miroitements).

Un panneau solaire a un comportement proche de celui d'une surface vitrée et l'impact attendu est donc comparable à celui des installations vitrées habituelles (fenêtres, tours, vitrines de commerces). A noter qu'aucune disposition relative à l'éblouissement n'est prévue dans le code de la construction.

La surface du panneau est traitée antireflets et le coefficient de réflexion est de seulement 8 % en incidence normale. De manière similaire aux surfaces aquatiques, les réflexions augmentent en incidence rasante. Dans le cadre des installations fixes, orientées au Sud pour des raisons d'optimisation de la production, ce phénomène se produit lorsque le soleil est bas (matin et soir). Ces perturbations sont à relativiser puisque la lumière directe du soleil masque alors souvent la réflexion (pour observer le phénomène, l'observateur devra regarder en direction du soleil).

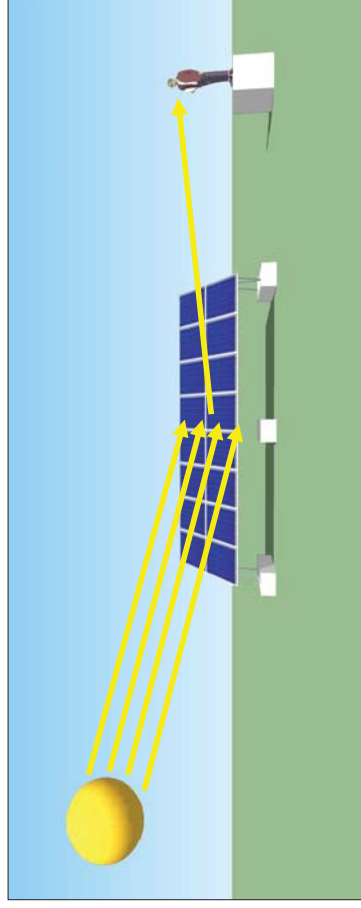


Figure 1 : Schématisation de la réflexion partielle des rayons du soleil

Par conséquent, cet impact ne peut avoir que très peu d'effets sur les zones riveraines et sur les lieux de visibilité.

La recherche de la diminution de la réflexion du soleil sur le verre des modules Solaires est un élément de l'évolution globale du rendement d'un module solaire photovoltaïque. C'est pourquoi les fournisseurs de verre pour modules solaires travaillent à la diminution de la réflexion. Ainsi Saint Gobain Solar propose déjà pour des installations situées sur des Aéroports un verre dont les propriétés d'anti - éblouissement sont améliorées en même temps que la production énergétique.

La diminution de la réflexion du verre des modules va donc de pair avec l'amélioration du rendement Global des Modules.

<sup>1</sup> : Source : Guide sur la prise en compte de l'ENVIRONNEMENT dans les installations Photovoltaïques au sol – L'exemple allemand - Janvier 2009

### 5.3. Electro-magnétisme

Les modules solaires et les câbles de raccordement à l'onduleur créent la plupart du temps des champs continus (électriques et magnétiques). Les onduleurs et les installations raccordées au réseau de courant alternatif, le câble entre l'onduleur et le transformateur, ainsi que le transformateur lui-même créent de faibles champs de courant alternatif (électriques et magnétiques) dans leur environnement.

Tout courant électrique génère un champ électrique et un champ magnétique, autour des câbles qui transportent le courant et à proximité des appareils alimentés par ce courant.

Le champ électrique, provient de la tension électrique, il est mesuré en Volt par mètre (V/m) et est arrêté par des matériaux communs tels que le bois ou le métal. L'intensité des champs électriques générés autour des appareils domestiques sont de l'ordre de 500V/m.

Le champ magnétique provient du courant électrique, il est mesuré en Tesla (T) et passe facilement au travers des matériaux. Lorsqu'ils sont générés par des appareils domestiques, leur intensité dépasse rarement les 150 mT à proximité.

De forts champs magnétiques peuvent se manifester du point de vue de la santé, sous différentes formes (maux de tête, trouble du sommeil, etc.), ce qui n'est pas le cas d'une installation photovoltaïque. Par exemple un transformateur est conçu pour ne pas dépasser des valeurs de 20 à 30  $\mu\text{T}$  (source : [http://www.imrs.fr/insrs-pub/insrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/ED%204210/\\$File/ed4210.pdf](http://www.imrs.fr/insrs-pub/insrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/ED%204210/$File/ed4210.pdf)).

#### 5.3.1. Les différentes sources de champs électromagnétiques

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

L'énergie électrique en provenance des centrales est transportée jusqu'aux agglomérations par des lignes à haute tension. La tension est ensuite abaissée par des transformateurs auxquels se rattachent les lignes de distribution locale. Les valeurs des champs magnétiques en fonction de l'éloignement de la source du champ sont indiquées ci-dessous pour des lignes Hautes Tension et Très Hautes Tension.

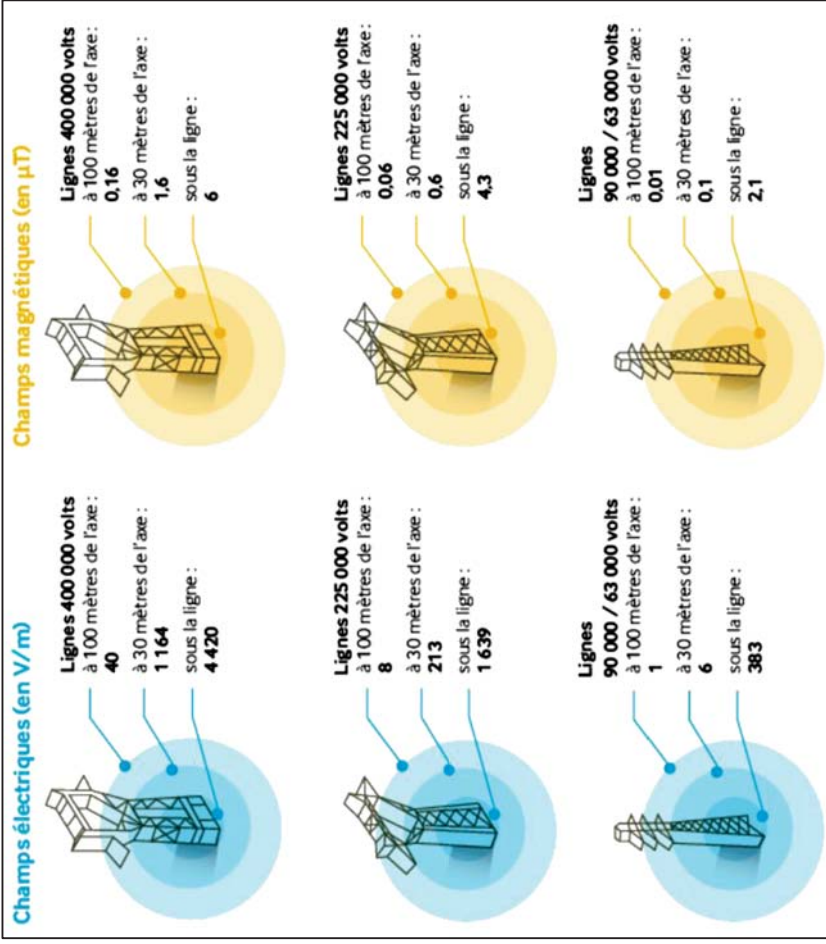


Figure 2 : Champs électromagnétiques des lignes électriques aériennes

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

Ainsi, les champs électriques sont produits par toutes sortes de sources ménagères comme le montre le diagramme ci-après présenté par RTE.







On trouvera ci-après des exemples d'agents bien connus classés par le CIRC.

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

**Tableau 1 : Classification des agents cancérogènes pour l'Homme par le CIRC**

Alors que l'on a classé les champs magnétiques ELF comme « peut-être cancérogènes pour l'homme », d'autres possibilités existent néanmoins pour expliquer l'association observée entre l'exposition à ces champs et la leucémie de l'enfant. Les questions du biais de sélection des études épidémiologiques et de l'exposition à d'autres types de champs méritent en particulier d'être examinées avec rigueur et nécessiteront sans doute de nouveaux travaux. L'OMS recommande donc un suivi et une orientation des programmes de recherche pour aboutir à des informations plus concluantes. Certaines de ces études ont déjà été entreprises et l'on attend les résultats dans les deux à trois ans.

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

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

### 5.4. Bruit

Les fermes solaires au sol sont soumises en France à la réglementation sur les bruits de voisinage (circulaire du 27/2/1996, prise en application de la Loi sur le Bruit du 31/12/1992). C'est la notion d'urgence (de dépassement) du bruit par rapport au bruit environnant qui s'applique. **Elle est fixée à 5 dB(A) le jour (entre 7h et 22h) et à 3dB(A) la nuit (entre 22h et 7h).**

Ces émergences sont applicables dans le cas d'installations fonctionnant plus de 8 heures par période de jour ou de nuit.

Une onde sonore est caractérisée par l'amplitude de la variation de pression du milieu de propagation et par sa fréquence.

#### 5.4.1. L'amplitude

Le niveau de pression instantanée d'une onde sonore générant une variation de pression de P Pascals est définie par la formule suivante :

$$L(dB) = 10 \log P^2 / P_0^2 \quad (\text{en décibels: dB})$$

(où  $P_0$  est la pression acoustique de référence)

L'amplitude du son correspond donc, dans le langage courant, au « volume ». C'est ce volume que nous réglons sur les chaînes hi-fi pour « augmenter ou diminuer le son ». On fait communément appel à la notion de « niveau de bruit », exprimé en décibel (en abrégé dB) pour traduire ce « volume » sonore. Ainsi, il peut s'étaler de 0 dB (niveau où l'on commence à percevoir le bruit, appelé « seuil de l'audition ») à 120 dB (niveau pouvant entraîner des dommages consécutifs et appelé « seuil de la douleur »). L'échelle en page suivante illustre les différents niveaux de bruit rencontrés par l'homme.

L'oreille humaine perçoit des sons dont la fréquence varie entre 20 et 20 000 Hz :

- De 20 à 200 Hz, on parle de sons graves ;
- De 200 à 2000 Hz, ce sont les fréquences médiums ;
- De 2000 à 20.000 Hz, on parle de sons aigus.

Afin de tenir compte de la sensibilité de l'oreille variant avec les fréquences, une unité physiologique de mesure du bruit est considérée : il s'agit du décibel A ou dB [A].

### 5.4.3. « Sommaton » de deux bruits

En raison du caractère non linéaire de l'échelle de mesure du bruit, le niveau sonore résultant de la superposition de deux sons n'est pas égal à la somme de leurs niveaux respectifs.

Par exemple, si un son a  $Lp_1 = 50$  dB et un son b  $Lp_2 = 50$  dB également, le niveau total des deux sons  $Lp$  total sera égal à 53 dB ; si  $Lp_1 = 50$  dB et  $Lp_2 = 60$  dB,  $Lp$  total sera 60,4 dB.

Signalons qu'il existe une loi simplifiée d'addition des niveaux sonores permettant d'estimer rapidement le bruit résultant de la contribution de deux sources sonores en un point. Cette loi consiste à ajouter au niveau sonore de la source la plus bruyante une valeur comprise entre 0 et 3 dB, soit D, qui dépend de la différence entre les deux niveaux acoustiques en jeu.

$Lp_2 - Lp_1$ (en dB)	D (en dB)
0 à 1	3
2 à 3	2
4 à 9	1
10 et plus	0

Tableau 2 : Loi simplifiée d'addition des niveaux sonores

Ainsi, comme on l'a vu, une source nouvelle de 50 dB proche d'une source existante de 60 dB ne sera pas perçue par l'oreille humaine.

Dans le cas présent de notre installation solaire photovoltaïque, les bruits pouvant émaner de la ferme solaire seront liés à la phase de construction et de démantèlement, lié aux engins de chantiers présents durant la phase de chantier (mini-pelle, camions, semi-remorques...etc.), et occasionnellement pendant les opérations de maintenance.

Par conséquent, le bruit lors de la construction de la ferme photovoltaïque peut devenir, s'il n'est pas maîtrisé, un impact négatif pour les habitations se trouvant à proximité.

Dans la majeure partie du temps de vie de la centrale solaire, c'est-à-dire en phase d'exploitation, il n'y aura pas d'impact sonore. C'est dans des phases limitées dans le temps ; à savoir la construction, la maintenance et le démantèlement qu'il pourrait y avoir génération de bruit. Par conséquent, ces phases se feront dans un souci de minimiser la gêne sonore.

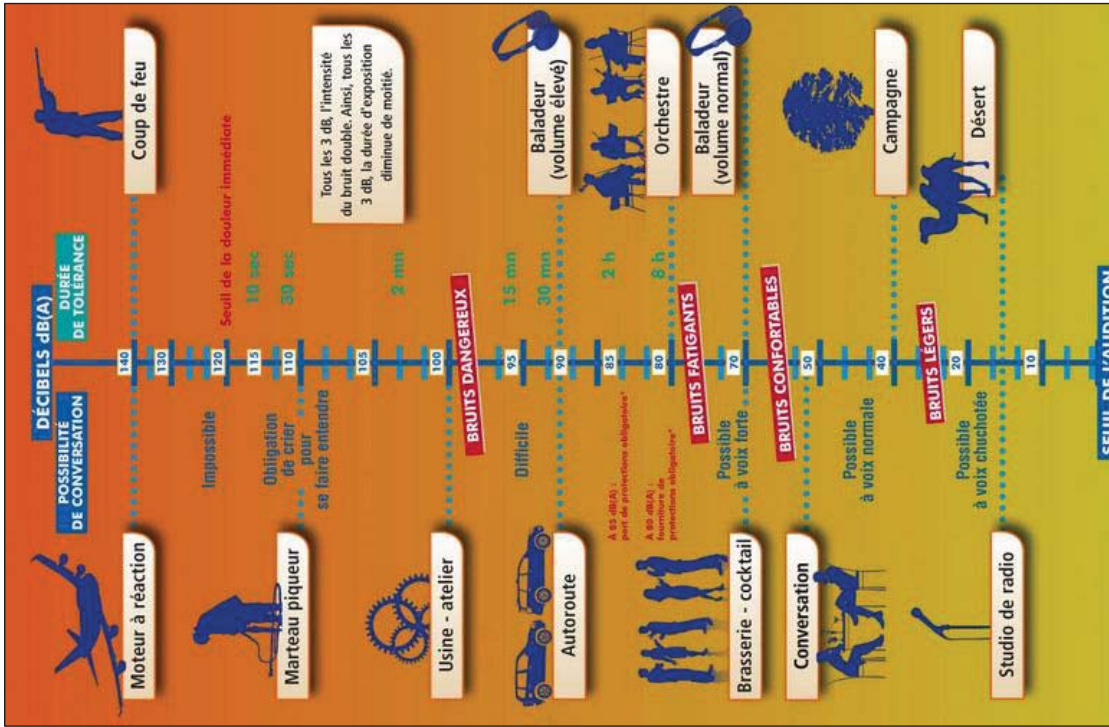


Figure 4 : Echelle de bruit

### 5.4.2. La Fréquence

La fréquence f d'un son représente son « ton » que l'on nomme également sa « hauteur ». Cette notion traduit notre perception différente face à un bruit tel qu'un sifflement (bruit de type « aigu » (haute fréquence) et face à un bruit de même amplitude tel que le grondement de tonnerre (bruit de type « grave » (basse fréquence)).



### 5.5. Les pollutions chimiques

Dans le cas du projet de Gravier à Aubigné-Racan, les matériaux constitutifs des installations photovoltaïques sont non polluants en l'état. En effet, ils sont constitués de silicium (sable), de verre, d'aluminium ainsi que de cuivre et de polymères pour les connexions externes. Pour tous ces matériaux, les filières de recyclage existent et les procédés sont bien maîtrisés. Les panneaux sélectionnés ne contiennent pas de métaux lourds comme le tellure ou le cadmium et ne sont donc pas susceptibles de provoquer de pollution.

En ce qui concerne la galvanisation des structures métalliques, le zinc présente une oxydation très lente comparée à l'acier qu'il protège. Les quantités éventuellement dissoutes dans les eaux de pluie resteront très faibles d'autant plus que les structures sont partiellement abritées de la pluie par les panneaux solaires photovoltaïques qu'elles supportent.


#### En phase de construction et de démantèlement :



Compte tenu de la logistique nécessaire au déroulement des travaux, un risque de pollution peut exister au niveau :

- Du rejet anormal d'hydrocarbure et d'huile moteur des engins de chantiers (des kits antipollution seront présents dans les engins de chantier) ;
- Des gaz d'échappement, du fait de l'augmentation du trafic routier ;
- De déchets non collectés.

Ces risques peuvent être minimisés par une bonne gestion des travaux de la ferme photovoltaïque, conditions qualitatives de base de toute entreprise de travaux.

**IEL s'engage à suivre les prescriptions de la charte « Chantier Vert » : cahier des charges défini en partenariat avec l'ADEME comme l'illustre l'affiche ci-après.**



# CHARTRE

### Respecter la réglementation

- prendre connaissance et respecter la réglementation existante.
- être titulaire d'une assurance « Responsabilité Civile » pour les professionnels intervenant sur le chantier ainsi que leurs co-traitants et sous-traitants, les couvrant pour tout dommage causé à l'occasion de la conduite des travaux ou des modalités de leur exécution.

### Gérer les déchets

- ne pas brûler de déchets sur site.
- ne pas enfouir ou utiliser en remblais les déchets banals et dangereux.
- débarrasser le site de tous les déchets qui auraient pu être emportés par le vent ou qui auraient pu être oubliés sur place.
- tenir la voie publique en état de propreté.
- mettre en place des poubelles et bennes sur le site du chantier, adaptées aux besoins et à l'avancement du chantier.
- bacher les bennes contenant des déchets fins ou pulvérulents.

### Limiter les pollutions

- ne pas réaliser de vidange de véhicules sur site.
- ne pas vider les résidus de produits dangereux dans les réseaux d'assainissement.
- installer un poste de lavage pour les camions avec déboureur.
- ne pas prélever d'eau sur les poteaux ou bouches d'incendies.
- entretenir les matériels et véhicules.
- couper les moteurs des véhicules en stationnement (y compris pendant les livraisons si le déchargement ne requiert pas le fonctionnement du moteur).

### Respecter la biodiversité et limiter l'érosion











- s'informer sur l'intérêt écologique du site de manière à prendre des mesures de protection en conséquence.
- ne défricher que les surfaces nécessaires.
- ne pas stocker de matériaux sur des sites d'intérêt patrimonial.

### Limiter le bruit

- limiter l'usage des avertisseurs sonores au seul risque immédiat.
- poster les matériels très bruyants le plus à l'écart possible des habitations.

Pour plus d'informations : [www.ademe.fr/nouvelle-calédonie](http://www.ademe.fr/nouvelle-calédonie)

Partenaires ayant contribué à l'élaboration de la charte Chantier Vert :

ÊTRE RESPONSABLE  
 AUJOURD'HUI POUR  
 ANTICIPER DEMAIN.



### 5.6. Air

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

Lors de la phase de construction et celle de démantèlement, la hausse du trafic routier pour le transport des éléments viendra ponctuellement et localement altérer la qualité de l'air sans que cela soit perceptible par l'homme.

**La qualité de l'air ne sera donc pas impactée par le fonctionnement de la ferme solaire. De plus, la production d'électricité d'origine renouvelable permettra une amélioration de la qualité de l'air, en évitant le rejet de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.**

### 5.7. Bilan environnemental du projet

#### 5.7.1. Temps de retour énergétique

L'électricité qui sera fournie par le parc photovoltaïque du Gravier est produite à partir du rayonnement solaire, qui est une énergie dite « renouvelable ».

Selon l'étude "Systèmes Photovoltaïques - Fabrication et Impact Environnemental" réalisée par l'Hespuil en Juillet 2009, les résultats d'analyse du cycle de vie nous confirment que la production d'électricité photovoltaïque présente un bilan environnemental favorable. Ces résultats sont cependant restreints à la filière du silicium cristallin (90% du marché) existante actuellement en Europe, hors recyclage en fin de vie. C'est un moyen de production d'électricité n'émettant en lui-même pas de CO<sub>2</sub> ou de matières créant un impact sur l'environnement et le réchauffement global du climat. L'impact majeur est la dépense énergétique pendant la phase de fabrication, provenant à plus de 40% du raffinage du silicium. Etant donné qu'un système photovoltaïque est un générateur d'électricité, cet effet est plus que compensé par son utilisation.

Le temps de retour énergétique moyen pour la France est de 3 ans : le système va donc rembourser 10 fois sa dette énergétique pour une durée de vie de 30 ans.

Toujours selon la même étude, la fabrication d'un système photovoltaïque va consommer 3 kWh/Wc. Dans le cas de la ferme photovoltaïque d'Aubigné-Racan, la fabrication des 14 350 panneaux d'une puissance unitaire maximale de 350 Wc et du système associé (onduleurs, boîte de jonction, câblage etc.) nécessitera la consommation d'approximativement 15 068 MWh. La ferme photovoltaïque permettant une production annuelle d'électricité d'environ 5 775 MWh, le temps de retour énergétique du système photovoltaïque est donc estimé à moins de 3 années.

Ces chiffres sont cohérents avec les résultats de l'étude réalisée conjointement par « *Brookhaven National Laboratory* » aux USA et le « *Copernicus Institute of Sustainable Development and Innovation* » de l'université d'Utrecht aux Pays-Bas.

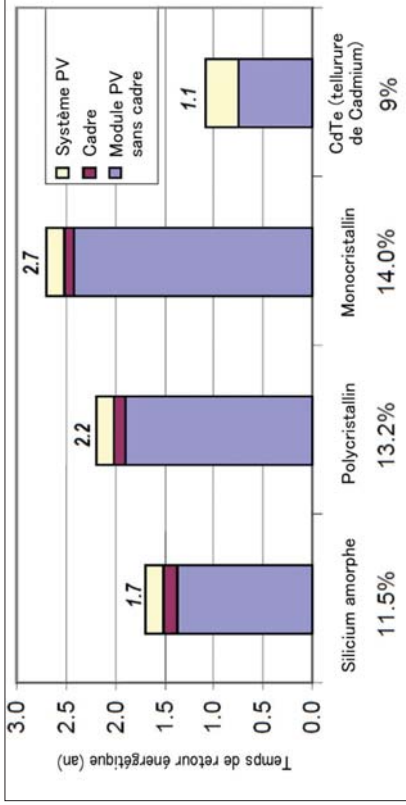


Figure 5 : Temps de retour énergétique, comparatif pour les modules en silicium amorphe, polycristallin, monocristallin et les modules CdTe (tellure de Cadmium)

(Source : *Wiley InterScience, étude réalisée conjointement par « Brookhaven National Laboratory » aux USA et le « Copernicus Institute of Sustainable Development and Innovation » de l'université d'Utrecht aux Pays-Bas*)

**Le projet d'Aubigné Racan, avec ses 5 775 MWh de production annuelle d'électricité, le temps de retour énergétique est estimé à moins de 3 années. Le bilan du temps de retour énergétique est donc très positif.**

#### 5.7.2. Bilan carbone du projet

Il est admis par la communauté scientifique internationale que dans le cas du photovoltaïque, les étapes qui pèsent le plus dans le bilan concernent la fabrication des systèmes, et ce quelle que soit la technologie retenue.

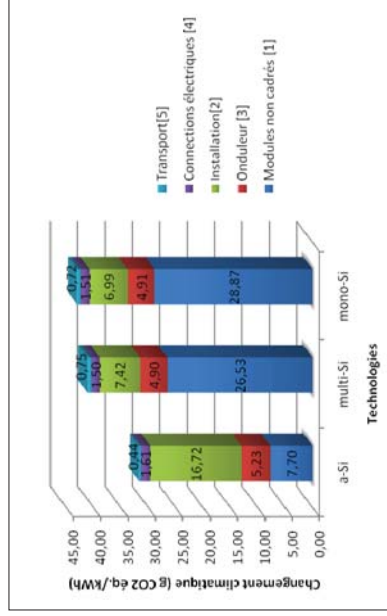


Figure 6 : Contribution des sous-systèmes pour les trois technologies pour l'impact « changement climatique » - Modèle Espace-PV(1) - Installation intégrée (module non cadré).



En effet, une fois la centrale photovoltaïque mise en service, mis à part le remplacement éventuel des onduleurs, le système produit de l'électricité sans dommage notable pour l'environnement : ni bruit, ni vibration, ni consommation de combustible, ni production de déchets, d'effluents liquides ou gazeux... Bien entendu, les technologies se perfectionnant sans cesse, l'impact environnemental diminue à mesure que le rendement des cellules augmente et que les concepteurs de systèmes prennent soin d'optimiser la production.

On peut exprimer le potentiel de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> en tonnes eq.CO<sub>2</sub>. Il indique la quantité de CO<sub>2</sub> qu'aurait émis le parc énergétique national pour produire la même quantité d'électricité pendant la durée de vie du système photovoltaïque, corrigé de la quantité de CO<sub>2</sub> émise pour la fabrication du système.

L'ensemble des composants des modules photovoltaïques qui seront utilisés seront fabriqués avec un bilan carbone global réduit. Ce critère est essentiel dans le cadre des appels d'offres de la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE) et permet notamment d'optimiser ses chances d'être lauréat.

Donc, le photovoltaïque permet d'offrir une énergie sans émissions directes de gaz à effet de serre, avec des émissions indirectes faibles. **Sur l'ensemble de sa durée de vie (de sa fabrication à la gestion de sa fin de vie), un système photovoltaïque installé en France métropolitaine émet en moyenne 55 g de CO<sub>2</sub> équivalent par kWh produit**, selon le type de système, la technologie de modules et l'ensoleillement du site. Ces résultats dépendent fortement du mix électrique du pays dans lequel les cellules et modules sont produits. L'empreinte carbone des nouveaux systèmes PV décroît régulièrement, d'une part grâce à l'utilisation pendant la fabrication de sources d'énergie, de procédés et de matériaux générant moins de CO<sub>2</sub>, d'autre part grâce à l'amélioration des rendements et enfin, grâce au recyclage des déchets de fabrication.

Le tableau suivant présente les économies de CO<sub>2</sub> réalisées en fonction de la source d'électricité à laquelle l'énergie solaire photovoltaïque se substitue.

Production d'énergie par	Charbon	Pétrole	Gaz	Mix Français	Mix Européen
<b>Pollution annuelle évitée en tonnes d'oxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)</b>	5 486 tonnes (950g/kWh en moyenne)	4 620 tonnes (800g/kWh en moyenne)	2 621 tonnes (454g/kWh en moyenne)	491 tonnes (85g/kWh en moyenne)	2 310 tonnes (400g/kWh en moyenne)

Tableau 3 : Pollution annuelle évitée en tonnes de CO<sub>2</sub> avec le projet de parc photovoltaïque

2 <http://www.bilans-ges.ademe.fr/docutheque/docs/%5BBase%20Ccarbone%5D%20Documentation%20g%C3%A9n%C3%A9rale%20v11.pdf>

On note ainsi que la production photovoltaïque est la **filière la moins carbonée par rapport aux filières classiques**. En considérant le cycle de vie de la centrale photovoltaïque d'Aubigné-Racan, elle permettrait d'éviter la production annuelle de

- 1 966,5 tonnes de CO<sub>2</sub>, sur la base du mixte énergétique Européen : (400-55) X 5,7 millions de kWh
- 171 tonnes de CO<sub>2</sub>, sur la base du mixte énergétique Français : (85-55) X 5,7 millions de kWh

### 5.8. Climat, précipitations et ensoleillement

Le climat dans les Pays de la Loire est un climat de type océanique même si à l'intérieur de la région on observe quelques disparités météorologiques.

La région des Pays de la Loire est composée de cinq départements qui sont la Loire-Atlantique, le Maine-et-Loire, la Mayenne, la Sarthe et la Vendée.

Situé sur la bordure Ouest du Bassin Parisien et à la limite du Massif Armoricaïn, le département de la Sarthe se trouve à un carrefour géographique qui lui donne ses caractéristiques naturelles. Le relief est, en général, peu accidenté. L'altitude moyenne est comprise entre 75 et 120 m. La topographie est essentiellement constituée de bas plateaux (Plateau Calaisien, Champagne Mancelle, Bocage Sabolien, Plateau de Sargé, Côteaux du Loir) et de larges vallées alluviales aux pentes faibles (Sarthe, Huisne, Loir, Orne Saosnoise). L'ensemble est dominé par une série de reliefs plus élevés, disposés en arc de cercle de l'Ouest au Nord et à l'Est (Charnie, Coëvrons, Alpes Mancelles, Perseigne, collines du Perche).

Globalement l'amplitude thermique est assez faible sur l'ensemble de l'année entre les quatre différentes saisons. On constate cependant que durant la saison d'hiver dans le Haut Maine les températures sont plus fraîches alors qu'elles seront assez douces sur la région Nantaise. De manière générale les précipitations sur la région du Pays de la Loire restent au-dessus des moyennes nationales, mais la douceur du climat et les pluies fines atténuent cette sensation d'humidité.

Au niveau départemental, la Sarthe bénéficie d'un climat tempéré, les températures moyennes variant de 4,4 °C en hiver à 19,4 °C en été (données de la station météorologique PM72 enregistrées sur la période 1995-2004). La pluviosité est, quant à elle, assez bien répartie. Au Mans, les cumuls mensuels moyens sont compris entre 45 et 70 mm (ou litres d'eau par m<sup>2</sup>) ce qui donne un cumul annuel de 678 mm. Des valeurs plus élevées se produisent dans les secteurs collinaires (massif de Sillé, Perche) avec des cumuls de 750 à 800 mm pour l'année tandis que la cuvette entre l'Huisne et la Sarthe se trouve la moins arrosée avec 650 mm. L'ensoleillement est très bon puisqu'on relève 1 823 heures de soleil en moyenne par an, ce qui est suffisant pour conférer à ce type d'énergie une rentabilité économique acceptable.



# ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTE

SECTION 5 : IMPACTS SUR LA SANTE, LE CLIMAT ET LA QUALITE DE L'AIR

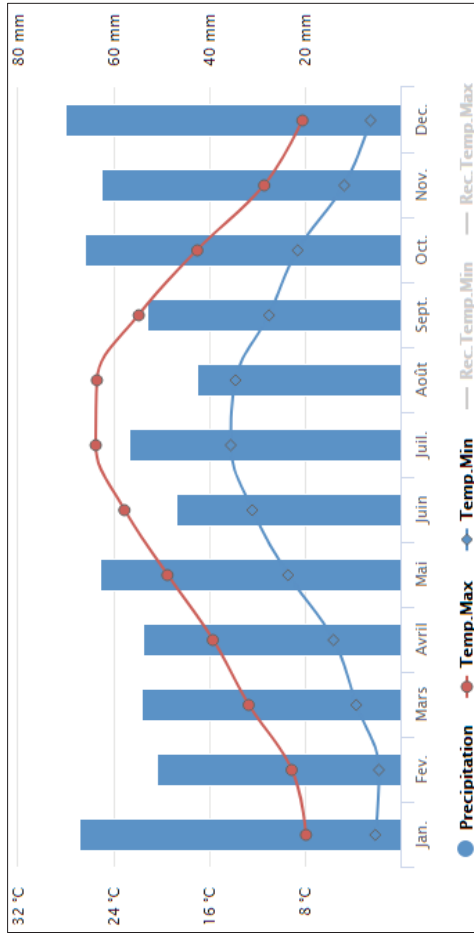


Figure 7 : Diagramme ombrothermique du Mans (72)

(Source : meteofrance.com)

La présence de panneaux solaires ne génère aucune modification climatique. L'obstacle qu'ils forment à la propagation du vent est très minime par rapport au flux de la masse d'air, et sans commune mesure avec des forêts ou des villes. Le flux du vent, perturbé par les structures portantes, se reforme naturellement quelques mètres en aval.

Inversement, l'impact d'autres sources d'énergie comme les énergies fossiles sur le climat est maintenant démontré, avec les fortes suspensions du lien entre réchauffement de la planète, augmentation des gaz à effet de serre et utilisation des énergies telles que le pétrole et le charbon.

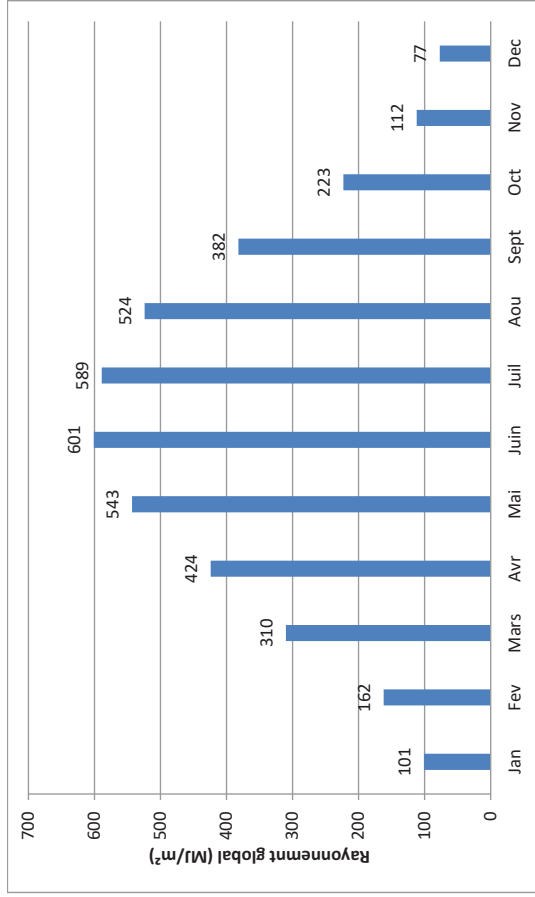


Figure 8 : Rayonnement global moyen à la station météorologique de la forêt domaniale de Bercé sur la période 1995-2004

(Source : données de la station météorologique PM72)

Globalement, le rayonnement est bon sur le site du projet et permet l'implantation d'une centrale solaire photovoltaïque au sol.

En conclusion, le projet n'induit pas d'impact négatif sur le climat. Au contraire, il a un effet positif sur celui-ci. L'énergie électrique produite par la centrale solaire évitera la production d'électricité par d'autres sources d'énergies comme les énergies fossiles, qui ont un impact sur le climat.





## 7. SECTION 7 : IMPACT HYDROLOGIQUE

### 7.1. GENERALITES

Toute modification d'utilisation d'un terrain est susceptible d'engendrer un impact sur le fonctionnement hydrologique du site. L'implantation d'une centrale photovoltaïque au sol doit donc prendre en compte cet impact potentiel.

Le site d'accueil est un ancien centre d'enfouissement technique qui n'est plus habilité à recevoir de déchets depuis 2001. La réhabilitation du site, achevée depuis 2002, a consisté en la réalisation d'une couche de matériau très peu perméable d'environ 30 cm d'épaisseur afin d'être isolés des phénomènes météorologiques (précipitations, gel,...).

Dans le cas d'une centrale photovoltaïque, les modules et leurs supports peuvent constituer un obstacle à l'écoulement des eaux. Dans l'étude d'impact, il convient d'apprécier s'ils sont de nature à :

- Modifier les écoulements pluviaux et avoir indirectement une action érosive sur le sol ;
- Contribuer à imperméabiliser les sols (selon les systèmes de fixation au sol ou les fondations) ;
- Constituer un obstacle à l'écoulement des eaux s'ils sont implantés dans une zone inondable.

Par ailleurs, dans cette section, nous étudierons les impacts que pourraient avoir l'implantation d'une centrale solaire photovoltaïque au sol sur les zones humides et sur la qualité des eaux superficielles et souterraines.

### 7.2. IMPACT SUR L'IMPERMEABILISATION DES SOLS

#### 7.2.1. Généralités

La mise en place d'une centrale photovoltaïque entraîne une légère imperméabilisation des sols, liée à la mise en place des postes de transformation et de livraison, aux voies périphériques et aux pieux des structures.

Les panneaux eux-mêmes ne représentent pas une surface imperméabilisée puisque l'eau ruisselée peut se répandre et s'infiltrer en dessous de leur surface lorsqu'elle est enherbée, ce qui est le cas pour ce projet.

#### 7.2.2. Imperméabilisation partielle des sols

Des espaces libres sont conservés afin de permettre d'accéder à tout endroit du projet. Ces espaces sont appelés « voies périphériques ». Sur ces espaces, des matériaux non imperméables (sable, ...) pourront y être ajoutés.

L'imperméabilisation du site se limite donc uniquement aux postes de techniques (onduleurs + transformateur), au poste de livraison et aux systèmes d'ancrage.

La centrale comptera 14 350 panneaux photovoltaïques répartis en 897 structures de 8,629m. Ces structures possèdent 4 pieux chacune, ce qui fait un total de 3 588 pieux.

Les structures porteuses des panneaux photovoltaïques seront fixées au sol par des pieux hybrides c'est-à-dire qu'on aura un pieu battu enfoncé dans le sol à 20 cm ainsi qu'un cerclage béton autour de ce pieu comme l'exemple ci-dessous :

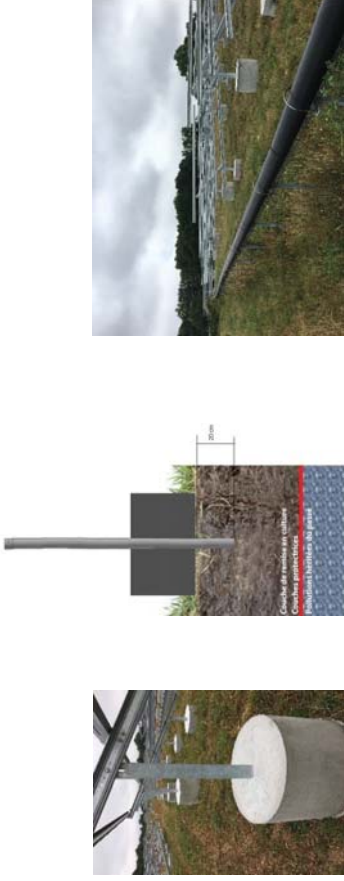


Figure 4 : Illustrations des pieux hybrides. (Source : Schletter)

On considère que la surface d'imperméabilisation du sol d'un pieu hybride est de 63 cm<sup>2</sup>. Les 3 588 pieux représentent donc une surface totale d'imperméabilisation d'environ 22,5 m<sup>2</sup>.



Figure 5 : Photo d'un poste technique (onduleurs + transformateur) « outdoor » de la centrale photovoltaïque de Machecoul (44) (Source : IEL)

Pour ce qui est des postes techniques où sont localisés les onduleurs et le transformateur, notre choix s'est porté sur des postes outdoor (cf. photo ci-dessus). Les trois postes techniques de la centrale photovoltaïque d'Aubigné-Racan seront implantés en dehors des zones de stockage des déchets. Les éléments composant les postes techniques seront installés sur une dalle en béton.

Les 3 postes techniques et le poste de livraison électrique auront une surface d'imperméabilisation totale de 80 m<sup>2</sup>.



- un modèle de ruissellement et de propagation hydraulique (méthode SCS et méthode de l'onde cinématique).

La pluie, avant de pouvoir produire un ruissellement à la surface du sol, subit des pertes qui peuvent être regroupées en 4 catégories :

- L'interception par les végétaux ;
- L'évaporation ;
- L'infiltration ;
- Le stockage dans les interstices ou dépressions du sol.

L'approche retenue dans cette étude est le modèle de l'US Soil Conservation Service (SCS), consistant à évaluer globalement l'ensemble des pertes.

Pour chacun des états, actuel et après projet, le débit de pointe du terrain sera calculé.

La morphologie du terrain conduit à un ruissellement divergent à partir des points hauts. Trois secteurs peuvent être définis :

- Pente orientée vers le Nord : la pente du terrain s'oriente vers le Nord, les panneaux photovoltaïques présenteront une pente vers le Sud ;
- Pente orientée vers le Sud : les pentes des panneaux et du terrain sont orientées vers le Sud ;
- Pente orientée vers l'Est ou l'Ouest : les panneaux photovoltaïques sont alors implantés perpendiculairement aux courbes de niveau.

Le temps de concentration est calculé pour chaque versant. Il intègre la couverture végétale, la pente des écoulements et la longueur du cheminement hydraulique (méthode TR-55).

- **Pluviométrie utilisée**

L'impact du projet sera étudié pour des pluies de période de retour 2 ans, 10 ans.

Pour chaque période retour, deux pluies sont construites avec des durées et des intensités différentes :

- Une pluie de courte durée générant les débits de pointe les plus élevés au niveau des panneaux
- Une pluie d'intensité faible, mais de longue durée pour modéliser le terrain dans un contexte de saturation hydrique maximum.
- Les pluies de projet sont construites à partir des coefficients de Montana définis dans le cadre de l'instruction technique de 1977. Les courbes IDF régionales valables pour des durées variant de 1H à 48H sont celle définies par E. Colin et J.A. Bedel dans l'ouvrage « Essais d'ajustement régionaux pour les intensités de pluie ».

Tableau 1 : Bilan de la surface d'imperméabilisation engendrée

Poste technique	Nombre	Surface d'imperméabilisation (m <sup>2</sup> )
Poste de livraison	3	60
Pieux hybrides des structures	1	20
<b>Total</b>	<b>3 588</b>	<b>22.5</b>
		102.5

Au final, la surface totale d'imperméabilisation sera d'environ 102.5 m<sup>2</sup>. La surface ciblée du projet étant d'environ 97 000 m<sup>2</sup>, le taux d'imperméabilisation est d'environ **0,10 % et est donc négligeable.**

### 7.3. DESCRIPTION DES ANALYSES REALISEES

#### 7.3.1. Description globale

L'équilibre hydrologique de la zone va être conservé. La mise en place d'une installation solaire au sol ne crée pas de nouvelles surfaces imperméabilisées. L'équilibre hydrologique du bassin versant est ainsi conservé.

Les impacts évalués du projet seront donc orientés vers les éventuels effets sur le terrain en lui-même (érosion, saturation).

Les eaux de ruissellement correspondent aux eaux non infiltrées. L'occurrence du phénomène dépend d'abord de la capacité du sol et du couvert végétal à absorber ou retenir les eaux de pluies.

La conservation du couvert végétal existant permet de garantir une capacité élevée d'infiltration (développement des racines, augmentation de la porosité, apparition d'agrégats stables, ...).

Deux cas sont identifiés : lorsque la capacité d'infiltration du sol s'avère plus faible que l'intensité de la précipitation (ruissellement hortonien), et lorsque l'épisode pluvieux atteint un sol ayant déjà atteint sa saturation hydrique (ruissellement par saturation).

Les impacts du projet seront analysés à deux échelles au niveau de la parcelle :

- Au niveau de l'ensemble du terrain, afin d'évaluer l'impact en terme de débits de ruissellement (ruissellement par saturation) ;
- Au niveau structurel des panneaux (panneau élémentaire ou rangée de panneaux) en vue d'étudier le risque d'érosion de la couche de terre végétale (ruissellement hortonien).

#### 7.3.2. Méthodes utilisées

- **Modélisation**

La méthode utilisée pour les calculs des débits de ruissellement est une modélisation numérique sous HEC-HMS mettant en œuvre :

- un modèle des pluies pour deux durées 1H et 24H ;
- une évaluation des pertes permettant de définir les volumes de ruissellement (SCS) ;

Tableau 2 : Données de pluviométrie des modèles utilisés

Période de retour	Durée totale	Durée de la période intense	Cumul des précipitations	
2 ans	1H	5min	5'	6,8 mm
			15'	10,4 mm
			1H	17,5 mm
2 ans	24H	6H	6H	28,8 mm
			12 H	34,1 mm
			24 H	40,4 mm
10 ans	1H	5min	5'	11,4 mm
			15'	17,9 mm
			1H	31,6 mm
10 ans	24H	6H	6H	41,4 mm
			12 H	49,1 mm
			24 H	58,2 mm

La morphologie de la parcelle, marquée par ces deux dômes, définit un axe de talweg d'orientation Nord/Sud, drainant les écoulements d'une partie du terrain vers le bassin existant au Nord.

Un ruissellement de surface peut intervenir pour des pluies importantes dont l'intensité dépasse la capacité de rétention et d'infiltration des horizons du sol ou suite à des événements pluvieux de très longue durée conduisant à la saturation de l'horizon végétal.

Tableau 3: Récapitulatif des données du site

Couvert Végétal	Prairie
Nature du sol	B Soit un taux d'infiltration modéré et sol modérément bien drainé
Conditions antérieurs d'humidité	AMCII Soit un sol relativement humide (pluie tombée dans les 5 derniers jours Ptot 12, 7mm < P Tot <28 mm)
CN (Curve Number)	58
Pertes initiales	37 mm

## 7.4. IMPACT SUR L'ECOLEMENT DES EAUX

### 7.4.1. Etat initial

#### ▪ Fonctionnement hydraulique du site - Milieu récepteur

Le site du projet s'inscrit intégralement sur le bassin versant du Loir, qui s'écoule à 1.5 km au sud du site et aussi par l'intermédiaire de deux de ses affluents de rive gauche, le « ruisseau de la Fontaine de la Cour » qui s'écoule à 200 m à l'ouest du site et le « ruisseau de Guichard » qui s'écoule à environ 700 m à l'est du site.

Le Loir s'étend sur un territoire de 7 160 km<sup>2</sup> et inclut pour partie, trois régions (Centre, Pays-de-la-Loire, Basse-Normandie), sept départements (Eure-et-Loir, Indre-et-Loire, Loir-et-Cher, Sarthe, Maine-et-Loire, Loiret, Orne) et 445 communes. Le Loir prend sa source dans le sud-est du Perche en Eure-et-Loir, près de Saint-Eman, en amont d'Illiers-Combraye et au sud-ouest de Chartres à une altitude de 170 m. Après un écoulement ouest-est sur un tronçon relativement court, il suit une orientation nord-est/sud-ouest qu'il ne quitte plus jusqu'à sa confluence avec la Sarthe. Le linéaire total du Loir est de 320 km et sa pente moyenne assez faible est de l'ordre de 0.5%.

Plus localement, le terrain présente un point haut à partir duquel rayonnent des pentes de 1,5 à 7%. Les pentes du secteur Nord de la parcelle tendant à converger amorçant un talweg orienté Sud/Nord.

Le site d'accueil est une prairie créée sur un horizon de matériau de très faible perméabilité (étanche) d'environ 30cm d'épaisseur. Sur cet horizon a été régalé un horizon de terre végétale, constitué d'un mélange de matière organique et de matière minérale (20cm minimum).

L'horizon végétal mis en place et sa couverture végétale assure en majeure partie l'infiltration et la rétention des eaux de pluie. La couche de matériau de très faible perméabilité interdit toute infiltration vers le soubassement, les flux s'écoulent en sub-surface dans l'horizon végétal et sont finalement drainées par des fossés créés en périphérie du site (phénomène de nappe perchée).

Le CN (Curve Number) est un paramètre de ruissellement défini en fonction du type de sol, des conditions d'humidité et de l'occupation du territoire. Il est défini suivant des tables.

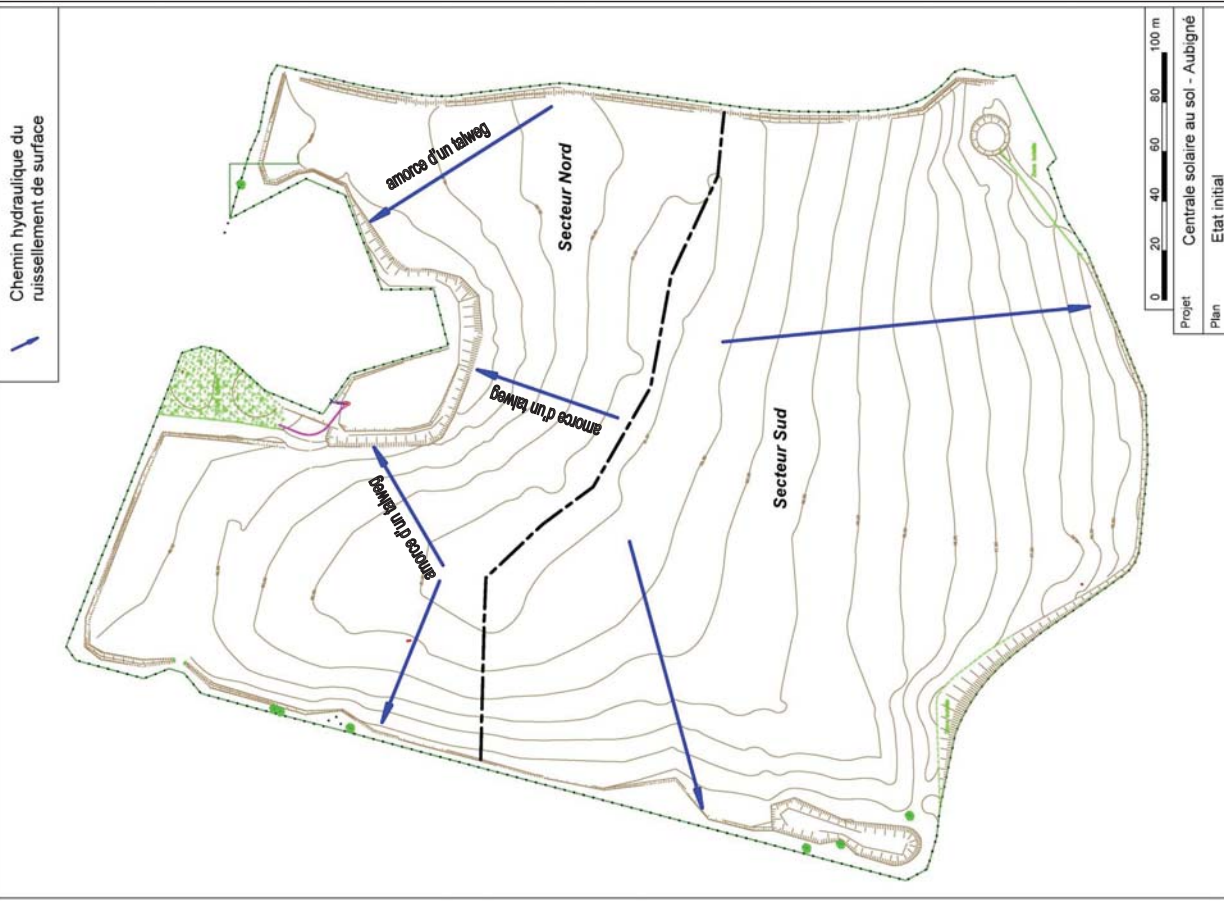


Figure 1 : Définition des secteurs et identification des chemins hydrauliques initiaux

En fonction des données du site et de la répartition des différents secteurs, on obtient les résultats ci-dessous.

Tableau 4 : Description des versants identifiés sur le dôme

Versant	Nord	Sud
Superficie	33 000 m <sup>2</sup>	52 000 m <sup>2</sup>
Chemin hydraulique		
Longueur	60 m	200 m
Pente	5 %	2,5/3,3 %
Temps de concentration	16 min	34 min

Les simulations seront menées avec la pluie de longue durée, susceptible de générer un ruissellement de surface suite à la saturation du sol.

Tableau 5 : Débits correspondants aux pluies (2 ans et 10 ans) de longue durée

Pluie	2 ans	10 ans
Débit de pointe	0 L/s	16,7 L/s

### 7.4.2. Etat futur : fonctionnement hydrologique au niveau des panneaux

Les panneaux photovoltaïques seront inclinés de 20° à 25°. Ainsi, les eaux pluviales ruisselant sur les modules se concentreront vers le bas des panneaux et pourraient provoquer une érosion du sol à l'aplomb de cet écoulement.

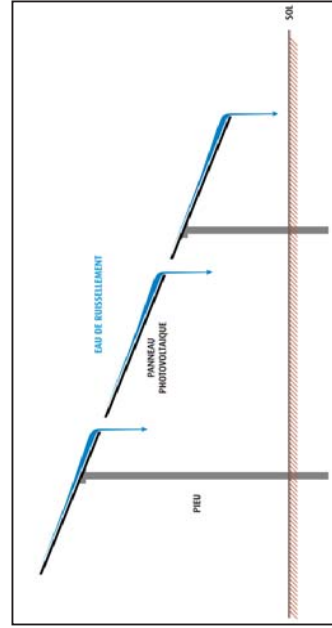


Figure 2 : Illustration de l'effet des modules sur l'écoulement des eaux de pluie (Source : Guide méthodologique de l'étude d'impact d'une centrale PV au sol, 2011)



Les structures qui seront mises en place sur le site de l'ancienne décharge d'Aubigné-Racan seront d'une hauteur maximale de 2,7 m avec une hauteur par rapport au sol de 80 cm. Ces différentes hauteurs permettront à la végétation de s'y développer, limitant le risque d'érosion.

L'espacement de 5,25 m entre chaque rangée et les petits interstices présents entre chaque module permettront aux eaux pluviales d'atteindre le sol sans créer de concentration d'eau. En effet, lors des épisodes pluvieux, l'eau tombant sur chaque panneau va s'écouler dans le sens de l'inclinaison de ce dernier vers le sol. Cet écoulement se fera au niveau de l'espacement de 2 cm entre chaque module de la structure (hormis lors de précipitations très importantes).



Interstices

Figure 3 : Vue des interstices entre chaque panneau (Source : IEL)

**Les débits susceptibles d'être générés restent du même ordre de grandeur que pour l'état initial. Ils ne sont pas susceptibles de porter atteinte à la couverture végétale du site.**

### 7.5. IMPACT DU RUISSELLEMENT HORTONIEN

Les débits de ruissellement générés par les panneaux peuvent conduire à l'arrachement de la végétation et à la création de ravines pouvant modifier l'épaisseur de l'horizon végétal.

L'évaluation du risque d'érosion des sols s'appuie sur la résistance que peut opposer le sol à l'arrachement de ses particules, par la force érosive de l'eau.

Trois formes d'érosion principales peuvent être déterminées :

1. L'érosion en nappe, liée à deux mécanismes :
  - Le détachement des particules de terre causé par le choc de gouttes des pluies (effet splash) ;
  - Le ruissellement lorsque l'intensité devient supérieure à la vitesse d'infiltration (ruissellement hortonien).

2. Sur un bassin versant ou une parcelle, l'érosion linéaire succède à l'érosion en nappe par concentration du ruissellement dans les dépressions. Elle correspond à la mise en place de micro-filets ou de rigoles de petites dimensions ne convergeant pas entre elles, mais formant des ruisselets parallèles
3. L'érosion par ravinement correspond à la concentration des filets d'eau issus de l'érosion linéaire.

Pour un sol bénéficiant d'une couverture végétale bien établie, l'effet « splash » peut être considéré comme négligeable. Seule l'apparition de ravines peut provoquer des érosions des premiers centimètres du sol et par la même entraîner une déstabilisation ou modification notable de la végétation.

L'érosion demande un écoulement atteignant une vitesse supérieure à 1,8 m/s pour permettre le début de l'arrachement de particules de sol disposant d'une végétation bien établie (source : Comment diagnostiquer les problèmes d'érosion hydrique - Guide préliminaire à l'intention des conseillers agricoles. Équipe de coordination des clubs-conseils en agroenvironnement).

L'impact de la pluie sur les panneaux dépend de l'épisode climatique considéré, des antécédents météorologiques, mais également de l'orientation du vent par rapport à la surface des panneaux. Pour la suite de l'étude, nous nous placerons dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire avec des gouttes de pluie tombant perpendiculairement sur les surfaces des panneaux.

Les simulations sont menées avec les pluies présentant des intensités élevées (durée intense 5 min – durée totale de 2H), conduisant aux débits de pointe les plus importants au niveau des surfaces imperméabilisées.

#### 7.5.1. Au niveau d'une structure unitaire

En prenant l'hypothèse d'une conservation du débit entre les panneaux et la surface enherbée, il est possible de calculer la hauteur de la lame d'eau ruisselante et d'en déduire sa vitesse moyenne (loi de Manning-Strickler) :

Tableau 6 : Caractéristiques du secteur étudié

Pente maximale du terrain	0,07 m/m
Coefficient de rugosité hydraulique	0,074 (Ray Grass – paturin des prés – fétuque)

Tableau 7 : Calcul de la vitesse d'impact de l'eau sur le sol en période de pluie intense

Pluie	2 ans	10 ans
Débit de ruissellement par mètre linéaire de panneaux	0,062 L/s/ml	0,122 L/s/ml
Hauteur de la lame d'eau	1,4 mm	2 mm
Vitesse	0,044 m/s	0,058 m/s

Nous avons négligé le débit généré par la bande enherbée, étant donné que pour le type de pluie étudié, cette surface ne génère que très peu de ruissellement, grâce à sa capacité d'infiltration importante.





### 7.5.2. Au niveau de la plus longue rangée de panneaux implantés perpendiculairement à la pente

En considérant le débit de l'ensemble de la rangée (soit 60 m au maximum), nous ne prenons pas en compte l'effet de laminage de l'herbe sur l'écoulement issu des panneaux, définissant ainsi un contexte plus défavorable que la réalité. Nous considérerons un écoulement en aval des panneaux assez concentré, d'une largeur égale à 0,5 m.

**Tableau 8 : Caractéristiques du secteur étudié**

<b>Pente maximale du terrain</b>	0,03 m/m
<b>Coefficient de rugosité hydraulique</b>	0,074 (Ray Grass – paturin des prés – fétuque)

**Tableau 9 : Calcul de la vitesse d'impact de l'eau sur le sol en période de pluie intense**

<b>Pluie</b>	2 ans	10 ans
<b>Débit de ruissellement pour la plus longue rangée de panneaux</b>	3,8 L/s	7,4 L/s
<b>Hauteur de la lame d'eau (théorique)</b>	2,2 cm	3,2 cm
<b>Vitesse</b>	0,35 m/s	0,46 m/s

Ces modélisations montrent que quel que soit le risque climatique considéré le débit généré ne peut atteindre la vitesse permettant le début de l'arrachement de particules constitutives du sol. De plus, l'écoulement se fera sur une plus grande largeur, contribuant ainsi à diminuer la vitesse.

### 7.6. PHASE TRAVAUX

L'utilisation de machines lourdes est à l'origine de phénomènes de compaction du sol. Cette réduction de la porosité se produit à diverses profondeurs, dépendamment de l'état de compaction initial du sol et de la force appliquée par l'engin. Dans le cas de compaction superficielle, on assiste à une baisse de la conductivité hydraulique de l'horizon de surface et à la mise en place de voies préférentielles d'écoulements. Ces secteurs sont favorables à la mise en place des phénomènes d'érosion linéaire. Le sol devient alors localement plus érodable.

Dans le cas du projet d'Aubigné-Racan, le site est réhabilité depuis une vingtaine d'années sans que des tassements de terrain y aient été constatés. Lors de la phase de chantier, des engins légers de type télescopique seront utilisés et la pose des panneaux photovoltaïques sera réalisée manuellement. De plus, si nécessaire, des bandes de roulement avec des plaques de roulage et de protection des sols seront mises en place afin de mieux répartir la charge des engins de chantier et à limiter les risques de tassement des sols et de création d'ornières lors du chantier. C'est notamment lors des périodes humides que ces plaques de roulage pourront être installées.

Enfin, toutes les mesures seront prises afin de préserver au maximum la végétation à enjeu, notamment les pelouses sèches, en limitant au maximum les déplacements sur le site, en évitant les travaux en période pluvieuse.

### 7.7. PHASE EXPLOITATION

De par la nature des matériaux mis en place et l'exploitation de la centrale photovoltaïque, aucun rejet particulier n'est à recenser.

Les éventuels risques de pollution proviennent essentiellement :

- Des travaux de maintenance : changement de panneau, fuites d'huile ou d'hydrocarbures issues des véhicules de maintenance, entretien de la végétation ;
- Des composants électriques contenus au niveau des postes de transformation et de livraison.

Une gestion respectueuse du site (pas d'utilisation de produit phytosanitaire) permettra d'éviter toute pollution.

Les maintenances resteront très ponctuelles, et là encore, des mesures supprimeront tout risque de pollution.

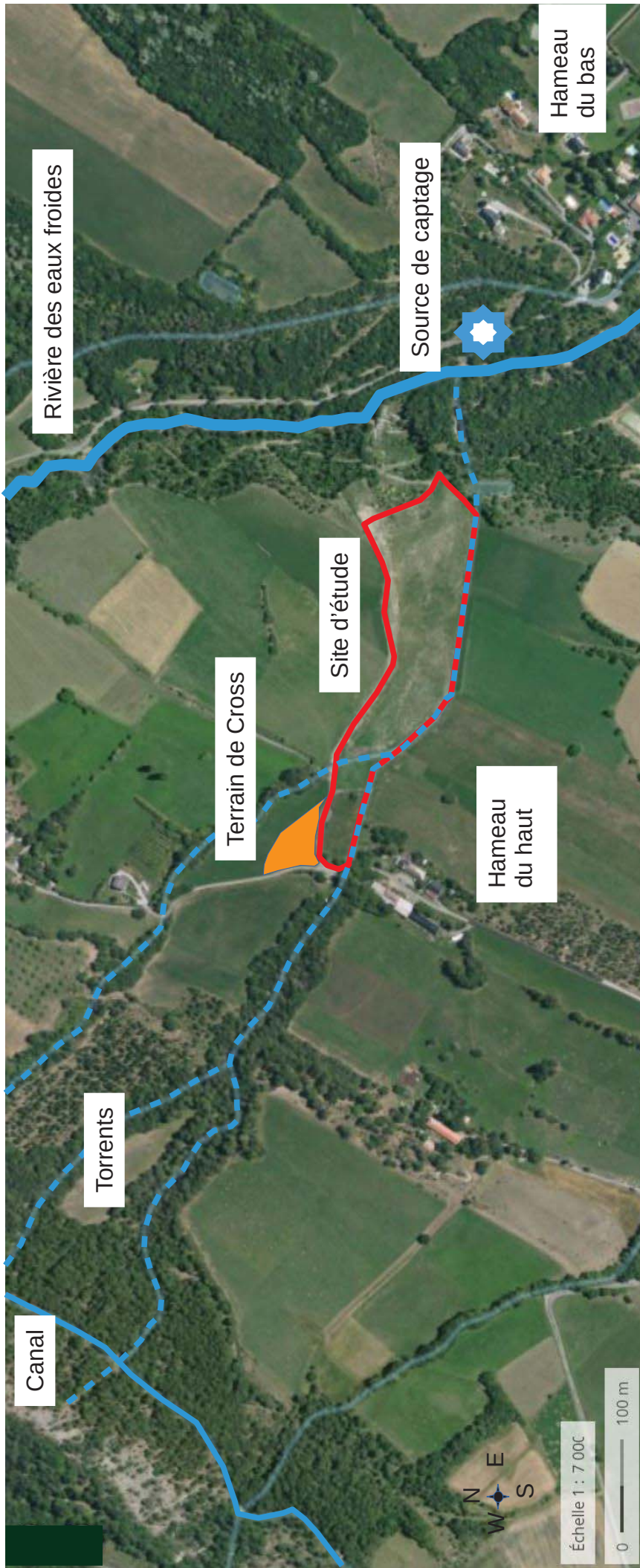
Au niveau de la composition des modules photovoltaïques, nous avons fait le choix de modules à technologie cristalline. Ainsi, aucune fuite de produits chimiques n'est possible (absence de métaux lourds), même en cas de casse.

Les écoulements des eaux souterraines ne seront pas concernés en raison de l'absence de travaux de terrassement et de la mise en place des câbles à 20 cm de profondeur seulement.

### 7.8. CONCLUSION

En définitif, l'installation des panneaux photovoltaïques ne modifiera pas les caractéristiques hydrologiques initiales du terrain.

**ANNEXE A : EMPRISE DU PROJET**



*Photographie aérienne (adaptée de Géoportail)*