



Réseau de transport d'électricité



Raccordement électrique du parc éolien en mer de Saint-Nazaire

Création de la liaison souterraine à deux circuits 225 000 volts Banc de Guérande – Prinquiau

Création des liaisons souterraines de raccordement du poste de Prinquiau sur les lignes à 225 000 volts Cordemais-Pontchâteau 2 et Cordemais-Poteau Rouge

Janvier 2015
Département de Loire-Atlantique

Mémoire Descriptif

Sommaire

Présentation du Maître d’ouvrage	4
Avant propos	7
1. Dispositions générales du projet	9
1.1 Le projet.....	10
1.2 Situation des ouvrages.....	11
1.2.1 Tracé général en mer	12
1.2.2 Tracé général à terre	16
1.2.3 Emplacement de poste.....	20
1.2.4 Les liaisons souterraines de raccordement	21
1.3 Caractéristiques techniques du projet de raccordement	24
1.3.1 Description des ouvrages et des travaux.....	24
1.3.2 Planning prévisionnel	49
1.3.3 Coût global du projet.....	49
2. Justification technico-économique du projet	50
2.1 Le développement de l’éolien en mer	51
2.2 Un parc éolien en mer au large de Saint-Nazaire.....	52
2.3 Le raccordement du futur parc éolien en mer au réseau de transport d’électricité.....	52
2.4 Les différentes solutions étudiées et la solution technique proposée.....	54
3. Historique de la concertation	57
3.1 La concertation.....	58
3.1.1 La présentation du projet.....	58
3.1.2 Dossier de présentation et de proposition d’aire d’étude	58
3.1.3 Contribution au débat public.....	59
3.1.4 L’élaboration des solutions et la poursuite de la concertation	59
3.1.5 Le dossier de concertation et la réunion plénière de choix	60
3.1.6 La mise au point du projet général.....	61
3.2 Acteurs et partenaires du projet.....	62
3.2.1 Responsables du projet.....	62
3.2.2 Bureau d’étude d’impact et auteurs des études annexes	63
3.2.3 Responsables de l’instruction administrative du projet et entités concernés par le projet	64
4. Contexte réglementaire et administratif	65
4.1 Les procédures liées à la construction des ouvrages électriques	66

4.1.1	La justification technico-économique des projets d'ouvrages électriques et le dossier de présentation.....	66
4.1.2	La concertation	66
4.1.3	Les procédures préalables à la construction des ouvrages du réseau public de transport d'électricité.....	67
4.2	Les engagements de RTE auprès de la collectivité	75
4.2.1	La politique environnementale de RTE.....	75
4.2.2	De multiples partenariats	76
4.2.3	Les engagements de RTE à l'égard du public	78
5.	Fonctionnement du système électrique	80
5.1	Notions clés de l'électricité	81
5.1.1	Le système électrique	83
5.1.2	Pourquoi des réseaux ? Pourquoi « interconnecter » les territoires ?.....	91
5.2	Assurer la fourniture d'une électricité en tout lieu à tout moment	93
5.2.1	La sûreté du système électrique.....	93
5.2.2	L'origine des principaux incidents affectant le système électrique.....	94
5.2.3	La qualité de l'alimentation électrique : un enjeu essentiel	95
5.2.4	Les caractéristiques de la qualité d'alimentation.....	95
5.2.5	Quels paramètres influent sur la qualité de l'alimentation électrique.....	96

Présentation du Maître d'ouvrage

RTE, des missions essentielles au service de ses clients, de l'activité économique et de la collectivité

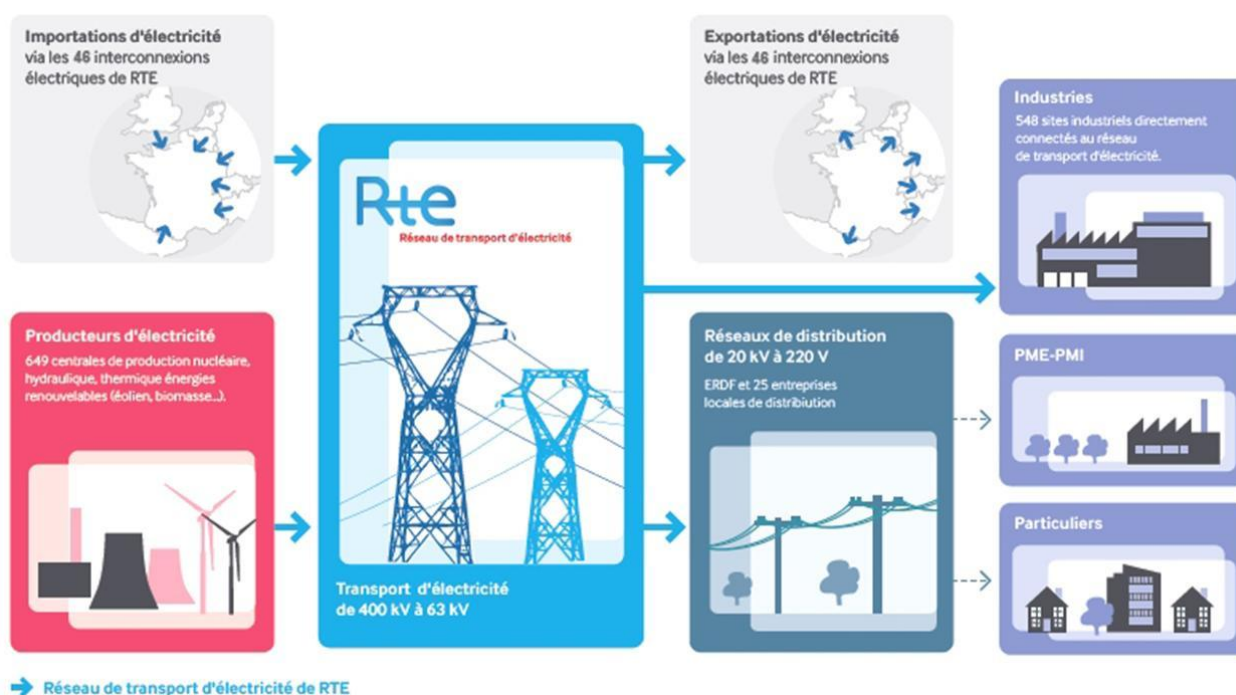
Des missions définies par la loi

La loi a confié à RTE la gestion du réseau public de transport d'électricité français. Entreprise au service de ses clients, de l'activité économique et de la collectivité, elle a pour mission l'exploitation, la maintenance et le développement du réseau haute et très haute tension afin d'en assurer le bon fonctionnement.

RTE est chargé des 100 000 km de liaisons haute et très haute tension et des 46 liaisons transfrontalières (appelées "interconnexions").

RTE achemine l'électricité entre les fournisseurs d'électricité et les consommateurs, qu'ils soient distributeurs d'électricité ou industriels directement raccordés au réseau de transport quelle que soit leur zone d'implantation. Il est garant du bon fonctionnement et de la sûreté du système électrique quel que soit le moment.

RTE garantit à tous les utilisateurs du réseau de transport d'électricité un traitement équitable dans la transparence et sans discrimination.



En vertu des dispositions du code de l'énergie, RTE doit assurer le développement du réseau public de transport pour permettre à la production et à la consommation d'électricité d'évoluer librement dans le cadre des règles qui les régissent. A titre d'exemple, tout consommateur peut faire évoluer à la hausse et à la baisse sa consommation : RTE doit adapter constamment la gestion de son réseau pour maintenir l'équilibre entre la production et la consommation.

Assurer un haut niveau de qualité de service

RTE assure à tout instant l'équilibre des flux d'électricité sur le réseau en équilibrant l'offre et la demande. Cette mission est essentielle au maintien de la sûreté du système électrique.

RTE assure à tous ses clients l'accès à une alimentation électrique économique, sûre et de bonne qualité. Cet aspect est notamment essentiel à certains process industriels qui, sans elle, disparaîtraient.

RTE remplit donc des missions essentielles au pays. Ces missions sont placées sous le contrôle des services du ministère chargé de l'énergie et de l'environnement, et de la commission de régulation de l'énergie. En particulier, celle-ci vérifie par ses audits et l'examen du programme d'investissements de RTE, que ces missions sont accomplies au coût le plus juste pour la collectivité.

Accompagner la transition énergétique et l'activité économique

Dès l'horizon à dix ans, l'analyse prospective montre d'importants défis à relever à l'échelle mondiale et par la suite au niveau de chaque pays. Les enjeux de la transition énergétique soulignent la nécessité d'avoir une plus grande sobriété énergétique et de se tourner vers d'autres sources d'approvisionnement que les énergies fossiles. La lutte contre le réchauffement climatique donne à ces préoccupations une importance accrue.

Au regard tant du nombre d'acteurs impliqués que des enjeux économiques, les principaux efforts de la transition énergétique portent sur la maîtrise de la demande et l'adaptation des besoins du réseau.

En l'absence de technologies de stockage décentralisé suffisamment matures pour être disponibles à la hauteur des besoins, le réseau de transport d'électricité continuera d'assurer dans la transition énergétique, la mutualisation des aléas et par la suite la sécurisation et l'optimisation de l'approvisionnement électrique. Cela nécessitera que RTE développe de manière importante le réseau pendant les dix années à venir ; ainsi plus de dix milliards d'euros devront-ils être investis durant cette période pour contribuer à relever les défis du système électrique.

A cet égard, RTE est un acteur important du développement économique, comme le montre l'investissement annuel d'1,4 milliard d'euros comparé aux 213,4 milliards d'euros investis par l'ensemble des entreprises non financières en 2011 (source INSEE, investissement par secteur industriel en 2011). De plus, dans le domaine des travaux liés à la réalisation des ouvrages, on estime que les retombées locales en termes d'emploi représentent 25 à 30 % du montant des marchés.

Assurer une intégration environnementale exemplaire

RTE assure l'entretien du réseau, son renforcement et son développement en veillant à réduire son impact environnemental.

RTE s'engage à concilier essor économique et respect de l'environnement : bonne intégration du réseau, économie des ressources, nouvelles technologies et préservation du milieu naturel. Les services du ministère chargé de l'environnement s'assurent du caractère exemplaire de cette intégration environnementale.

Des informations complémentaires sont disponibles sur le site :

www.rte-france.com

Avant propos

Le projet de raccordement électrique du parc éolien en mer de Saint Nazaire, situé dans le département de Loire-Atlantique, comprend la réalisation d'une liaison double sous-marine et souterraine à 225 000 volts de 61 km entre le futur parc éolien et le futur poste de raccordement au réseau public de transport d'électricité à créer sur la commune de Prinquiau. Ces ouvrages, qui accompagnent la transition énergétique, permettront de transporter l'énergie d'électricité renouvelable produite par le parc éolien en mer de St Nazaire qui s'inscrit dans le cadre du premier appel d'offres « éolien en mer » lancé par le gouvernement en juillet 2011.

Concernant les liaisons de transport d'électricité, le décret n°70-492 du 11 juin 1970, relatif à la procédure de DUP (déclaration d'utilité publique) des travaux ne nécessitant que l'établissement des servitudes, dispose que la demande de DUP est accompagnée d'un dossier qui comprend notamment « un mémoire descriptif indiquant les dispositions générales des ouvrages, leur insertion dans le réseau existant, leur justification technique et économique et présentant le calendrier des concertations qui ont pu avoir lieu sur le projet ainsi que les principaux enseignements tirés de celle-ci » (article 7 du décret précité).

Ainsi le présent document nommé « mémoire descriptif » accompagne la demande de déclaration d'utilité publique du projet. Il a pour objectif de :

- décrire les dispositions techniques du projet ;
- informer sur les fondements technico-économiques des travaux projetés ;
- dresser l'historique de la concertation qui a eu lieu entre les acteurs locaux et RTE ;
- présenter le contexte réglementaire et administratif dans lequel s'inscrit ce document ;
- apporter des informations générales sur le fonctionnement du système électrique.

Dispositions générales du projet

1.1 Le projet

Le raccordement du parc éolien en mer nécessitera la création des ouvrages suivants :

- une liaison sous-marine à deux circuits 225 000 volts reliant le poste électrique en mer au point d'atterrage sur le littoral (33 km environ) ;
- deux jonctions d'atterrage (une par circuit), pour réaliser la transition entre les câbles sous-marins et les câbles terrestres ;
- une liaison souterraine à deux circuits 225 000 volts reliant le point d'atterrage au poste de raccordement au réseau public de transport d'électricité (28 km environ) ;
- un poste électrique à 225 000 volts pour le raccordement qui sera connecté au réseau public de transport ;
- deux liaisons souterraines à deux circuits 225 000 volts (entre 1 et 2 km) entre ce poste et les lignes existantes (Cordemais-Poteau Rouge et Cordemais-Pontchâteau 2).

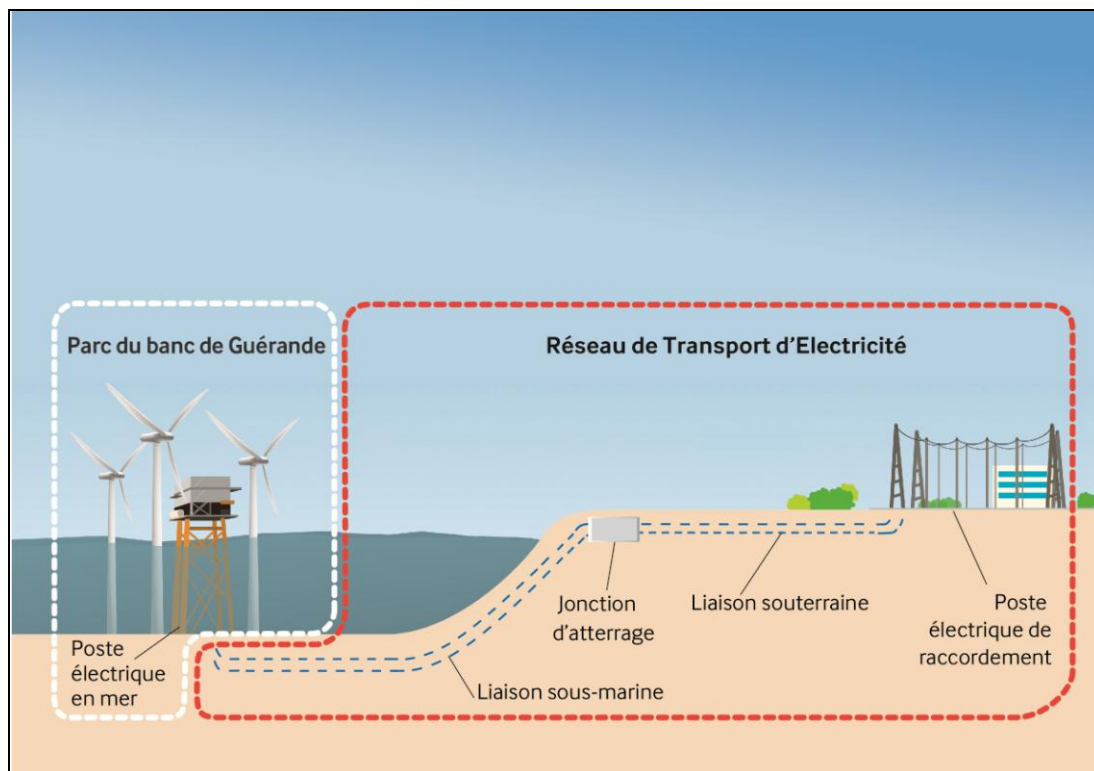


Figure 1 : schéma de principe du raccordement

Cet ouvrage doit être capable de transiter la puissance active maximale de l'installation de production, soit environ 480 MW (mégawatts).

1.2 Situation des ouvrages

L'intégration des préoccupations environnementales dans la conception du projet suit un processus progressif et continu s'articulant en trois grandes étapes :

- définition de l'aire d'étude dans laquelle s'inscrira le projet ;
- identification, évaluation et comparaison des fuseaux pour une liaison, des emplacements pour un poste ;
- mise au point du tracé général pour une liaison, de l'implantation générale pour un poste, analyse des impacts et proposition d'éventuelles mesures supplémentaires destinées à éviter, réduire et, si nécessaire, compenser les impacts du projet.

Chacune de ces trois étapes se conclut par une décision prise après concertation. Chaque choix définit le champ d'investigation de l'étape suivante et donc, en quelque sorte, son cahier des charges environnemental (territoire à étudier, niveau de précision...).

- la définition de l'aire d'étude vise à identifier le territoire dans lequel peut être envisagée l'insertion de l'ouvrage en excluant, *a priori*, les espaces étendus au sein desquels l'ouvrage aurait des impacts forts ;
- la recherche des fuseaux et de l'emplacement du poste a pour objectif de mettre en évidence, à travers une analyse plus fine, les différentes options de cheminement et d'implantation possibles pour éviter les impacts, en anticipant, à ce stade, la possibilité d'en réduire certains ;
- enfin, la mise au point du tracé (liaison) ou de l'implantation générale (poste) s'appuie sur une même logique d'évitement et de limitation des impacts, voire, si nécessaire de compensation des impacts résiduels.

Le projet de raccordement électrique du parc éolien en mer de Saint-Nazaire est localisé dans le département de Loire-Atlantique. Il se situe sur le domaine maritime entre le poste électrique du parc, au niveau du Banc de Guérande jusqu'à l'atterrage à la plage de la Courance à Saint-Nazaire, et sur les communes de Saint-Nazaire, Trignac, Montoir-de-Bretagne, Donges et Prinquiau jusqu'au raccordement sur les lignes électriques 225 000 volts.

Les figures pages suivantes permettent de localiser le projet.

1.2.1 Tracé général en mer

1.2.1.1 Préambule

Le tracé de la liaison sous-marine, qui fait l'objet d'une demande de déclaration d'utilité publique, est un tracé général à l'échelle 1/25 000.

La carte ci-après présente le tracé général retenu.

Les études ultérieures et la prise en compte de contraintes techniques sont susceptibles d'orienter le choix du tracé de détail retenu.

Le tracé général en mer, correspondant au fuseau de moindre impact, a été établi sur la base des éléments suivants :

- évitement des principales contraintes : zones rocheuses (La Banche et La Lambarde), zone de clapage, épaves, émissaire en mer, limites définies par le grand port maritime de Nantes-Saint-Nazaire, projet de tracés de câbles inter-éolienne ;
- résultats des études géotechniques ;
- prise en compte des contraintes de poses (rayon de courbure).

1.2.1.2 Description du tracé général en mer

Le point de départ de la liaison sous-marine est le poste de livraison du parc éolien au niveau du Banc de Guérande.

A partir du point de livraison en mer, le tracé s'effectue sur la zone rocheuse du plateau de Guérande jusqu'au sortir du parc éolien.

Il longe le nord-est du parc et évite par le sud les zones rocheuses du Plateau de la Banche.

Le tracé général longe par le nord la zone de clapage du Grand port maritime de Nantes-Saint-Nazaire tout en évitant le plateau rocheux de La Lambarde.

Le tracé remonte à l'ouest du chenal de Bonne Anse jusqu'à la plage de la Courance. Il s'appuie sur les limites définies par le Grand port maritime pour éviter des contraintes sur l'usage du chenal et de ses abords.

Le point d'arrivée du tracé est la plage de la Courance sur la commune de Saint-Nazaire où seront positionnées les chambres d'atterrage dans lesquelles seront réalisées les jonctions entre les câbles sous-marins et les câbles terrestres.

Après prise en compte des zones identifiées à enjeux et ce dans une logique de moindre impact (Espaces remarquables au titre de la Loi Littoral), la zone d'atterrage est définie dans la figure ci-après.




 Zone d'atterrage

Figure 2 : zone d'atterrage

Les chambres d'atterrage seront implantées en haut de plage dans cette zone.

TRACÉ GÉNÉRAL MARITIME

Raccordement électrique du parc éolien en mer de Saint-Nazaire

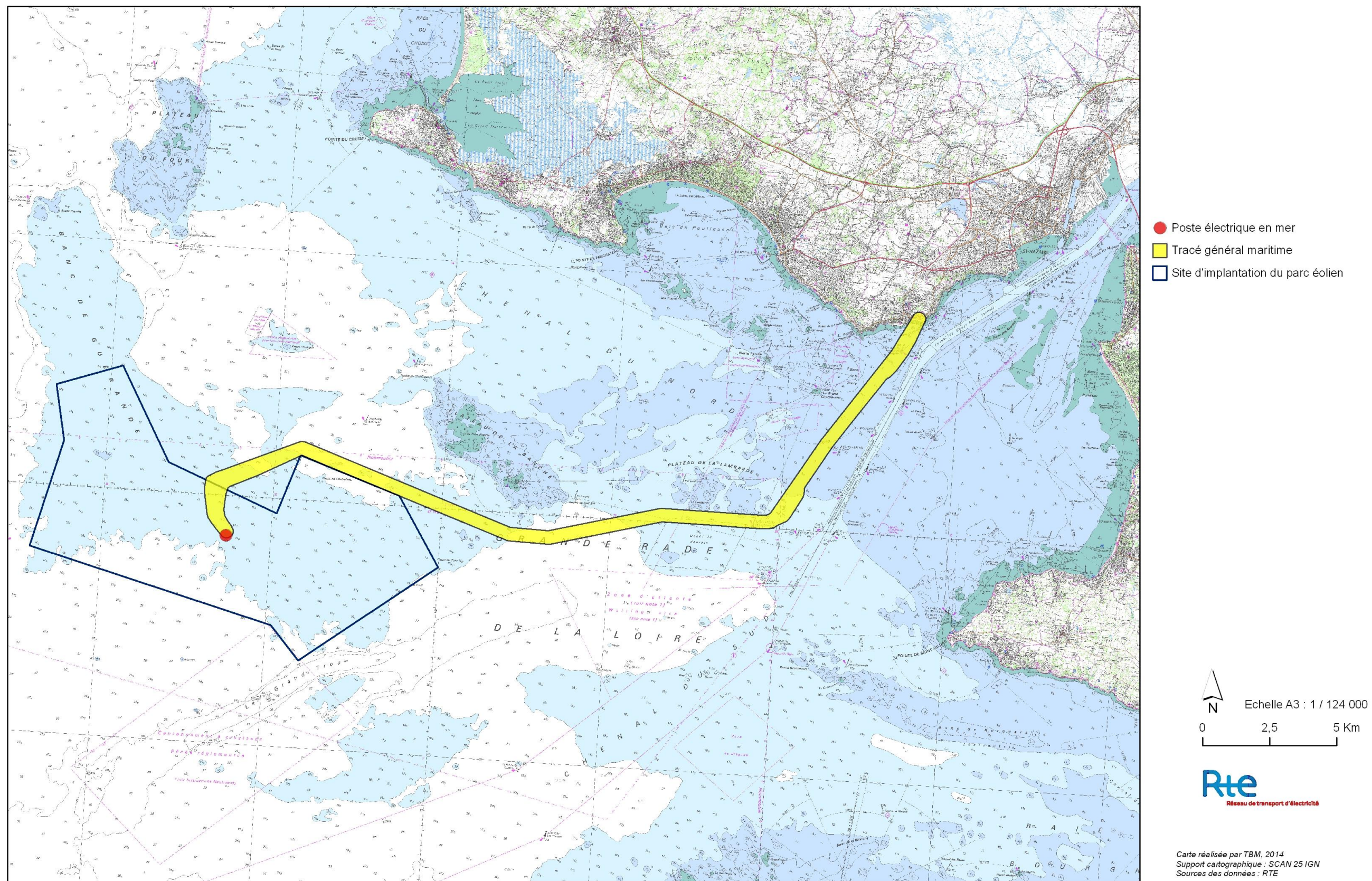


Figure 3 : tracé général maritime

1.2.2 Tracé général à terre

1.2.2.1 Préambule

Le tracé général de la liaison souterraine, qui fait l'objet d'une demande de déclaration d'utilité publique, est un tracé général à l'échelle 1/25 000.

La carte page suivante présente le tracé général retenu.

Le tracé général à terre a été établi sur la base des principes suivants :

- éviter au maximum les Espaces Remarquables au titre de la Loi Littoral et les sites Natura 2000 ;
- privilégier l'utilisation des infrastructures existantes tout en prenant en compte les enjeux liés aux trafics routiers sur les grands axes de circulation ;
- prendre en compte les sensibilités des milieux et espèces inventoriées ;
- favoriser le passage dans les routes secondaires ou les cheminements existants.

1.2.2.2 Description tracé terrestre

La liaison souterraine d'une longueur d'environ 28 km concerne cinq communes du département de Loire-Atlantique : Saint-Nazaire, Trignac, Montoir-de-Bretagne, Donges et Prinquiau.

Le point de départ du tracé général de la liaison souterraine se situe au niveau de la plage de La Courance, sur la commune de Saint-Nazaire, secteur où seront implantées les chambres d'atterrage (connexion entre les parties maritime et terrestre de la liaison).

TRACÉ GÉNÉRAL TERRESTRE

Raccordement électrique du parc éolien en mer de Saint-Nazaire



- Ligne électrique Rte**
- Ligne aérienne 225 000 volts
 - Poste de raccordement
 - Tracé général terrestre

N
Echelle A3 : 1 / 60 000
0 1 2 Km



Carte réalisée par TBM, 2014
Support cartographique : SCAN 25 IGN
Sources des données : RTE

Figure 4 : tracé général terrestre

Depuis la Courance, le tracé emprunte les voiries dans les quartiers résidentiels Les Rochelles, le Petit et le Grand Gavy, La Vecquerie et La Bouletterie. Ce sont les routes du Fort de l'Eve, de Saint-Marc et Pitre Grenapin.

Il rejoint le Boulevard Georges Charpak et intègre ses proches abords.

Le tracé général longe le boulevard Georges Charpak (D492) jusqu'au sud de la route départementale 213 ou route bleue. Il bifurque alors vers l'est et les bassins de Guindreff, qu'il longe par le nord.

Le tracé longe, par le sud, la RD213 jusqu'à La Butte de La Savine et le lieu-dit Trefféac puis intègre la RD 213 et ses abords (nord et sud) jusqu'à l'échangeur de Certé.

A partir de cet échangeur, le tracé général se dirige vers l'aval de la rivière du Brivet et intègre les délaissés, les friches et les prairies humides (dont les canaux drainants) entre Certé et La Menée de Lambourg. Il longe le Brivet, coupe la voie ferrée Saint-Nazaire Nantes et rejoint le quartier de Méan.



Figure 5 : prairies La Menée Lambourg (cliché TBM)

Le tracé général coupe le Brivet, la RD 213 menant au pont de Saint-Nazaire au niveau de Méan, intègre les échangeurs jusqu'au rond-point de Gron sur la commune de Montoir-de Bretagne.

Les prairies au nord de la RD 100 sont comprises dans le tracé général. Le tracé évite donc le nord des zones industrialo-portuaires.

Le tracé général longe la RD 100 et intègre ses proches abords jusqu'à la zone d'activité des Six-Croix.

Sur ce parcours, le tracé général de la liaison souterraine coupe le canal du Priory et le réseau d'infrastructures au niveau du lieu-dit Le Trevenoux (voie ferrée, routes, etc.). Il intègre les abords de la RD100 et les voiries secondaires.

Au rond-point des Six-croix, le tracé général emprunte la route desservant les hameaux de La Censie. A partir du Bochet, le tracé général s'élargit et intègre des secteurs de marais jusqu'au canal de la Taillée.



Figure 6 : Canal de La Taillée (Cliché TBM)

Le tracé coupe le canal de La Taillée, limite naturelle entre des communes de Donges et de Prinquiau, puis rejoint la route nationale 171.

Depuis le canal de la Taillée et jusqu'à l'emplacement du poste de raccordement, sur la commune de Prinquiau, le tracé général intègre les limites nord des Marais du Sud (prairies et réseaux de canaux secondaires), le sud des marais de Prinquiau et de l'Hirondelle et la route secondaire desservant le lieu-dit du Bois de Sem.

Deux possibilités sont ensuite envisagées pour rejoindre l'emplacement de poste de raccordement sur la commune de Prinquiau. Au niveau du lieu-dit de Sem, il s'agit soit de longer la RD 771, soit d'intégrer le nord de la RN171 puis de rejoindre la Hunière où sera implanté le poste.

1.2.3 Emplacement de poste

Le poste de raccordement sera implanté sur trois parcelles agricoles, d'environ 5 hectares, sur la commune de Prinquiau en Loire-Atlantique.

L'emplacement se situe entre la route nationale 171 et route départementale 771 « route de Saint-Nazaire », au lieu-dit la Hunière.

Ce dernier est pour partie remblayé et pour partie en zone humide, zone humide dont la fonctionnalité est altérée par la mise en culture.

La plate-forme et les installations ont été étudiées et dimensionnées de manière à limiter au maximum les impacts sur le bruit, le paysage et sur la zone humide. Ce travail a, lors de sa conception, permis de proposer un projet de moindre impact.

Les installations et les équipements ont été intégrés dans des bâtiments limitant ainsi les impacts paysagers.

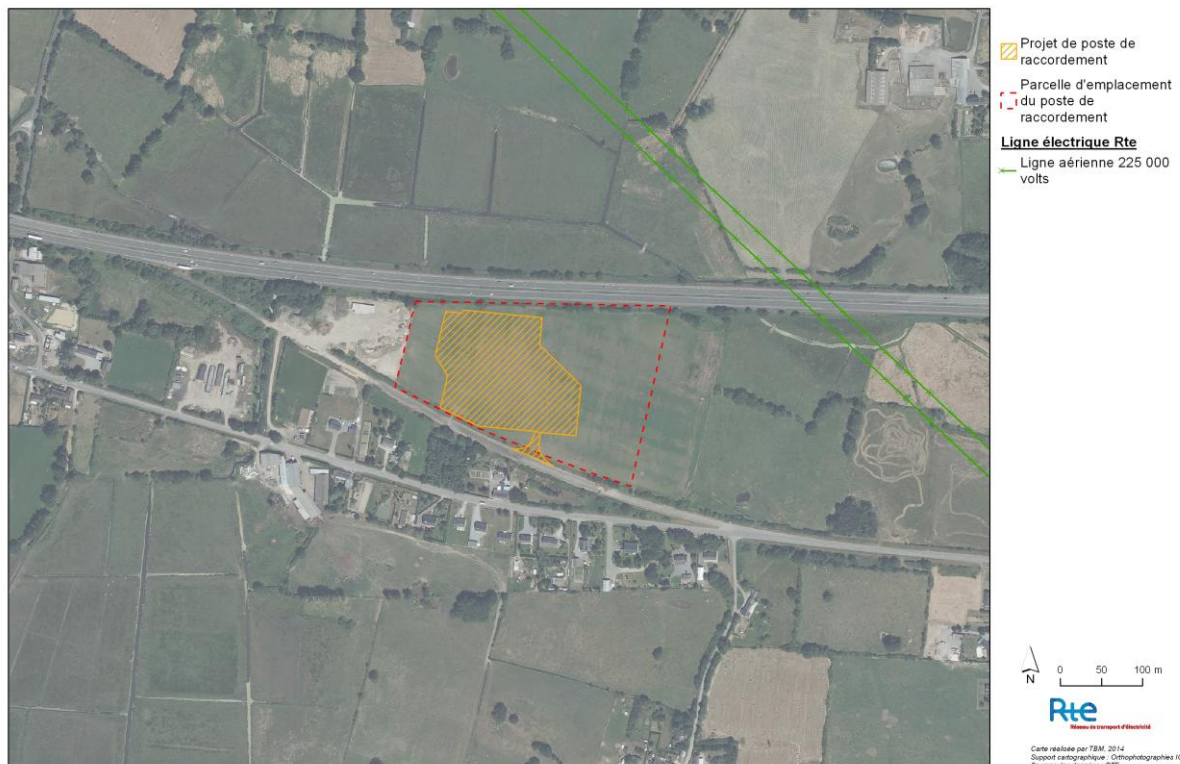


Figure 7 : emplacement du poste

1.2.4 Les liaisons souterraines de raccordement




Le raccordement entre le poste et les lignes aériennes 225 000 volts existantes (CORDEMAIS - PONTCHATEAU 2 et CORDEMAIS - POTEAU ROUGE) se fera par deux liaisons souterraines doubles. Ces liaisons seront similaires à celles décrites au paragraphe 1.3.1.3. Leur raccordement sur les lignes existantes nécessitera le remplacement de deux pylônes pour accueillir les jonctions entre câbles souterrains et câbles aériens.

Concernant le raccordement à la ligne aérienne CORDEMAIS-POTEAU ROUGE, l'implantation du nouveau pylône sera optimisée en prenant en compte :

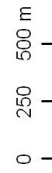
- la zone humide ;
- la préservation de l'espace boisé classé ;
- les résultats des études techniques de détail.

Concernant le raccordement à la ligne aérienne CORDEMAIS-PONTCHATEAU 2, la localisation de la traversée de la RN 171 sera définie au niveau des études de détail (faisabilité de passage en sous-œuvre).

Les deux figures, pages suivantes, localisent le tracé général de ces liaisons.

-  Tracé général de la liaison souterraine
-  Emplacement du poste de Prinquiau
-  Ligne aérienne 225 000 volts

Echelle A4 : 1 / 25 000



Carte réalisée par TBM, 2014
Support cartographique : Orthophotographies IGN
Sources des données : RTE

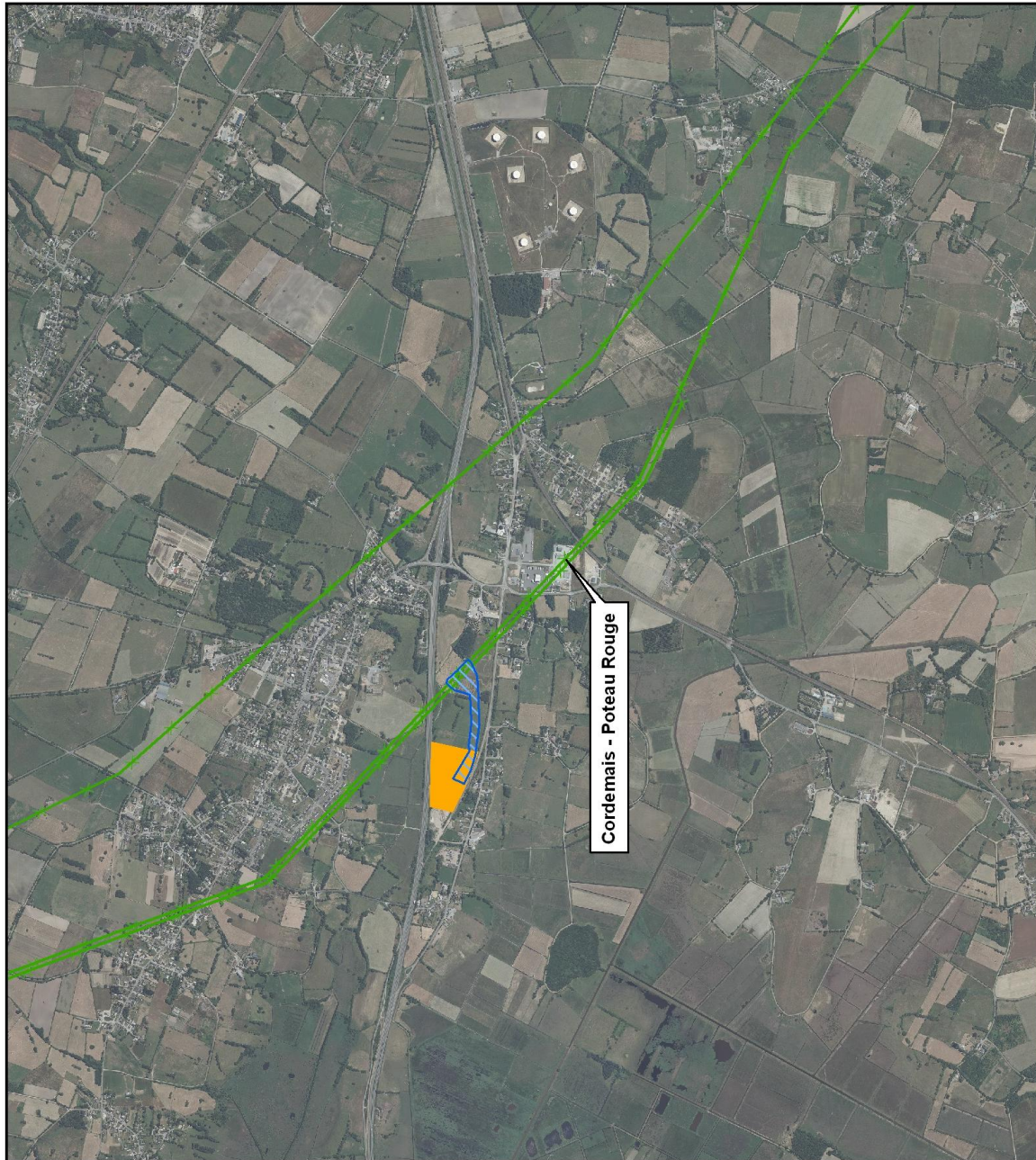


Figure 8 : tracé général de la liaison souterraine de raccordement du poste de Prinquiau à la ligne CORDEMAIS-POTEAU ROUGE



Figure 9 : tracé général de la liaison souterraine de raccordement du poste de Prinquiau à la ligne CORDEMAIS-PONTCHATEAU 2

1.3 Caractéristiques techniques du projet de raccordement

1.3.1 Description des ouvrages et des travaux

1.3.1.1 Liaison sous-marine

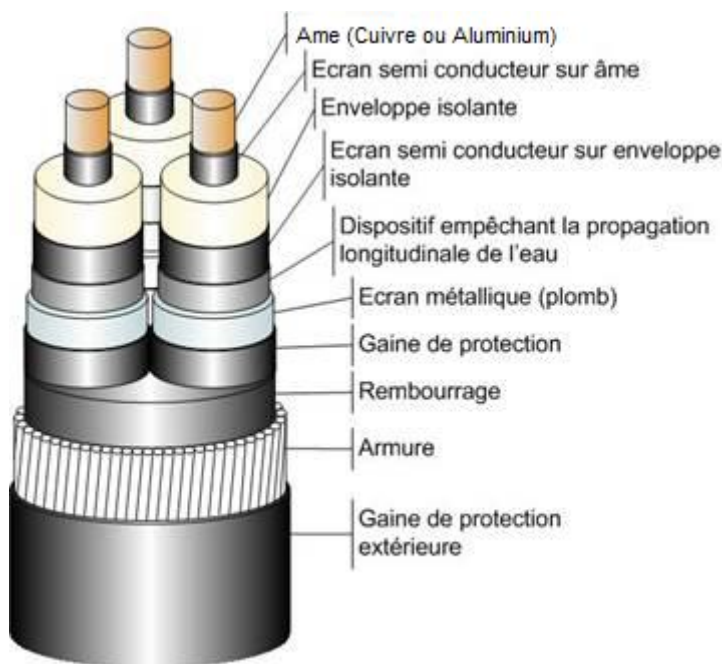
La liaison sous-marine, dont le point de départ est le poste électrique en mer sur le Banc de Guérande, sera d'une longueur d'environ 33 km.

- Description et caractéristiques

Pour la liaison sous-marine, les trois conducteurs de chaque circuit sont réunis en un seul et même câble dénommé « câble tripolaire ». Il intègre un à deux câbles de télécommunication à fibres optiques sous son armure.

La liaison est composée de deux câbles tripolaires. Le diamètre de ces câbles sera de l'ordre de 25 à 27 cm et leur poids d'environ 130 kg au mètre linéaire.

Leurs caractéristiques sont précisées sur le schéma ci-dessous.



- Modes de pose et de protection

La distance entre les deux câbles tripolaires de la liaison sera d'environ trois fois la hauteur d'eau. Cette distance pourra varier en fonction des obstacles rencontrés sur le parcours sous-marin, et diminuera progressivement jusqu'à un espace minimal au niveau de la jonction d'atterrage.

L'écart de trois fois la hauteur d'eau (distance entre le fond et la surface de la mer) est rendu nécessaire :

- pour assurer une distance permettant de minimiser le risque d'endommagement des câbles dû aux ancrs lors de la pose ;
- pour permettre la réparation ultérieure des câbles et notamment la pose de la surlongueur inhérente à la réalisation d'une jonction en mer.

Les modes de protection

Parmi les différentes méthodes possibles, RTE considère de manière préférentielle la protection par ensouillage qui consiste à enfouir les câbles dans le fond marin à une profondeur donnée. Cependant, lorsque la nature du fond marin ne le permet pas, ou bien lorsque l'ensouillage est insatisfaisant, on doit alors considérer des protections dites externes.

La profondeur d'ensouillage des câbles

Elle résulte de la prise en compte de plusieurs contraintes :

- les risques recensés sur la zone ;
- la connaissance du type de sol ;
- l'estimation des mouvements sédimentaires ;
- en conditions réelles de travaux, la rencontre entre les meilleurs efforts déployés par les entreprises qui installent le câble pour atteindre une profondeur cible et les conditions réelles de terrain.

Les risques recensés sur la zone

Les câbles peuvent être exposés au risque de croche par une ancre (risque navigation) ou par un engin de pêche (risque pêche). Concernant la navigation, il s'agit d'estimer le type et l'intensité du trafic au niveau des fuseaux des câbles, ainsi que les éventuels lieux de mouillage à proximité. Concernant la pêche, on cherche à estimer le nombre de bateaux en activité dans la zone, selon le type de pêche (chalutage, dragage, etc.) et la période de l'année (saisonnalité des pêches, restrictions horaires, etc.). L'évaluation de ces risques permet de retenir un niveau de protection.

Evaluation du type de sol

La détermination du type de sol est le résultat de campagnes d'investigations en mer, géophysiques puis géotechniques. Les résultats permettent d'obtenir ainsi une description des différentes couches du fond marin que l'on peut rattacher à des catégories prédéfinies selon leurs caractéristiques mécaniques.

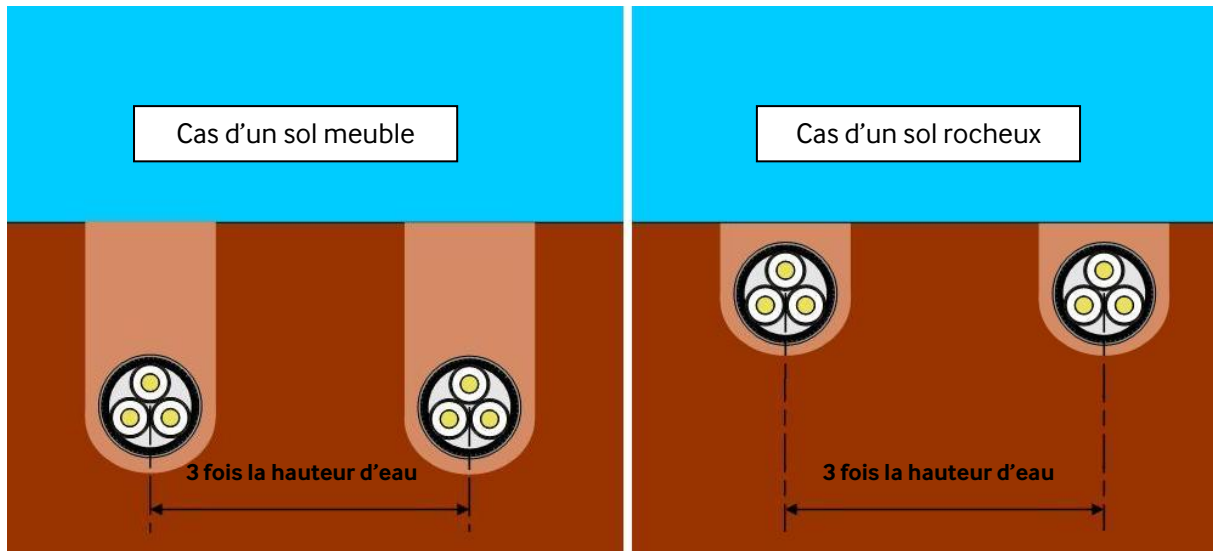
Une profondeur d'ensouillage cible est alors définie en fonction du niveau de protection visé et du type de sol. Pour une profondeur d'ensouillage donnée, un sol dur procure un meilleur niveau de protection qu'un sol plus mou.

Estimation des mouvements sédimentaires

En cas de mouvements sédimentaires potentiels, une sur profondeur est intégrée à la cible pour intégrer le risque d'érosion.

La protection par ensouillage

L'ensouillage peut être réalisé par différentes techniques en fonction de la nature des fonds marins : water-jetting (jet d'eau sous pression pouvant être utilisé dans des sols ayant un niveau de cohérence limité), charruage (principe similaire à celui d'une charrue qui fend la terre, pouvant être utilisée dans un sol pas trop dur), tranchage (utilisation d'une machine de type scie circulaire, à roue ou chaîne, pour couper un sol dur).



La protection externe

En cas de difficulté pour ensouiller les câbles, des protections spécifiques sont envisagées :

- la protection par matelas : des matelas de béton de forme rectangulaire, constitués de blocs béton articulés, forment ainsi un dispositif de maintien et de protection capable d'épouser la forme de l'ouvrage ;



Figure 10 : exemple de protection externe par matelas

- la protection par enrochement (Rock-Dumping) : des morceaux de roches sont disposés sur les câbles à partir d'un navire spécialement dédié.

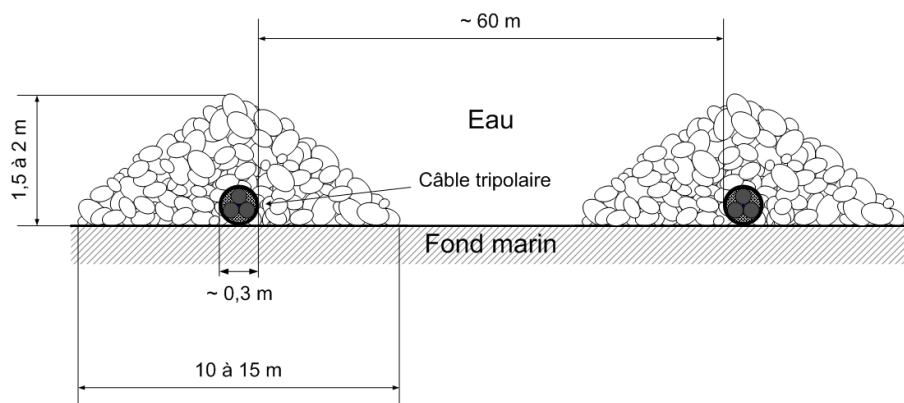


Figure 11 : illustration d'enchèvement

Application de la méthodologie à la zone de Saint-Nazaire

Au niveau du banc de Guérande, le substrat est rocheux sur environ 3 km. Le relief est très chahuté. La zone est donc peu propice au chalutage, mais des arts dormants sont pratiqués. La navigation de commerce y est nulle car la zone est située en dehors du chenal d'accès au Grand port maritime. **Compte tenu du type de sol, les câbles seront protégés par enrochements ou matelas.**

Liaison sous-marine à deux circuits 225 000 volts Banc de Guérande - Prinquiau



Câbles tripolaires protégés par enrochement sur le Banc de Guérande
Vue en coupe

L'emprise des matelas sera de 3 m de large et de 50 cm de haut.

Du pied du banc de Guérande et sur 25 km environ, les fonds sont constituées de sables et d'argiles. Tous les sondages géotechniques réalisés sur cette partie tous les kilomètres ont pénétré à plus de 3 mètres de profondeur. La zone est accessible aux chalutiers de grèements lourds (plusieurs dizaines, de longueur d'environ 16 m). La zone est située en dehors du chenal d'accès du port.

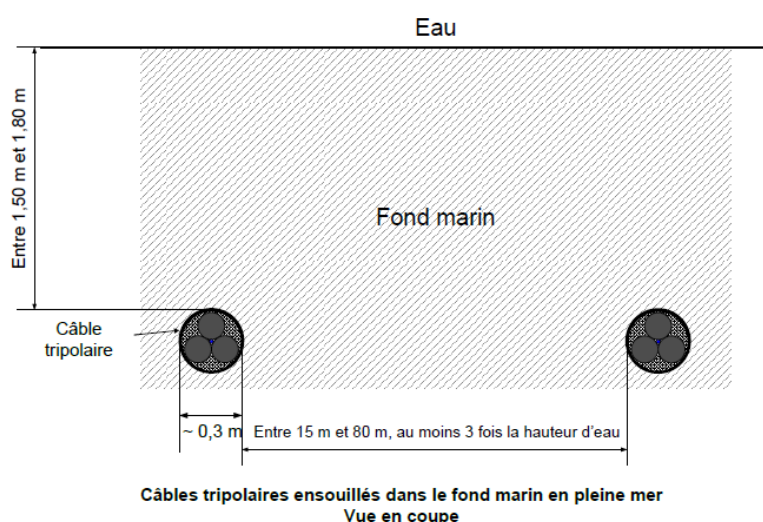
Dans ces conditions, les câbles seront posés au fond de deux tranchées, de profondeur 1,80 m (profondeur d'ouvrage à 1,50 m).

Sur les 5 derniers kilomètres, la bathymétrie est plus faible et les fonds sont constitués de sables globalement plus denses. De même, tous les sondages géotechniques réalisés sur cette partie tous les kilomètres ont pénétré à plus de 3 m de profondeur.

Le chalutage est pratiqué par des engins plus légers. En revanche, la zone croise le chenal secondaire allant vers Belle île ainsi que l'accès à la zone d'extraction de granulats du Grand Charpentier. La zone est près du chenal d'accès au Grand Port avec un risque de déviation exceptionnel des plus petits navires de commerces (pouvant naviguer jusqu'à maximum 5 m CM) en dehors du chenal. Enfin, une légère érosion potentielle a été constatée.

Dans ces conditions, les câbles seront posés au fond de deux tranchées, de profondeur 2,10 m environ (profondeur d'ouvrage à 1,80 m).

Liaison sous-marine à deux circuits 225 000 volts Banc de Guérande - Prinquiau



Aux abords de l'estran sur environ 200 m, une zone rocheuse majoritairement recouverte par du sable doit être traversée. Les câbles seront éventuellement entourés d'un fourreau et enterrés dans deux tranchées. La profondeur de l'ouvrage sera comprise entre 1 m et 2 m en fonction de l'épaisseur de la couche de sable réellement rencontrée. La profondeur de l'ouvrage permettra de faire la transition entre la zone d'atterrage et la zone sableuse en mer.

Au niveau de l'estran et de la plage de sable, les câbles seront enterrés au fond de deux tranchées. La profondeur des tranchées a été déterminée pour assurer que l'ouvrage ne soit pas découvert sur sa durée de vie hors événements exceptionnels. Les câbles seront entourés de fourreaux, eux-mêmes éventuellement enrobés de béton, en fonction des contraintes techniques et de sécurité. Il est également possible que les fourreaux soient remplis d'un coulis de béton.

La profondeur de l'ouvrage sera comprise entre 2,5 et 4,5 m environ, selon le profil de la plage.

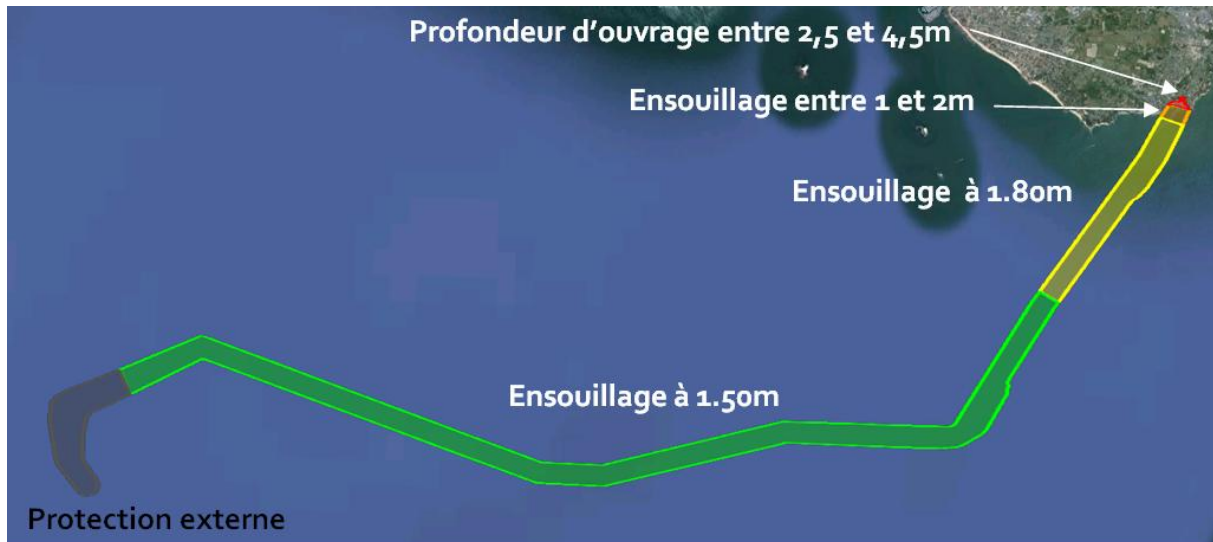


Figure 12 : objectifs de protection des câbles sous-marins (*)

(*) Ces profondeurs et modalités de protection sont les objectifs fixés aux entreprises qui réaliseront les travaux sur la base des études réalisées; elles pourraient être adaptées en fonction de la géotechnique et des difficultés rencontrées durant les travaux.

Au niveau de l'atterrage, deux chambres de jonction entre les câbles sous-marins et les câbles souterrains seront construites en béton et enterrées en haut de plage ou sous le parking, voire sous la voie d'accès à la plage. Dans le cas de chambres situées sous la plage, la profondeur de l'ouvrage serait de 2,5 m environ, soit 3,5 m en fond de fouille ; des fondations jusqu'au toit rocheux seront mises en œuvre pour garantir leur stabilité.

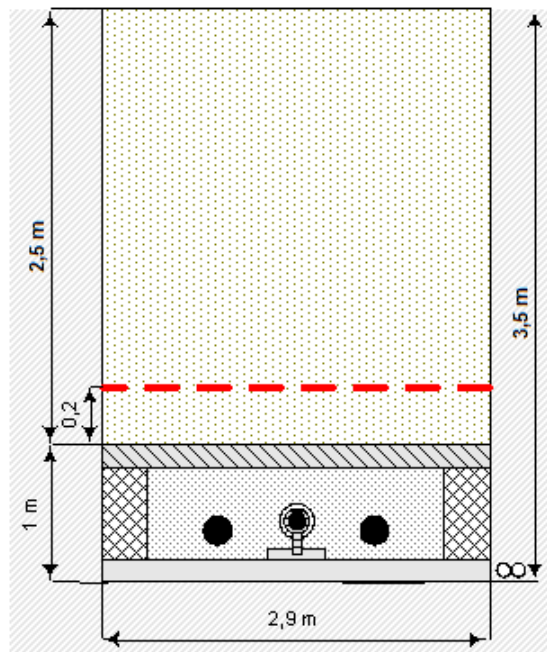


Figure 13 : chambre de jonction (atterrage)

- Techniques d'ensouillage

Deux outils d'ensouillage pourront être utilisés simultanément ou a posteriori de la pose : la charrue ou le jetting.

- Ensouillage par charruage : une charrue est tractée depuis le moyen nautique et utilise l'action tranchante d'un soc. Le câble est déroulé depuis le moyen nautique, traverse la charrue par l'avant pour être enfin ensouillé.

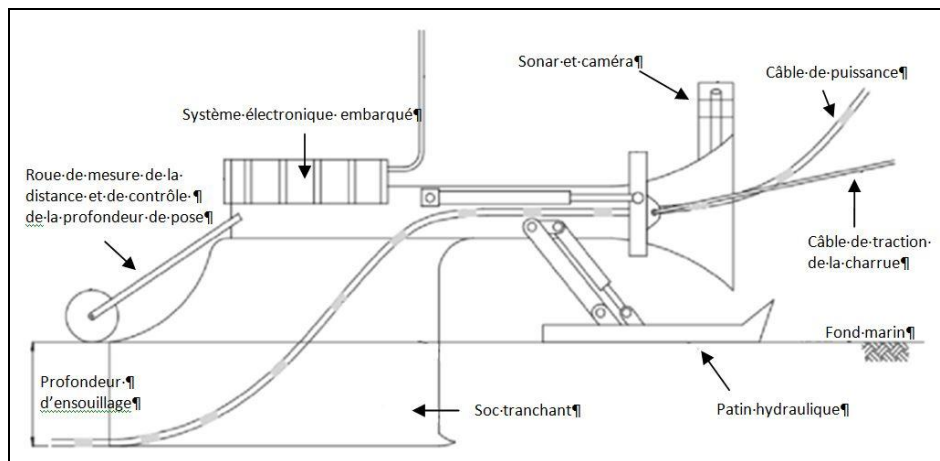


Figure 14 : exemple de charrue (schéma de principe et photographie)

- Ensuillage par jetting: un bateau de support déploie un engin de jetting. Cet outil vient souffler la couche superficielle des fonds marins avec un jet d'eau ou d'air sous pression et permet ainsi l'ensuillage du câble.



Figure 15 : exemple de water jetting

Les deux techniques peuvent aussi être combinées.

Dans les fonds meubles (petits ou grands fonds), la largeur de la tranchée sera comprise entre 50 cm et 1 m environ et l'emprise de l'outil sur le sol compris entre 5 et 10 m environ.

Travaux aux abords de l'estran et à l'atterrage

A l'approche de la Courance, le substrat est potentiellement rocheux (recouvert de sédiments par endroit) sur environ 200 m puis sableux.

Pour traverser les abords de l'estran (potentiellement rocheux) et l'estran, plusieurs outils sont envisagés :

- Pelle rétro-caveuse sur barge (back-hoe dredger) creusant une tranchée suffisamment large pour rester à flots en permanence. Ses pieux ne servent qu'à se maintenir en position mais pas à se hisser en hauteur.



Figure 16 : exemple de pelle rétro-caveuse, ici avec navire sablier et remorqueur

- Pelles mécaniques sur une plateforme autoélevatrice (jack-up)



Figure 17 : exemple de pelle mécanique sur barge autoélevatrice

- Trancheuse mécanique



Figure 18 : exemple de trancheuse mécanique

Pour traverser la plage, les deux tranchées seront creusées avec des engins de type pelles mécaniques, et éventuellement étayées par un blindage ou des palplanches.



Figure 19 : exemple de tranchée ouverte sur la plage

La largeur de la tranchée pourra s'étendre jusqu'à une vingtaine de mètre par câble; elle pourra être réduite si elle est consolidée par des palplanches ou du blindage.

- *Moyens nautiques envisagés*

Les moyens nautiques utilisés dépendront de l'entreprise attributaire.

Dans tous les cas, ces moyens nautiques respecteront la réglementation en termes de signalisation, les zones de travaux seront sécurisées et les consignes de sécurité seront respectées.

Le port d'attache des plus gros moyens nautiques n'est pas connu à ce jour, mais il est fort probable que cela soit Saint-Nazaire. Pour les plus petits moyens, d'autres ports comme la Turballe pourraient être utilisés.

Le câble pourra être posé par :

- une barge, en particulier pour les faibles hauteurs d'eau. Ses 6 à 8 ancres papillonantes sont déplacées par des remorqueurs qui l'accompagnent pendant toutes les opérations,
- un navire câblé, à positionnement dynamique.



Figure 20 : exemple d'une barge de pose



Figure 21 : illustration d'un navire posant des câbles - Source : Global Marine System

Si le câble est posé sans être protégé temporairement, des navires dits *chiens de garde* patrouillent à proximité de façon à signaler sa position.

Des navires complémentaires interviendront pour l'ensouillage ou l'enrochement.

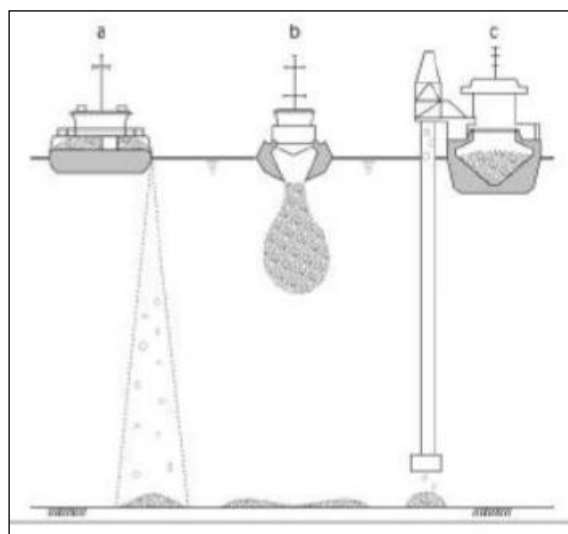


Figure 22 : illustration des différents type de navire d'enrochement – Source : Kuik, 1986

- Séquencement des travaux

En amont des travaux de déroulage des câbles sous-marins seront réalisés les travaux de génie civil à l'atterrage : construction des deux chambres d'atterrages, création des tranchées et installation des fourreaux sous la plage.

Pour minimiser la gêne aux utilisations habituelles de la plage, ces travaux à l'atterrage et dans une limite de 300 m comptés à partir de la laisse de haute mer seront réalisés en dehors de la période estivale.

De même en amont des travaux, auront lieu :

- des levés géophysiques préparatoires en mer et des travaux de nettoyage du tracé à l'aide d'un grappin (Pré-grapnel run).
- des levés topographiques à l'atterrage pour valider le niveau le plus bas et donc la profondeur des tranchées à creuser.

La pose et protection des câbles sous-marins aura lieu en deux campagnes (1 campagne par câble) et sera planifiée selon les principes suivants :

- déroulage et protection du câble dans l'estran et à l'atterrage en dehors de la période estivale ; le câble sera tiré depuis le moyen nautique stationnant au large vers la chambre d'atterrage, grâce à un treuil situé sur la partie terrestre.
- déroulage et protection du câble en pleine mer durant la période estivale afin de minimiser l'aléa météorologique.

Chacune des deux campagnes de travaux devrait avoir une durée d'environ 3 mois.

Un survey géophysique aura lieu juste après les travaux pour vérifier la profondeur de l'ouvrage en mer et à l'atterrage.

- Maintenance

Les opérations de maintenance sont ponctuelles et ne nécessitent pas de navire constamment affrété.

Maintenance préventive

Dans le cadre des liaisons sous-marines, une surveillance du tracé sera mise en place. Cette vérification consiste en une étude géophysique (appelée couramment survey) permettant de contrôler la position du câble et la configuration du fond marin à ses abords. Une première vérification du tracé sera réalisée 1 an après la mise en service.

La récurrence des visites ultérieures est fonction du type de pose des liaisons sous-marines. Pour les câbles ensouillés, en fonction des résultats de la première vérification et des zones à risques traversées (forts courants, dunes sous-marines, zone de topologie accidentée), les visites ultérieures seront espacées entre 3 et 10 ans. Pour les câbles déposés sur le fond marin, qui seront protégés (rock dumping, matelas, etc.), une vérification du tracé sera réalisée tous les 3 ans afin de contrôler que les protections restent bien en place.

Les mesures de sécurité appliquées sont édictées par la préfecture maritime et devraient être similaires à celles d'un survey géophysique classique.

Les moyens maritimes sont ceux d'un survey géophysique classique.

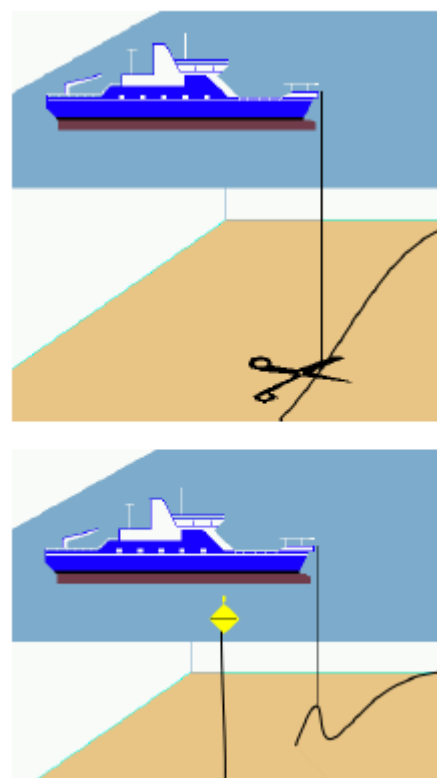
En complément, des levés topographiques seront réalisés à l'atterrage.

La fréquence de suivi sera validée par les services gestionnaires du Domaine Public Maritime en lien avec RTE, dans le cadre de la convention de concession.

Maintenance curative

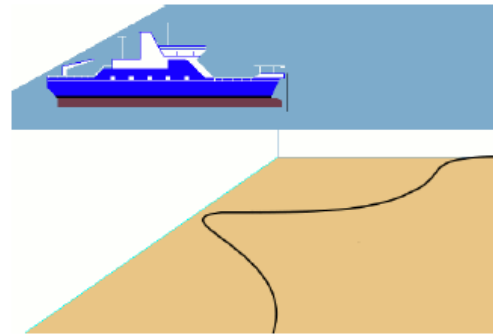
En cas de défaut sur un câble situé en pleine mer, la réparation peut prendre un temps variable en fonction de la durée d'affrètement du navire de pose.

- Lorsque le défaut sur le câble est localisé, une première coupe du câble intervient pour isoler la partie endommagée du câble non endommagé.
- Un test est effectué sur l'extrémité ainsi créée afin de vérifier que les caractéristiques électriques, optiques et mécaniques sont intègres jusqu'à l'atterrage. Si ce n'est pas le cas, c'est qu'un autre défaut est présent, ce défaut doit donc être trouvé avant la suite de la réparation.
- Lorsque le test est concluant, l'extrémité est remise à l'eau équipée de bouées pour la maintenir à la surface (ou redéposée au fond), et il est procédé à la même opération avec l'autre extrémité du câble.
- Lorsque l'on est certain d'avoir supprimé toute la partie endommagée, la fabrication de la première jonction peut commencer. Cette opération est longue (entre 1



et 3 jours) et nécessite que le bateau reste très stable. Lorsque la jonction est réalisée, un test électrique dit « Time Domain Reflectometry » (TDR) ou un test optique dit « Optical Time Domain Reflectometry » (OTDR) est effectué pour s'assurer de la réussite de l'opération.

- La partie du câble réparée est ensuite reposée le long de la route initiale, jusqu'à l'autre extrémité (qui est prête à recevoir la réparation).
- La même opération est alors effectuée. Après la réparation de la deuxième partie du câble, un test sur toute la longueur de la liaison est effectué. S'il est concluant, alors le câble peut être redéposé.
- Cependant, la réparation provoque une surlongueur (à minima deux fois la profondeur) et le câble ne peut être redéposé de la même manière qu'initialement. La surlongueur est donc reposée à 90° par rapport à l'axe de la liaison initiale.
- Les éventuelles opérations de protection du câble sont effectuées par la suite.



Il faut compter entre 15 et 25 jours d'opérations en mer pour la réparation du câble, à partir d'un moyen maritime de pose de câble léger. Les mesures de sécurité prises sont édictées par la préfecture maritime et devraient être les mêmes que pendant les opérations de pose et protection initiale.

Si un ré-ensouillage est nécessaire, les techniques mises en œuvre et les moyens associés sont ceux décrit précédemment dans le document.

- Modalités techniques de dépose d'une liaison sous-marine

Actuellement la méthodologie d'enlèvement des câbles est assez proche de l'inverse de celle appliquée pour lors de la pose. Ces travaux de démantèlement impliquent les opérations suivantes :

- l'ouverture de la tranchée pour le désensouillage à l'aide de moyens équivalents à l'ensouillage ;
- le retrait des protections externes si elles ont été installées lors de la pose des câbles ;
- la récupération du câble en l'enroulant ou en le débitant sur un navire ;
- la revalorisation des matériaux (cuivre, acier...) suivant les procédés favorisant la réutilisation, la régénération, le recyclage et traitement des déchets résiduels dans les filières industrielles adaptées.

L'ensemble de ces opérations qui inclut la gestion de la sécurité en mer sera réalisé suivant les meilleures conditions environnementales, techniques et économiques dans le respect de la réglementation en vigueur au jour du démantèlement.

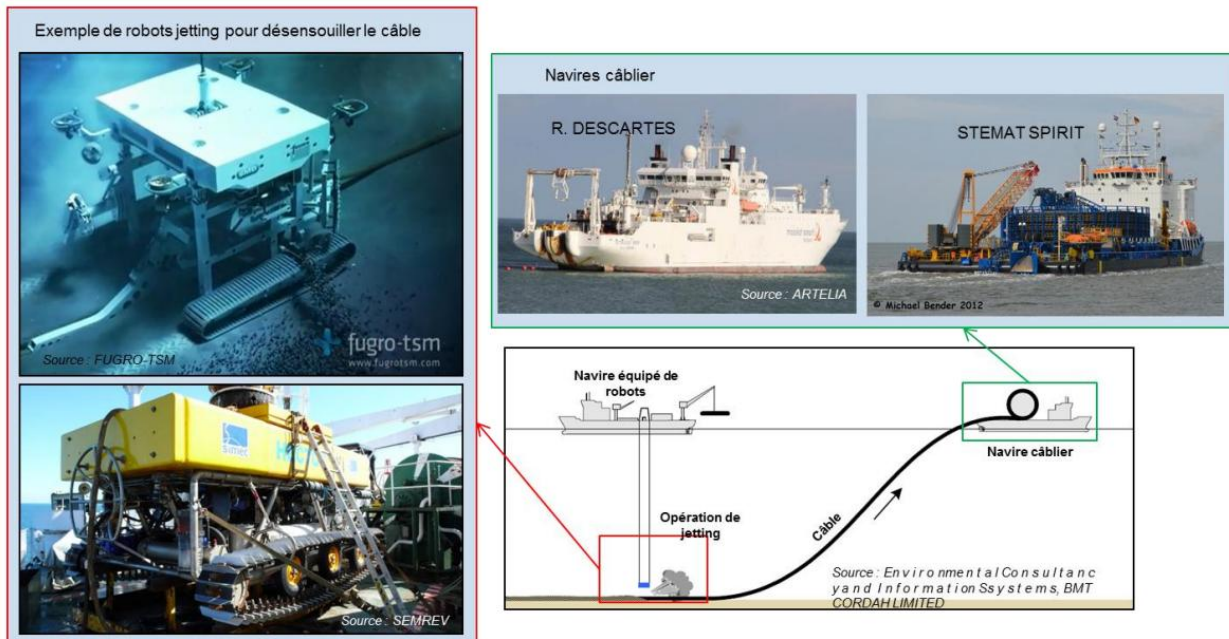


Figure 23 : Dépose de câbles ensouillés

1.3.1.2 Continuité entre câbles sous-marins et souterrains

Les jonctions entre câbles sous-marins et câbles souterrains seront réalisées dans deux ouvrages (un par circuit) maçonnés et enterrés de dimensions approximatives : 16 m (L) x 3 m (l) x 1 m (H). La profondeur au-dessus de l'ouvrage sera d'environ 2,5 m.

1.3.1.3 Liaison souterraine

La longueur de la liaison souterraine est de 28 km environ, entre les chambres d'atterrage mises en place sur La Courance, commune de Saint-Nazaire et l'emplacement de poste de raccordement à créer, sur la commune de Prinquiau.

- Description et caractéristiques

Pour la liaison souterraine, chaque circuit est composé de trois câbles unipolaires indépendants. Ils sont accompagnés d'un à deux câbles de télécommunications à fibres optiques.

Les câbles comprennent une âme conductrice en aluminium ou en cuivre entourée d'isolant synthétique et d'écrans de protection.

Le diamètre de ces câbles est d'environ 13 cm.

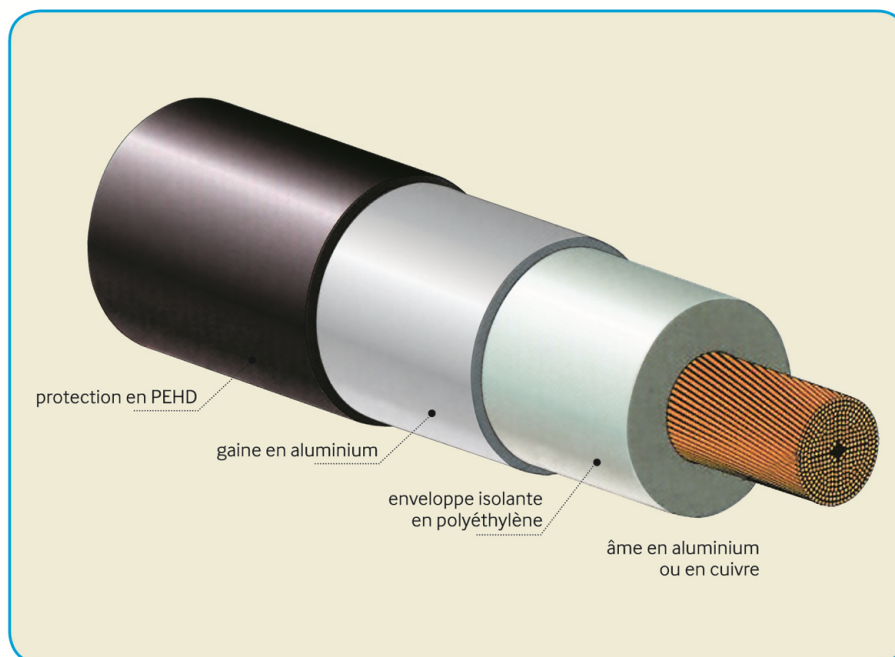


Figure 24 : exemple : Structure d'un câble conducteur isolé à haute-tension

- Principales modalités de construction de la liaison souterraine

RTE pratique plusieurs modes de pose en fonction de la nature du câble utilisé, du milieu traversé et des obstacles rencontrés.

Les modes de pose des câbles utilisés sont les suivants :

- La pose en fourreaux polyéthylène haute densité (PEHD)

Les câbles sont déroulés dans des fourreaux PEHD posés en pleine terre. Cette pose est utilisée en plein champ ou en accotements de voiries, lorsqu'il y a un faible encombrement de réseaux.

Ces fourreaux, d'un diamètre d'environ 23 cm, sont disposés suivant le schéma ci-après.

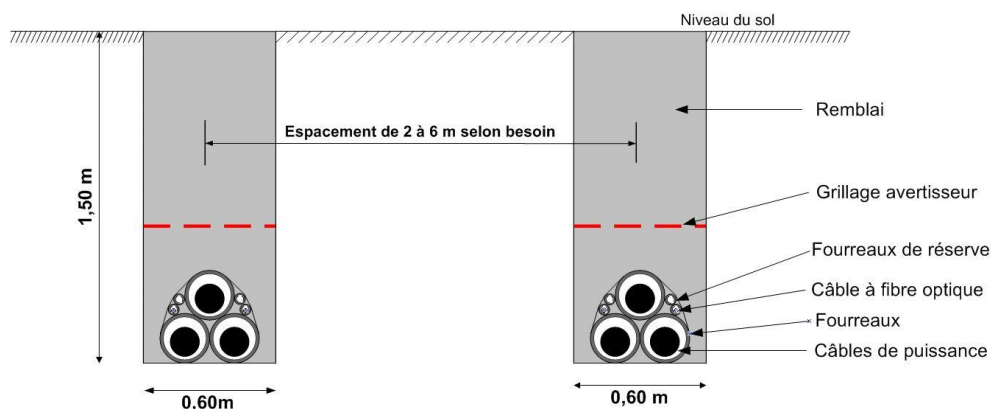


Figure 25 : coupe-type d'un bloc fourreaux (PEHD)

- La pose en fourreaux polychlorure de vinyle (PVC)

Les câbles sont déroulés dans des fourreaux PVC enrobé de béton. Cette pose est utilisée pour les passages sous-chaussée ou les zones à fort encombrements du sous-sol ou nécessité technique (dissipation thermique).

Ces fourreaux, d'un diamètre d'environ 25 cm, sont disposés suivant le schéma de principe ci-après.

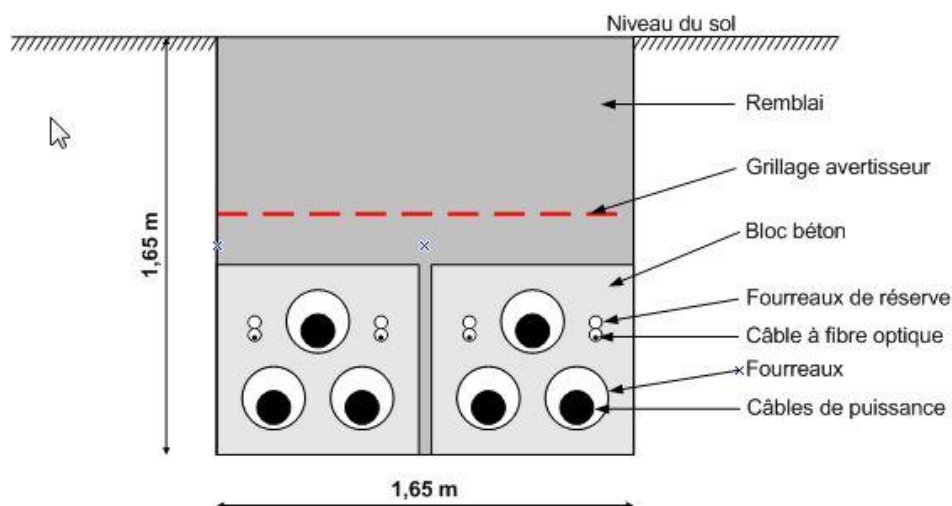


Figure 26 : coupe-type d'un bloc fourreaux (PVC)



Figure 27 : illustration d'une liaison souterraine à deux circuits

Pour la pose en fourreaux PVC, la largeur de la tranchée est d'environ 1,65 m. Pour la pose en fourreaux PEHD, il y a deux tranchées d'environ 60 cm de largeur, espacées de 2 à 6 m selon besoin.

La profondeur de fond de fouille est d'environ 1,50 m (pose en fourreaux PEHD) ou 1,65 m (pose en fourreaux PVC).

Un à trois fourreaux pour fibres optiques sont prévus pour chaque circuit.

La longueur de câble à 225 000 volts d'un seul tenant est d'environ 1 000 m. Ils sont raccordés entre eux par des jonctions installées dans des chambres souterraines de dimensions approximatives : 12 m (L) x 2 m (l) x 1 m (H) recouverte de remblais sur une hauteur d'environ 1 m.



Figure 28 : exemple d'une chambre de jonction pour un circuit à 225 000 volts

Certaines chambres de jonction sont complétées par des regards maçonnés souterrains de taille plus restreinte que ces dernières (entre 2 et 3 m² de surface pour des profondeurs de 1 à 3 m). Ces regards servent à la gestion de la mise à la terre et doivent rester visitables.

- Techniques de franchissement d'obstacles

Il existe plusieurs techniques adaptées aux franchissements d'obstacles, comme les routes, les cours d'eau et les voies ferrées.

Forage dirigé

Cette technique est mise en œuvre dans le cadre de franchissements de réseaux routiers ou ferrés importants et dans le cadre de franchissement de certains cours d'eau ou canaux. Cette technique onéreuse et difficile à mettre en œuvre est réservée à des obstacles techniquement infranchissables avec des moyens conventionnels.

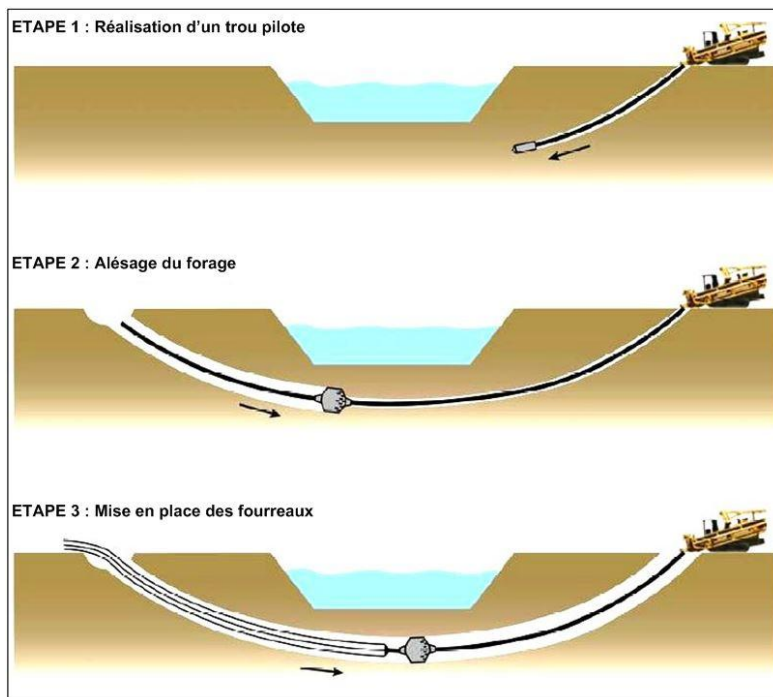


Figure 29 : schéma de principe d'un forage dirigé



Figure 30 : exemple d'un forage dirigé 4 trous ou 1 trou (suivant répartition des fourreaux)

L'emprise nécessaire à la réalisation du forage dirigé nécessite une surface d'environ 300 m² pour positionner la foreuse, l'unité de recyclage des boues et tout le matériel nécessaire.

Les durées de forages sont très variables et dépendent principalement de la nature du sous-sol. Ainsi, pour une seule liaison la durée de travaux peut varier de 1 à 3 mois.

Franchissement d'un cours d'eau en souille

- Franchissement d'un ru ou d'un ruisseau dont le débit est faible ou insignifiant.
 - mise en place de filtres en aval ex : bottes de paille ;
 - réalisation de la tranchée directement dans le lit ;
 - mise en place d'une buse de dimension supérieure aux fourreaux PEHD ;
 - reconstitution du lit avec les matériaux extraits et stockés sur le côté ;
 - reconstitution des berges et suppression du filtrage en aval ;
 - plus tard, mise en place des fourreaux dans la buse.

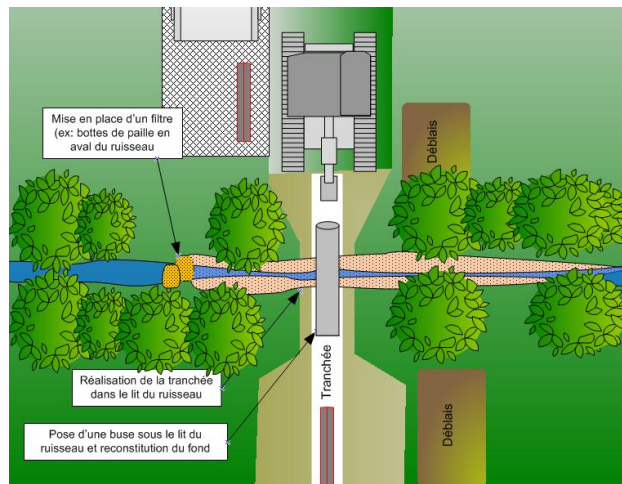


Figure 31 : pose de buse ou des fourreaux directement dans le lit

- Franchissement d'un ruisseau dont le débit est significatif.
 - mise en place de filtre en aval ex : bottes de paille ;
 - mise en place d'un batardeau provisoire en amont en matériaux ou plastique ;
 - mise en place d'une pompe de relevage ou de drains provisoires afin d'assurer la continuité de l'écoulement ;
 - réalisation de la tranchée directement en fond de rivière ;
 - mise en place d'une buse (destinée à accueillir les fourreaux par la suite) ou directement des fourreaux PEHD ;
 - reconstitution du lit avec les matériaux extraits et stockés sur le côté ;
 - reconstitution des berges et suppression du batardeau et du filtrage ;
 - plus tard, mise en place des fourreaux dans la buse.

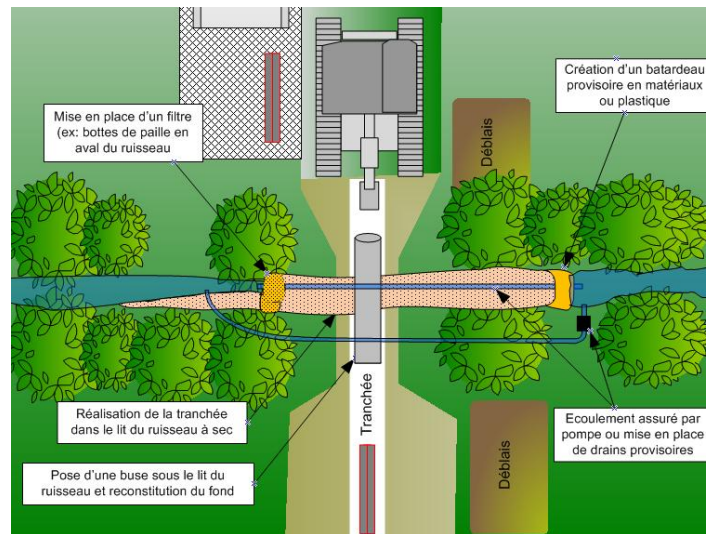


Figure 32 : exemples de batardeaux provisoires

- Phase chantier

En section courante (sous voiries), les travaux sont réalisés selon les étapes suivantes :

- balisage des emprises ;
- découpage de la chaussée ou décapage du sol ;
- ouverture de la tranchée et évacuation des déblais au fur et à mesure de l'ouverture de la tranchée ;
- pose des fourreaux ;
- réalisation du massif bétonné autour des fourreaux, si nécessaire ;
- pose d'un grillage avertisseur ;
- réfection des chaussées ;
- déroulage des câbles.

Hors voiries, les travaux sont réalisés selon les étapes suivantes :

- Dégagement des emprises sur une largeur de 15 à 20 m selon l'écartement des liaisons. Les passages dans les haies et/ou boisements sont limités à 5 m chaque fois que cela est possible.
- Aménagement de la zone de chantier :
 - reprise de la limite des clôtures existantes et des entrées de parcelles si nécessaire ;
 - mise en place d'une piste de circulation pour les véhicules de chantier avec pose au préalable et selon la nature des terrains de plaques légères directement sur la terre végétale ;
 - création de plateforme en plaque ou piste empierrées à chaque point de déroulage des câbles si nécessaire.
- Décapage de la terre végétale :
 - au-dessus de chaque tranchée et sur une largeur minimum de pelle hydraulique (3m environ), dans le cas de liaisons écartée ;
 - au-dessus des deux tranchées sur une largeur de 8 à 15m, dans le cas de liaisons plus proches.

La terre végétale est décapée, sur une épaisseur de 10 à 30 cm, et stockée en cordon au-delà de la zone décapée.

- amenée et assemblage du matériel et des fourreaux sur et de part et d'autre de la piste ;
- après assemblage, pose des fourreaux en fond de fouille à l'aide de la pelle hydraulique ;
- remise en place des déblais dans la fouille puis, réglage de la terre végétale.

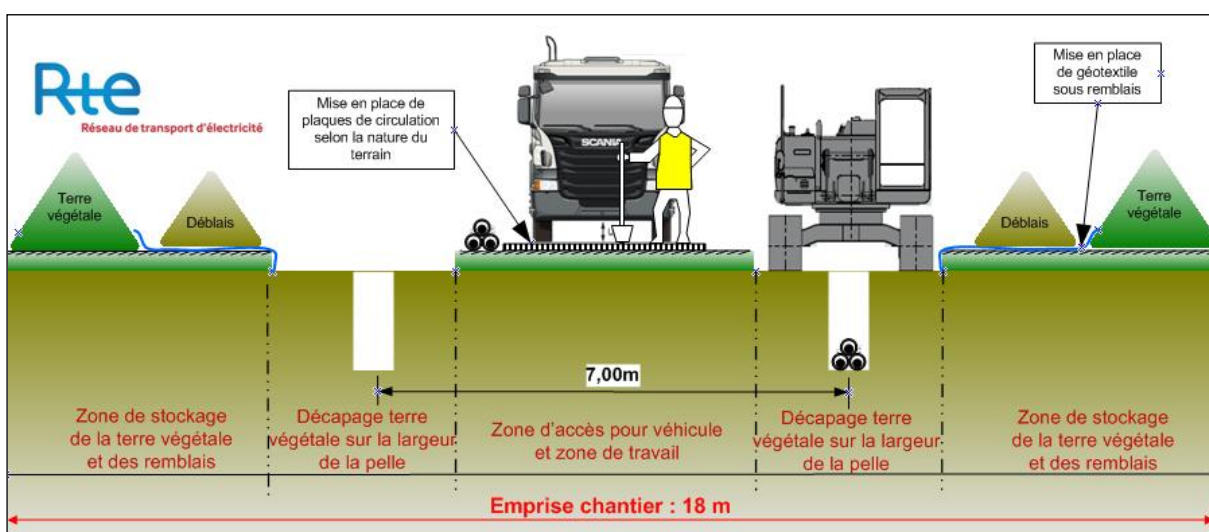


Figure 33 : exemple d'organisation d'un chantier hors voiries



Figure 34 : exemples de pistes en « plaques » et en matériaux

Un chantier de pose de liaison souterraine est un chantier mobile conçu pour réduire les impacts de proximité.

Dans la phase génie civil, la vitesse d'avancement oscille entre 15 et 100 m/jour, selon l'environnement de travail, les difficultés techniques dont l'encombrement réseaux, les mesures écologiques à respecter et les aléas. L'emprise du chantier s'étend sur 100 à 500 m de long. Elle est réduite à quelques dizaines de mètres pendant le tirage de câbles et la réalisation des jonctions.

- *Conditions d'usage des sols au voisinage de la liaison souterraine*

L'accès aux câbles reste indispensable pour satisfaire les impératifs d'entretien et de réparations éventuelles. Aussi, il est nécessaire de réserver une emprise au sol de 2,5 m de part et d'autre de l'axe de chaque circuit de la liaison, libre de toute installation, libre de toute végétation autre que superficielle ou arbustive soit une bande de servitude totale de 5 m pour chaque circuit de la liaison souterraine. L'écartement entre les deux circuits peut atteindre jusqu'à environ 10 m.

Cette servitude n'entraîne aucune dépossession du terrain et toute culture (sauf végétation à système racinaire développé) restera possible.

- *Maintenance*

Les opérations de maintenance consistent en une visite annuelle le long du tracé et tous les six ans au niveau de quelques chambres de jonction.

1.3.1.4 Poste

Le poste électrique 225 000 volts à créer permettra le raccordement entre la liaison décrite précédemment et deux lignes aériennes situées à proximité.

A l'intérieur d'un espace clôturé, il comprendra un bâtiment principal abritant différents appareillages électriques (disjoncteurs, sectionneurs ...) permettant de connecter ou de déconnecter chaque liaison au reste du réseau.

Seront également installés dans ce poste des appareils permettant de régler la tension sur la liaison sous-marine et souterraine, appelés «survolteur-dévolteur» ainsi que des matériels permettant de compenser l'effet dit « capacitif » des câbles sous-marins et souterrains, appelés «bobine inductance shunt».

Un deuxième bâtiment (accolé au premier) abritera des matériels électroniques de contrôle commande de ces installations.

Des aménagements paysagers sont prévus pour favoriser l'insertion paysagère de ces installations.

Le poste à créer aura une emprise d'environ 5 hectares (y compris les aménagements paysagers).



Figure 35 : projet de poste de raccordement 225 000 volts

En complément des principales installations décrites ci-avant, l'opération prévoit la création de voies d'accès, de cheminements piétons et d'une plateforme pour asseoir le poste.

Un réseau de collecte et de stockage des eaux pluviales du bassin versant intercepté sera mis en place.

1.3.1.5 Les liaisons souterraines de raccordement

Comme déjà précisé, le raccordement entre le poste et les lignes aériennes 225 000 volts existantes (CORDEMAIS -PONTCHATEAU 2 et CORDEMAIS - POTEAU ROUGE) se fera par deux liaisons souterraines doubles. Ces liaisons seront similaires à celles décrites au paragraphe précédent. Leur raccordement sur les lignes existantes nécessitera le remplacement de deux pylônes pour accueillir les jonctions entre câbles souterrains et câbles aériens (pylône aérosouterrain).



Figure 36 : exemple de pylône aérosouterrain

1.3.1.6 Matériaux utilisés, résidus et émissions attendus, résultant du fonctionnement du projet

Le fonctionnement normal des ouvrages du réseau de transport d'électricité ne nécessite pas d'apport de matière première.

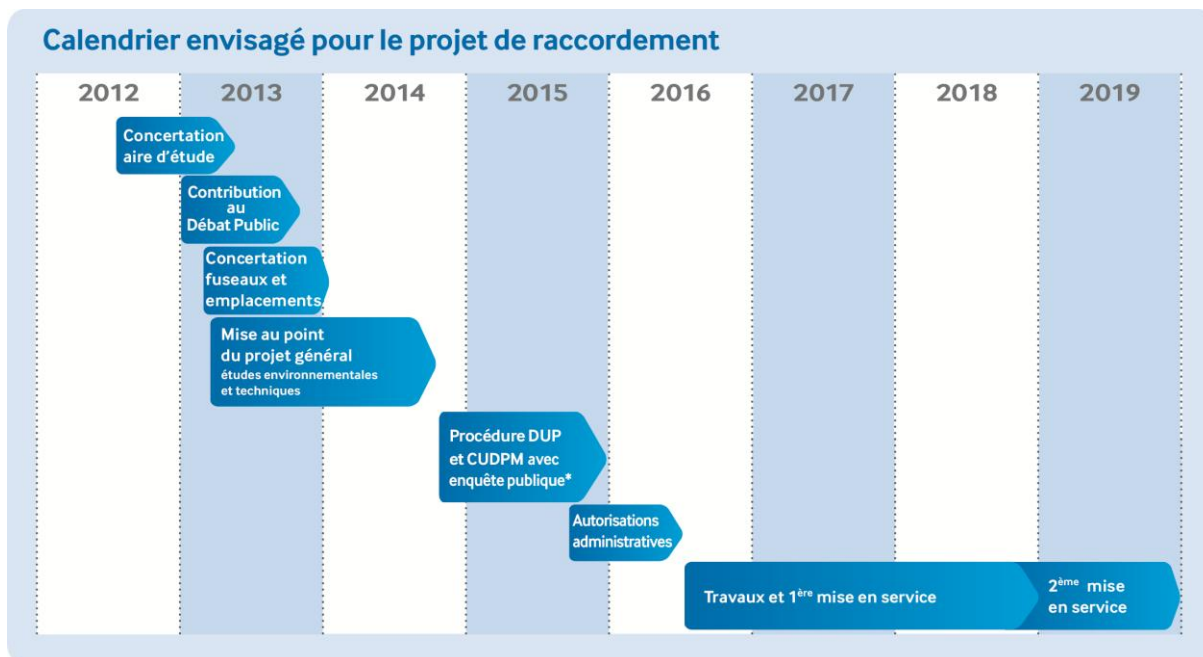
Le fonctionnement de la liaison sous-marine et souterraine ne produit aucun résidu ou émission.

Dans le poste de raccordement, certains appareils électriques ont recours pour leur fonctionnement au gaz hexafluorure de soufre (SF₆) qui fait l'objet d'un développement spécifique au fascicule B2 de l'étude d'impact.

1.3.2 *Planning prévisionnel*

Les calendriers présentés ci-après sont prévisionnels et seront susceptibles d'être modifiés en fonction des appels d'offre, des solutions retenues et des conditions météorologiques.

1.3.2.1 *Planning général*



* DUP = Déclaration d'utilité publique, CUDPM = Concession d'utilisation du domaine public maritime (partie sous-marine de la liaison).

1.3.2.2 *Planning des travaux*

	2016				2017				2018				2019															
	J	A	S	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Poste																												
Liaison souterraine																												
Liaison sous-marine																												
	génie civil																											
câbles																												

1.3.3 *Coût global du projet*

Le coût global du projet est estimé à 250 millions d'euros.

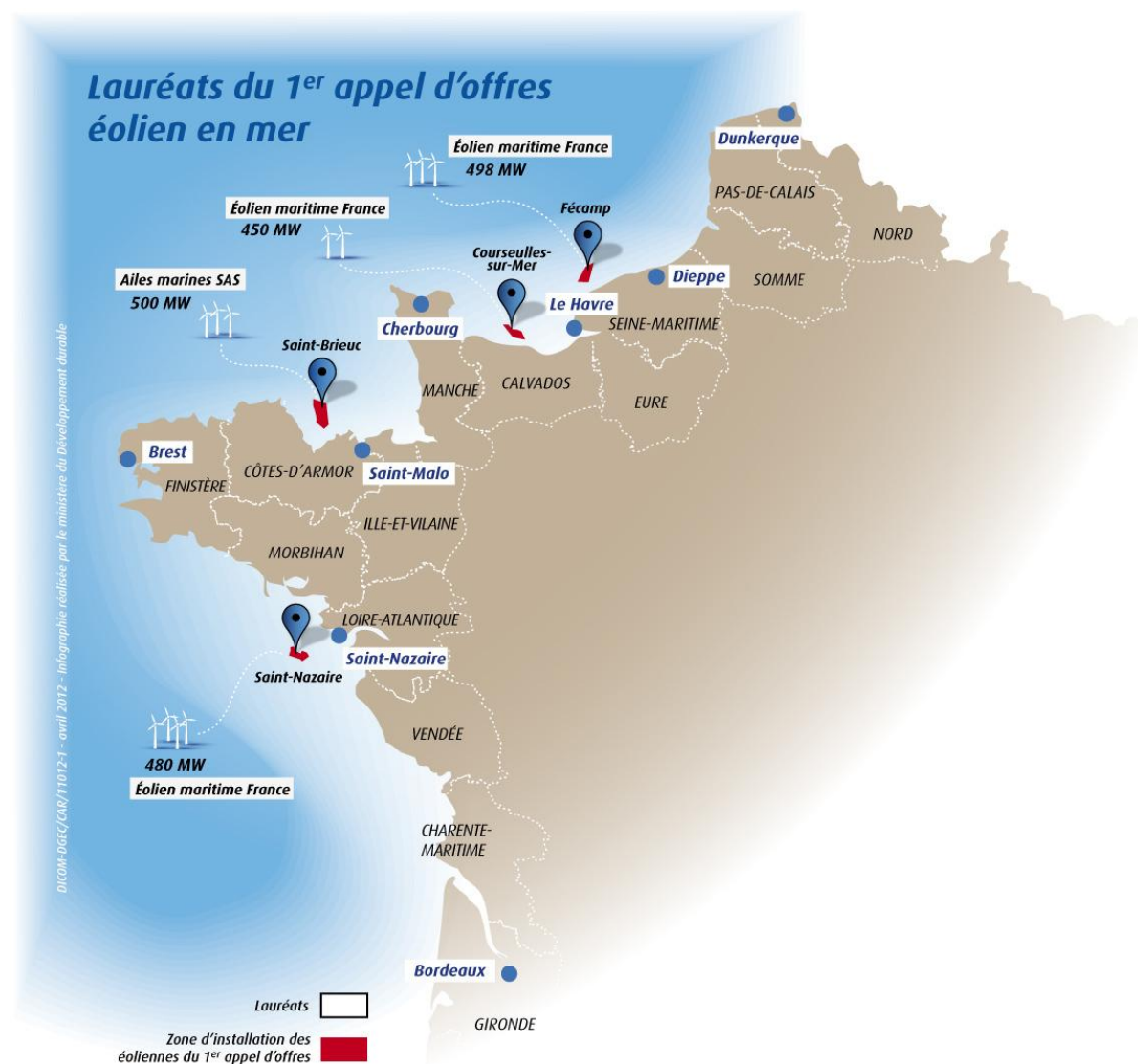
Justification technico-économique du projet

2.1 Le développement de l'éolien en mer

Le plan de développement des énergies renouvelables de la France issu du Grenelle de l'Environnement a été présenté le 17 novembre 2008. Il vise à augmenter la production annuelle d'énergies renouvelables de sorte qu'elle couvre au moins 23 % de la consommation d'énergie finale d'ici à 2020. Cet objectif a été inscrit dans la loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement.

Ce plan, décliné par le Grenelle de la mer, prévoit le développement de 6 000 MW¹ d'installations éoliennes en mer et d'énergies marines en France à l'horizon 2020.

Ainsi, un premier appel d'offres « éolien en mer » a été lancé le 11 juillet 2011, à hauteur de 3 000 MW. Le gouvernement a désigné les lauréats des 4 zones retenues le 6 avril 2012 :



Zones de l'appel d'offres éolien en mer

¹ 1 MW : 1 méga watt = 1 000 000 watts

Le cahier des charges de cet appel d'offres désigne RTE comme maître d'ouvrage et maître d'œuvre des études et de la réalisation du raccordement de chaque zone de production, le point de livraison étant localisé en mer.

En outre, les pouvoirs publics ont fixé les objectifs de mise en service des parcs de production, en affichant des dates butées (dates au plus tard) comme suit :

- 20 % de l'installation 6 ans après désignation du lauréat, soit d'ici avril 2018,
- 50 % de l'installation 7 ans après désignation du lauréat, soit d'ici avril 2019,
- 100 % de l'installation 8 ans après désignation du lauréat, soit d'ici avril 2020.

2.2 Un parc éolien en mer au large de Saint-Nazaire

Le site de Saint-Nazaire a été attribué au consortium « Eolien Maritime France » pour une puissance nominale de 480 MW, qui a confié le portage du projet à la société « Parc du Banc de Guérande ».

2.3 Le raccordement du futur parc éolien en mer au réseau de transport d'électricité

2.3.1.1 Le niveau de tension du raccordement

Le niveau de tension de référence pour le raccordement d'une production d'une puissance de 480 MW est le 400 000 volts. Il est toutefois possible de le réaliser en 225 000 volts si le coût de la solution de raccordement est inférieur.

La technologie pour les câbles sous-marins n'étant pas mature à la tension de 400 000 volts (absence de proposition industrielle sur le marché), le niveau de tension retenu est donc le 225 000 volts.

La puissance à transiter nécessite la mise en place d'une liaison à deux circuits sous-marine et souterraine.

La carte suivante permet de situer le projet de parc éolien en mer de production d'électricité de la zone de Saint-Nazaire dans son environnement électrique et géographique.



2.3.1.2 Description locale du réseau public de transport d'électricité

La zone étudiée s'étend de la commune de Cordemais jusqu'à l'agglomération de Saint-Nazaire. Dans cette zone, le réseau public de transport d'électricité est composé des réseaux suivants :

- Le réseau à 400 000 volts, assurant le transport de quantités d'énergie sur de longues distances entre la région Pays-de-la-Loire et la région Bretagne. Le poste de CORDEMAIS, localisé en bord de Loire sur la commune de Cordemais, est le seul poste à 400 000 volts identifié dans cette zone.
- Le réseau à 225 000 volts, dont la vocation est de répartir l'énergie en quantité moindre sur des distances plus courtes, décrivant un axe est-ouest entre la vallée de la Loire et la région Bretagne et desservant la zone de Saint-Nazaire. Il est constitué des postes de CORDEMAIS, PONTCHATEAU, GUERSAC, GRANDES-RIVIERES et SAINT-NAZAIRE.

2.4 Les différentes solutions étudiées et la solution technique proposée

Il ressort deux solutions de raccordement envisageables :

- un raccordement à 225 000 volts qui implique la création d'un poste à 225 000 volts et d'une liaison électrique à deux circuits 225 000 volts d'environ **60 kilomètres** (dont 30 à 40 kilomètres en mer) ;
- un raccordement via le poste à 400 000 / 225 000 volts de CORDEMAIS qui implique la création d'une liaison électrique à deux circuits 225 000 volts d'environ **80 kilomètres** (dont 30 à 40 kilomètres en mer).

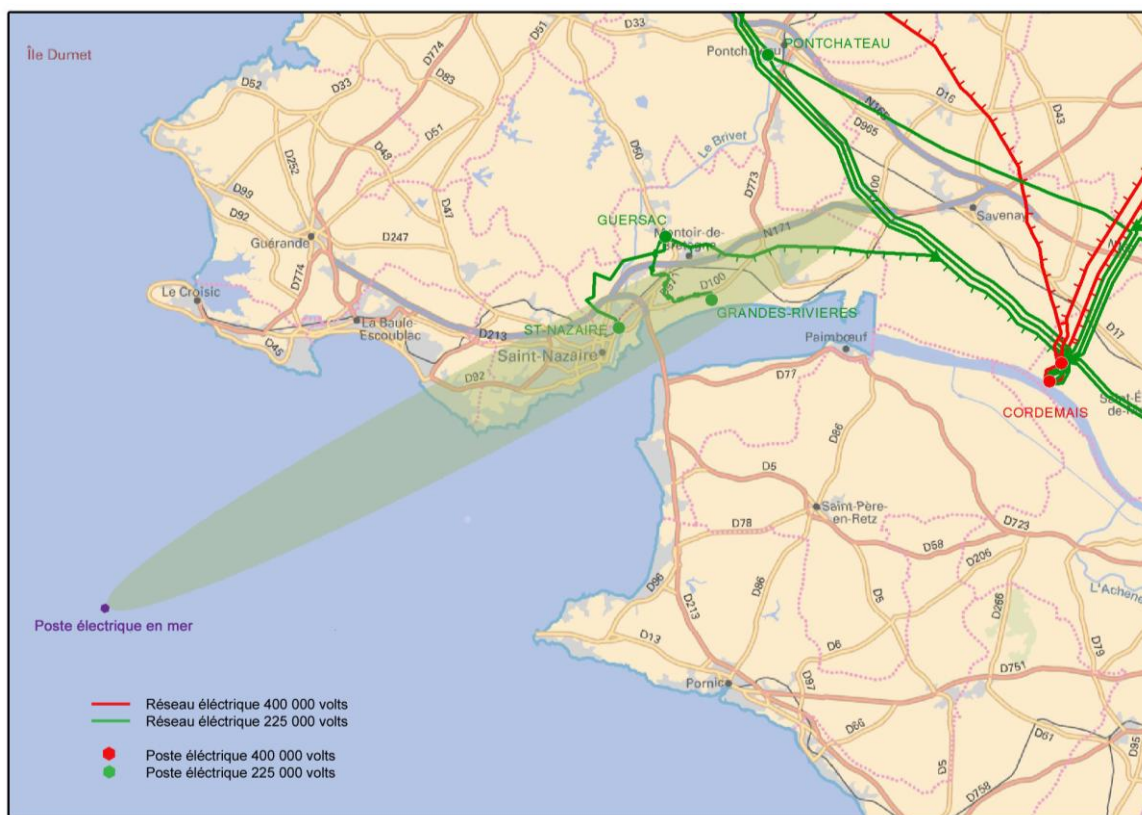
2.4.1.1 La solution de raccordement retenue

Plusieurs lignes à 225 000 volts sont actuellement issues du poste de CORDEMAIS en direction du Nord-Ouest (vers Pontchâteau). La création d'un poste à 225 000 volts par entrée en coupure des deux lignes CORDEMAIS-POTEAU ROUGE et CORDEMAIS-PONTCHATEAU 2 aux environs du croisement de ces lignes avec la route Nantes-Saint-Nazaire (N 171) permet de disposer d'un potentiel de raccordement de 480 MW sur ce poste. La solution consiste, outre la création de ce poste, à créer une liaison électrique à deux circuits 225 000 volts d'environ **60 kilomètres** en technologie sous-marine et souterraine entre le poste électrique en mer du parc éolien de Saint Nazaire et ce poste.

Cette solution présente l'avantage de :

- répondre au besoin d'acheminer l'énergie d'électricité produite par le parc éolien ;
- limiter la longueur de la liaison de raccordement à deux circuits 225 000 volts ;
- être la solution de raccordement la moins coûteuse.

Ces dispositions conduisent au schéma suivant :



Le coût estimé de cette solution est d'environ 250 M€.

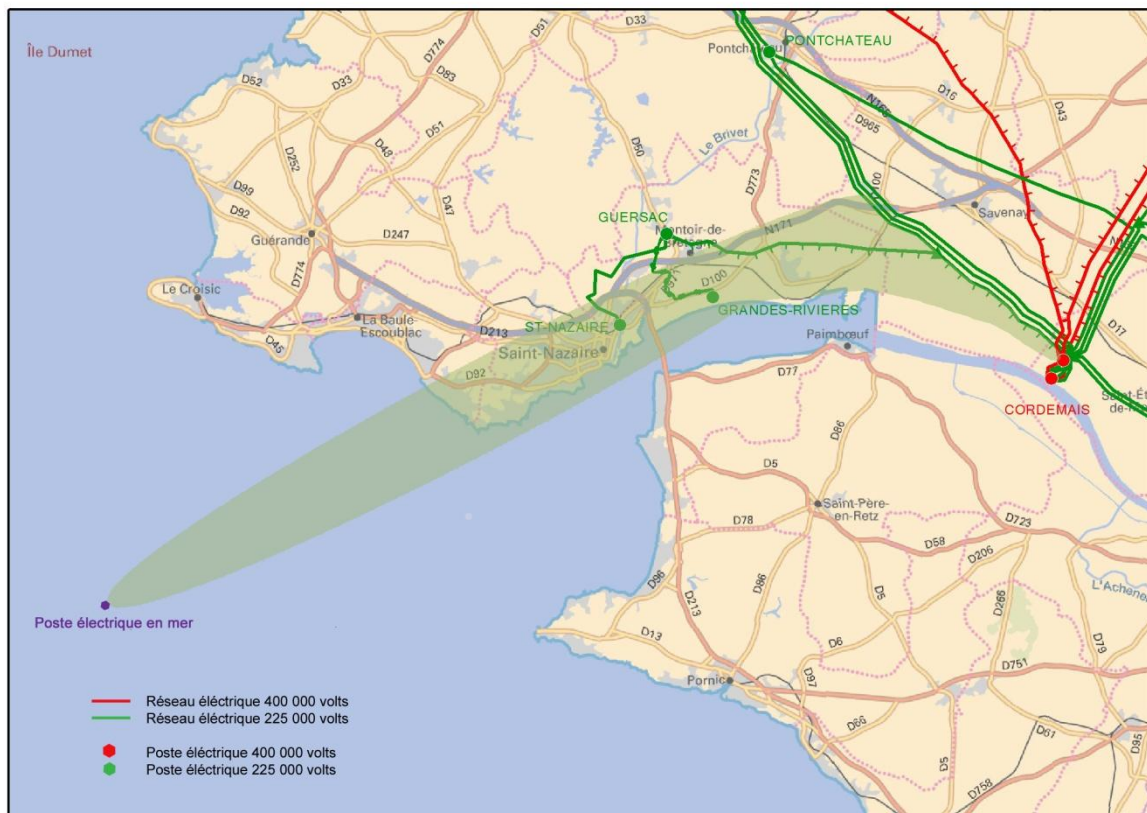
Cette solution a été validée, le 16 novembre 2012, par la Direction de l'Énergie.

2.4.1.2 Autre solution de raccordement envisagée

Cette solution consisterait à créer une liaison électrique à deux circuits 225 000 volts d'environ **80 kilomètres** en technologie sous-marine et souterraine entre le poste électrique en mer du parc éolien de Saint-Nazaire et le poste 400 000/225 000 volts de CORDEMAIS. Ce dernier ferait l'objet de travaux d'agrandissement pour accueillir les câbles de raccordement et les équipements associés. Bien que techniquement faisable cette solution implique une longueur de la liaison de raccordement à deux circuits 225 000 volts **supérieure d'environ 20 km** qui a pour effet d'engendrer les inconvénients suivants :

- une longueur de liaison de raccordement plus conséquente ;
- un coût supérieur d'environ 30 M€.

Ces dispositions conduiraient au schéma ci-après :



Compte-tenu du surcoût et d'un allongement conséquent du tracé, cette solution n'a pas été retenue.

Par ailleurs, les postes de Saint-Nazaire, Guersac et Grandes-Rivières ne disposant pas de la capacité d'accueil d'un tel projet, le raccordement sur ces postes n'a pu être envisagé.

Historique de la concertation

3.1 La concertation

La concertation pour le raccordement électrique du parc éolien en mer de Saint-Nazaire s'inscrit dans le cadre de la circulaire ministérielle CAB N° 47498 MZ/PE du 9 septembre 2002 de la Ministre déléguée à l'industrie ayant pour objet le « Développement des réseaux publics de transport et de distribution d'électricité ». Conformément à cette circulaire, le projet a fait l'objet d'un dossier de justification technico-économique accepté par la Direction de l'Energie en date du 16 novembre 2012.

La concertation a également été complétée par une contribution au débat public (cf. 3.1.3) et une participation à l'instance de concertation et de suivi (cf. 3.1.1) mis en place pour le parc éolien en mer.

3.1.1 La présentation du projet

Dans une première phase qui s'est déroulée au 2^{ème} semestre 2012 et jusqu'en février 2013, l'objectif, le contexte et les premiers principes du projet ont été présentés lors de rencontres personnalisées à l'ensemble des acteurs du territoire susceptibles d'être concernés par le projet : grands élus, collectivités territoriales, professions agricole et de la pêche, organismes de représentation professionnelle (Chambre d'agriculture, Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins (COREPEM), Chambre de commerce et d'industrie (CCI), Parc naturel régional (PNR) de Brière, services de l'état, etc.)

En parallèle RTE a participé et fait de nombreuses présentations dans l'instance de concertation et de suivi mise en place par les préfetures (terrestre et maritime) dans le cadre du projet de parc éolien en mer ainsi que dans les groupes de travail associés.

Cette phase visait à permettre aux acteurs du territoire de s'approprier les enjeux du projet, d'en comprendre les grands principes et à RTE de recueillir des informations sur les projets et attentes en matière d'aménagement du territoire.

3.1.2 Dossier de présentation et de proposition d'aire d'étude

Le cabinet TBM, mandaté par RTE pour réaliser l'étude d'impact environnementale, a collecté l'ensemble des données environnementales et d'aménagement du territoire disponibles auprès des services de l'état ou des collectivités. Il a réalisé les premières investigations de terrain et pris en compte les informations complémentaires issues des rencontres préalables. Sur ces bases, il a élaboré une proposition d'aire d'étude, vaste zone à l'intérieur de laquelle seront réalisées par la suite les études environnementales détaillées afin de rechercher les fuseaux de passages potentiels pour la liaison électrique et les emplacements possibles pour le poste de raccordement.

Cette proposition ainsi que les éléments de présentation du projet ont été intégrés dans le « Dossier de présentation et de proposition d'aire d'étude ». Ce dossier a reçu l'aval de la Direction de l'Energie le 29 janvier 2013 qui a confié à M. le Préfet de la région Pays de la Loire, préfet de la Loire-Atlantique, le soin d'organiser la concertation au sens de la circulaire citée en préambule.

Ce dossier a été diffusé le 8 février 2013 aux acteurs du territoire précédemment cités ainsi qu'aux associations reconnues par la préfeture en vue d'une réunion plénière de concertation le 11 mars 2013 présidée par M. le Sous-préfet de Saint-Nazaire.

L'aire d'étude a été validée au cours de cette réunion.

3.1.3 Contribution au débat public

Au vu du dossier soumis par Eolien Maritime France (EMF) porteur du projet de parc éolien en mer, la Commission nationale du débat public (CNDP) a décidé le 4 juillet 2012 d'organiser un débat public sur ce projet en demandant que le dossier du débat explicite les projets d'aménagements connexes dont le raccordement au réseau électrique national.

Lors de ce débat piloté par la Commission particulière du débat public (CPDP), RTE a contribué à l'information du public à l'occasion des échanges et au travers des actions suivantes :

- réalisation d'un document de contribution au débat public présentant les grands principes du raccordement diffusé à 108 000 exemplaires par la CPDP et mis en ligne sur le site internet du débat (<http://www.debatpublic-eolienmer-saint-nazaire.org/>) ;
- présentation des grands principes du raccordement électrique lors de la réunion d'ouverture du débat le 28/03/2013, réponses aux questions du public ;
- mise en ligne du dossier de présentation et de proposition d'aires d'études sur le site du débat ;
- présentation détaillée sur le raccordement électrique lors de la réunion du 9 avril 2013 (le projet et le raccordement électrique au réseau national, à La Chapelle Launay), réponses aux questions du public ;
- réponses à toutes les questions sur le système questions/réponses du débat (32 questions sur le raccordement) ;
- participation à la réunion du 11 juin 2013 (le projet et la pêche à La Turballe) et réponses aux questions ;
- intervention « Les apports du débat, réponses aux questions relayées par la CPDP » lors de la réunion de clôture du 16 juillet 2013.

3.1.4 L'élaboration des solutions et la poursuite de la concertation

Sur la base de l'aire d'étude validée, le cabinet d'études environnementales a lancé une mise à jour exhaustive de l'ensemble des éléments pouvant être recueillis à l'intérieur de cette zone et a initié toutes les études de terrain nécessaires à l'établissement de l'état initial de l'étude d'impact, en particulier les études benthiques et pélagiques en mer, faune flore et zones sensibles à terre.

RTE a examiné les possibilités de passage de la liaison en mer avec l'objectif d'un ensouillage optimal des câbles pour minimiser la gêne aux usages. Des études géotechniques (entre autres) ont été réalisées dans cet objectif. Les possibilités d'atterrage ont fait l'objet d'études spécifiques.

L'ensemble de ces investigations et des études sur le domaine maritime, ont été partagées courant 2013 avec la profession de la pêche lors de plusieurs réunions et ont fait l'objet d'une convention de partenariat. En outre, le Grand port maritime de Nantes Saint-Nazaire (GPMNSN) a été associé aux études techniques, en particulier sur la navigation avec l'élaboration de zones de compatibilité.

Pour les zones en approche de l'atterrage et terrestre, de nombreuses études techniques ont également été initiées pour examiner les possibilités de passage de la liaison. La concertation et l'élaboration progressive des solutions ont été organisées en deux cercles de travail :

- avec la ville de Saint-Nazaire, la CARENE (Saint-Nazaire agglomération), le GPMNSN pour les parties maritimes et terrestres autour de l'atterrage ; avec quatre réunions principales de mars à décembre 2013 ;
- avec les communes de l'aire d'étude et la profession agricole pour le fuseau terrestre et l'emplacement du poste lors de deux réunions principales en mai et septembre 2013 ainsi qu'une réunion complémentaire pour l'emplacement du poste avec le bureau municipal de Prinquiau et les représentants du PNR de Brière en décembre 2013.

De nombreuses réunions techniques avec les gestionnaires d'infrastructures (routes, zone portuaire, aéroport, etc.) ou de réseaux (eau potable, assainissement, gaz, oléoducs, etc.) ont permis d'examiner en parallèle la compatibilité du projet avec ces ouvrages.

Au total, d'avril à décembre 2013, ce sont environ 70 réunions techniques ou de concertation, avec les collectivités, les professions agricoles et de la pêche, les gestionnaires de réseaux et d'infrastructures qui ont permis d'examiner les différentes possibilités de réalisation du projet puis de faire émerger les solutions principales.

Pour le fuseau maritime et hors atterrage, un seul fuseau permettait d'éviter les principales contraintes avec une bonne probabilité d'ensouillage des câbles. Les études, géotechniques en particulier, ont permis de confirmer cette bonne probabilité (en dehors des extrémités) et d'identifier les contraintes à éviter dans ce fuseau pour l'élaboration ultérieure du tracé.

Pour l'atterrage, après des investigations sur quatre zones, deux ont été retenues comme possibles.

Pour le fuseau terrestre, trois grandes options pouvant être combinées entre elles et cinq emplacements de postes ont été envisagés. Des contraintes techniques ou environnementales importantes ont amené à poursuivre les études sur quatre fuseaux pour la liaison et deux emplacements de poste.

La démarche de recherche d'emplacements pour le poste a fait l'objet d'une information de la population de Prinquiau par un encart de deux pages dans le bulletin municipal de septembre 2013.

Les études environnementales ont été présentées aux associations qui s'étaient montrées intéressées en octobre 2013.

3.1.5 Le dossier de concertation et la réunion plénière de choix

L'ensemble des informations recueillies et des solutions élaborées a été rassemblé dans un dossier de concertation qui a été examiné par les services de l'Etat puis diffusé le 25 novembre 2013 en vue d'une réunion plénière de concertation et de choix qui s'est tenue le 16 décembre 2013 sous la présidence de M. le Sous-préfet de Saint-Nazaire.

Le dossier a été diffusé aux acteurs du territoire précédemment cités ainsi qu'aux associations reconnues par la préfecture et mis en ligne sur le site internet de la préfecture dédié aux énergies marines renouvelables.

(<http://www.loire-atlantique.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement/Energies-renouvelables/Les-energies-marines-renouvelables/Raccordement-electrique-du-parc-eolien-en-mer-de-Saint-Nazaire>).

Cette réunion a permis de recueillir un avis favorable sur la partie maritime du fuseau avec un atterrissage au niveau de la plage de la Courance, sur le fuseau dénommé C pour la partie terrestre, et la validation de l'emplacement dénommé 2 pour le poste.

Sur proposition de la préfecture de Loire-Atlantique, le fuseau maritime et terrestre a été retenu par le ministère en charge de l'énergie en date du 01 avril 2014.

3.1.6 La mise au point du projet général

Pour la liaison souterraine, le tracé général, au sein du fuseau retenu, a été mis au point pour la partie urbaine de Saint-Nazaire lors de plusieurs réunions regroupant les élus ou services de la ville de Saint-Nazaire, de la CARENE, les concessionnaires d'infrastructures ou de réseaux au premier semestre 2014.

Le tracé général a également été partagé avec les autres communes concernées et la profession agricole avant sa finalisation.

Pour le poste de raccordement, un groupe de travail réunissant à plusieurs reprises la commune de Prinquiau, le PNR de Brière, le Conseil Général (service aménagement) a permis de définir les principes du projet architectural et d'insertion paysagère de ce poste sur l'emplacement retenu.

Les modalités ayant conduit au choix du terrain ainsi que les principes d'élaboration du projet architectural et d'insertion paysagère ont été présentés aux riverains, sur invitation de la commune, lors d'une réunion en mairie le 24 février 2014.

Le terrain nécessaire à l'emprise du poste a définitivement été acquis à l'amiable en mai 2014 ; le protocole convenant des modalités de libération du terrain a été signé avec les exploitants concernés en février 2014.

3.2 Acteurs et partenaires du projet

3.2.1 Responsables du projet

LE MANAGER DU PROJET

Alain CLEMENT – Tél : 02 40 67 38 23 – alain-a.clement@rte-france.com

Représentant de la direction de RTE, maître d'ouvrage du projet, il assure la responsabilité générale du projet auprès de l'ensemble des acteurs concernés.

LE CHARGE DE LA CONCERTATION

Christian CORALLO – Tél : 02 40 67 39 22 – christian.corallo@rte-france.com

Il assiste le manager de projet dans la phase de concertation. Il est notamment chargé de veiller à la meilleure intégration des ouvrages dans l'environnement et des relations avec les tiers.

**RTE – OUEST
CENTRE DEVELOPPEMENT & INGENIERIE NANTES**

75 boulevard G. Lauriol – BP 42 622 – 44326 Nantes Cedex 3

3.2.2 Bureau d'étude d'impact et auteurs des études annexes

Etudes réglementaires	Nom/Adresse	Etudes	Personnes intervenants	Qualité	Mission
Mandataire	Bureau d'études TBM (SARL Chauvaud) 6 rue Ty Mad 56400 Auray Tel : 02 97 56 27 76	Etudes réglementaires Etude d'impact Loi sur l'Eau Dossier de concession du DPM Incidences Natura 2000	E. Jaouen	Eco-conseillère	Chef de projet /rédateur/ Validation
			D.Le Brazidec	Chargé de mission	Rédacteur
			J-C. Schnebelen	Chargé de mission	Rédacteur
			C.Morvan	Technicien ornithologue	Rédacteur
			S. Bonifait	Ecologue	Rédacteur/validation
			A. LeBellour	Cartographe /SIG	SIG
			S. Chauvaud	Gérant/Biologiste marin	Validation
Co-traitant	Bureau d'études HOCER 1 place de Strasbourg 29200 Brest	Etudes réglementaires : Milieu physique marin	F. Pluquet	Sédimentologiste	Rédacteur
			N. Chini	Océanographe	Rédacteur
Sous-traitant (1)	Guillaume Sevin Paysages 15 boulevard St-Michel 49100 Angers	Etudes réglementaires : Paysage	C. Corbin	Ingénieur Paysagiste	Chargée de projet /rédateur
Sous-traitant (2)	ECR Agence de Nantes 5 rue des Clairières - 44840 Les Sorinières	Etudes réglementaires : Eaux et milieux aquatiques Poste	T. Decreton	Chargé d'études	Rédaction
			E. Rivé	Chargée d'affaires	Chef de projet / Validation
Sous-traitant (3)	SOMME 6 rue Ty Mad 56400 Auray Tel : 07 86 23 11 97	Expertise/Modélisation acoustique marin	C. Gervaise	Chercheur en acoustique sous-marine	Expertise/Modélisation /Rédaction
Autres Etudes	Nom/Adresse	Etudes	Personnes intervenants	Qualité	Mission
Inventaires milieu marin	Bureau d'études TBM (SARL Chauvaud)	Inventaires milieu marin	B. Guyonnet	Chargé de mission Faune/Benthologue	Terrain/Détermination/ Statistique/Rédaction
			D. Borg	Technicien mer	Terrain /Tri
			J. Castera	Chargée de mission mer	Tri
Inventaires Faune/flore terrestre	Bureau d'études TBM (SARL Chauvaud)	Inventaires Faune/flore terrestre	S. Bonifait	Ecologue	Rédaction/validation /Inventaire
			B. Guyonnet	Chargé de mission Faune	Rédaction/Inventaire
			M. Roche	Chargé de mission naturaliste	Rédaction/Inventaire
			M. Fillan	Chargé de mission naturaliste	Rédaction/Inventaire
			I.Larvor	Chargé de mission naturaliste	Rédaction/Inventaire
			C. Morvan	Technicien Ornithologue	Inventaire
			J. Gibert	Cartographe/Ingénieur agronome	Cartographie/ Inventaire zone humide
A. Le Bellour	Cartographe/SIG	SIG			
Inventaire ichtyofaune marine	Bureau d'études TBM (SARL Chauvaud)	Inventaire ichtyofaune	B. Guyonnet	Chargé de mission Faune	Inventaire/Validation
			D. Borg	Technicien mer	Inventaire
			J. Castera	Chargée de mission mer	Inventaire/Rédaction
			Y. Patry	Ingénieur de recherche	Inventaire

3.2.3 Responsables de l'instruction administrative du projet et entités concernés par le projet

Les services de l'état sont en charge de l'instruction administrative du projet. A cette occasion, les collectivités locales, organismes publics et élus, les partenaires socioéconomiques, associés aux différentes phases de la concertation et directement concernés par le projet pourront être consultés en fonction de la nature des dossiers.

3.2.3.1 Les services de l'état

- la Préfecture de la Loire Atlantique et la Sous-préfecture de Saint-Nazaire ;
- la Préfecture maritime Atlantique ;
- la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement des Pays de la Loire ;
- la Délégation territoriale de Loire-Atlantique de l'Agence régionale de santé ;
- la Direction départementale des territoires et de la mer de la Loire-Atlantique ;
- la Direction régionale des affaires culturelles des Pays de la Loire ;
- le Service territorial de l'architecture et du patrimoine de Loire Atlantique ;
- le Département des recherches archéologiques subaquatiques sous-marines ;
- ...

3.2.3.2 Les collectivités locales, organismes publics et élus

- les maires des communes concernées ;
- le Conseil régional des Pays de la Loire ;
- le Conseil général de Loire-Atlantique ;
- les collectivités territoriales concernées dans le département ;
- ...

3.2.3.3 Les partenaires socio-économiques

- les organismes consulaires (chambre d'agriculture, chambres de commerce et d'industrie en particulier) ;
- le Grand port maritime de Nantes Saint-Nazaire ;
- le Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins ;
- le Comité régional de la conchyliculture ;
- les extracteurs de granulats marins ;
- les gestionnaires des services publics ;
- des associations agréées de protection de l'environnement ;
- les concessionnaires ou gestionnaires de réseaux (gaz, eau, télécommunications, électricité, routes, voies ferrées, ...) ;
- ...

Contexte réglementaire et administratif

4.1 Les procédures liées à la construction des ouvrages électriques

Tout projet d'ouvrage doit faire l'objet d'une justification technico-économique et d'une concertation visant à préparer les étapes réglementaires de son autorisation.

4.1.1 La justification technico-économique des projets d'ouvrages électriques et le dossier de présentation

Pour chaque nouveau projet d'ouvrage, RTE élabore une note de justification technico-économique qui présente le besoin et son échéance d'apparition :

- pour les projets de liaisons de tension supérieure ou égale à 225 000 volts, ce document est transmis à la Direction de l'énergie (DE), du Ministère chargé de l'énergie ;
- pour les projets de liaisons à 90 000 et 63 000 Volts et pour l'ensemble des projets de postes, il est communiqué à la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) concernée, ou à la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie (DRIEE) pour l'Île de France.

RTE y développe les motifs qui conduisent à envisager un renforcement (ou assimilé) et les avantages et inconvénients de chaque solution étudiée, puis présente la solution qu'il souhaite privilégier ainsi que les raisons de son choix. La pertinence de ce dossier est soumise à l'appréciation de l'Etat. S'il est jugé recevable, RTE établit ensuite un dossier de présentation.

Ce second dossier résume la justification technico-économique du projet et, surtout, propose une zone de recherche de sites (pour un poste) ou de cheminements (pour une liaison), appelée « aire d'étude ».

Si, à son tour, il est jugé recevable par l'autorité administrative, il servira de support à la concertation, qui pourra dès lors être engagée.

4.1.2 La concertation

Les fondements de la concertation sur les projets d'ouvrages électriques ont été posés par le protocole du 25 août 1992 dans lequel EDF s'est engagé vis-à-vis de l'Etat à mettre en œuvre, le plus en amont possible de chacun de ses projets d'ouvrage de 63 000 à 400 000 volts, une large concertation avec l'ensemble des partenaires concernés (élus, services de l'Etat, associations, etc.).

Ce principe a été reconduit, tout en étant renforcé, par les accords « Réseaux électriques et Environnement » de 1997 et 2001 et le « contrat de service public » de 2005 entre l'Etat, EDF et RTE.

Il a en outre été relayé par plusieurs circulaires. Celle actuellement en vigueur est la circulaire² de la Ministre déléguée à l'industrie du 9 septembre 2002, relative au développement des réseaux publics de transport et de distribution de l'électricité, qui précise que la concertation sur les projets a pour objectif :

- « de définir, avec les élus et les associations représentatifs des populations concernées, les caractéristiques du projet ainsi que les mesures d'insertion environnementale et d'accompagnement du projet ;

² Circulaire signée par Mme Nicole Fontaine le 9 septembre 2002.

- *d'apporter une information de qualité aux populations concernées par le projet, et de répondre à leurs interrogations ».*

Cette concertation prend la forme de réunions associant les services de l'Etat, les élus, les associations et le maître d'ouvrage. Sous l'égide du préfet, elle se déroule généralement en deux phases :

- la première phase porte sur la présentation du projet et la délimitation d'une aire d'étude, qui doit être suffisamment large pour n'écarter aucune solution ;
- la seconde phase consiste à procéder au recensement des différentes contraintes et enjeux à l'intérieur de cette aire d'étude, à présenter les différentes solutions envisageables pour aboutir au choix de l'une d'entre elles, solution permettant de déterminer un fuseau³ (pour les liaisons) ou un emplacement (pour les postes) de moindre impact.

In fine, l'étude d'impact⁴ exposera les solutions envisagées, expliquera le choix issu de la concertation et présentera les mesures d'évitement, de réduction et, le cas échéant, de compensation des impacts.

4.1.3 Les procédures préalables à la construction des ouvrages du réseau public de transport d'électricité

4.1.3.1 Une pièce essentielle à la procédure : l'étude d'impact

Une étude d'impact doit être systématiquement réalisée pour tout projet :

- de ligne aérienne d'une longueur supérieure à 15 km et d'une tension égale ou supérieure à 63 000 volts ;
- de liaison souterraine de tension supérieure ou égale à 225 000 volts et d'une longueur supérieure à 15 km ;
- de construction ou d'extension de poste.

Pour les projets de lignes aériennes de moins de 15 km, les modifications substantielles de lignes aériennes de plus de 15 km et les projets de liaisons souterraines de 400 000 volts de moins de 15 km, l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement procède à un examen « au cas par cas » et décide si une étude d'impact est nécessaire.

Les projets de lignes souterraines à 63 000 volts et 90 000 volts quelle que soit leur longueur, de lignes souterraines à 225 000 volts de longueur inférieure à 15 km et de modifications substantielles de lignes aériennes de longueur inférieure à 15 km sont dispensés d'étude d'impact.

L'étude d'impact⁵ est élaborée tout au long de la concertation préalable et a pour objet de recueillir et synthétiser les conséquences des projets d'ouvrages sur l'environnement et la santé.

Elle comprend :

- une description du projet comportant des informations relatives à sa conception et à ses dimensions ;
- une analyse de l'état initial de la zone et des milieux susceptibles d'être affectés par le projet (milieu physique, milieux naturels, milieu humain, paysage et patrimoine et interrelations entre ces éléments) ;

³ Bande d'une certaine largeur (quelques centaines de mètres) au sein de laquelle sera recherché le tracé de l'ouvrage.

⁴ Voir chapitre « Les procédures préalables à la construction des ouvrages du réseau public de transport d'électricité/Une pièce essentielle à la procédure : l'étude d'impact ».

⁵ Instituée par la loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature, régie aujourd'hui par les articles L.122-1 et R 122-1 et suivants du Code de l'environnement.

- une analyse des effets négatifs et positifs, directs et indirects, temporaires (y compris pendant la phase des travaux) et permanents, à court, moyen et long terme, du projet sur l'environnement sur la consommation énergétique, la commodité du voisinage (bruits, vibrations, odeurs, émissions lumineuses), l'hygiène, la santé, la sécurité, la salubrité publique, ainsi que l'addition et l'interaction de ces effets entre eux ;
- une analyse des effets cumulés du projet avec d'autres projets connus ;
- une esquisse des principales solutions de substitution examinées et raisons pour lesquelles, eu égard aux effets sur l'environnement ou la santé, le projet présenté a été retenu ;
- les éléments permettant d'apprécier la compatibilité du projet avec les documents de planification ;
- les mesures prévues pour éviter, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement et sur la santé, les principales modalités de suivi de ces mesures et du suivi de leurs effets, ainsi que l'estimation des dépenses correspondantes ;
- une présentation des méthodes utilisées pour établir l'état initial et évaluer les effets du projet sur l'environnement ;
- la mention des difficultés méthodologiques éventuellement rencontrées ;
- les noms et qualités des auteurs.

L'article L122-1 du code de l'environnement prévoit que lorsque des projets soumis à étude d'impact concourent à la réalisation d'un même programme de travaux, d'aménagements ou d'ouvrages et lorsque ces projets sont réalisés de manière simultanée, l'étude d'impact doit porter sur l'ensemble du programme. Dans ces conditions, les impacts du raccordement électrique du parc éolien en mer de Saint-Nazaire sont traités dans l'étude d'impact du programme, laquelle reprend l'ensemble des éléments visés ci-avant concernant tant le parc éolien que son raccordement.

L'étude d'impact est soumise à l'avis de l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement prévue à l'article R122-6 du Code de l'environnement. Cet avis est joint au dossier d'enquête publique.

Un résumé non technique, facilitant la prise de connaissance par le public des informations contenues dans l'étude d'impact, l'accompagne.

La publicité de l'étude d'impact est assurée grâce à l'enquête publique, voire, pour certains projets et à titre subsidiaire, grâce à une mise à disposition sur le site Internet de RTE (www.rte-france.com).

4.1.3.2 La déclaration d'utilité publique (DUP)

La déclaration d'utilité publique (DUP) permet à l'administration de prononcer le caractère d'intérêt général d'un projet d'ouvrage électrique, en vue de mettre en œuvre (sur la partie terrestre) les procédures de mise en servitudes légales (liaison) ou d'expropriation (poste), dès lors que les propriétaires concernés auraient refusé, respectivement, de signer une convention amiable ou de vendre leur terrain. C'est dans le cadre de cette procédure qu'est établi le présent mémoire descriptif.

La demande de DUP d'un projet d'ouvrage électrique est adressée, par RTE :

- pour les liaisons de tension supérieure ou égale à 225 000 volts : au ministre chargé de l'énergie qui transmet, pour instruction, le dossier au préfet (ou au préfet coordonnateur si plusieurs départements sont concernés) ;
- pour les postes de transformation et pour les liaisons à 90 000 et 63 000 volts : au préfet (ou au préfet coordonnateur si plusieurs départements sont concernés).

Dans le cas où le projet ne serait pas compatible avec les documents d'urbanisme⁶, une procédure de mise en compatibilité, prévue par le Code de l'urbanisme et menée avec l'Etat doit être engagée. Dans ce cas, l'enquête publique porte à la fois sur la DUP du projet et sur la mise en compatibilité des documents d'urbanisme.

La procédure d'instruction, pour une liaison, comporte :

- **une consultation des maires et des services :**

Les maires des communes concernées par le projet et les services sont consultés afin de leur permettre de faire valoir leurs éventuelles remarques et de concilier les intérêts publics, civils et militaires selon les modalités et formes prévues par le décret du 11 juin 1970⁷. Cette consultation ayant lieu avant l'enquête publique, les avis émis sont insérés au dossier d'enquête publique.

- **une enquête publique**

Pour les projets soumis à étude d'impact, le projet d'ouvrage électrique est soumis à une enquête publique⁸ organisée dans les communes concernées.

Un exemplaire du dossier d'enquête publique est transmis au maire de chaque commune concernée par le projet, même si cette commune n'a pas été désignée comme lieu d'enquête.

L'avis de l'autorité administrative de l'état compétente en matière d'environnement prévue à l'article L122-1-III du code de l'environnement est celui du Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (CGEDD) pour les lignes de tension supérieure ou égale à 225 000 volts. Son avis est inséré dans le dossier soumis à l'enquête publique.

Cette enquête est diligentée par un commissaire enquêteur ou une commission d'enquête désigné(e) par le président du tribunal administratif. D'une durée minimale d'un mois, elle permet de faire la publicité de l'étude d'impact, de tenir le public informé du projet et de recueillir ses observations.

À l'issue de l'enquête, le commissaire enquêteur (ou la commission d'enquête) rédige un rapport, qui relate le déroulement de l'enquête, puis donne un avis personnel et motivé sur le projet.

Le rapport et les conclusions sur l'enquête sont adressés au préfet, qui les transmet à RTE.

- **la signature de la DUP**

Pour les liaisons de tension supérieure ou égale à 225 000 volts, la DUP est signée par le ministre chargé de l'énergie et, si une mise en compatibilité de documents d'urbanisme est nécessaire, cosignée par le ministre chargé de l'urbanisme.

Pour les postes de transformation et pour les liaisons à 90 000 et 63 000 volts, la DUP est signée par le préfet (ou les préfets si plusieurs départements sont concernés).

4.1.3.3 La concession d'utilisation du domaine public maritime (CUDPM)

Toute utilisation ou occupation du Domaine Public Maritime (DPM) nécessite une autorisation, conformément aux articles L. 2124-1 et suivants et R. 2124-1 et suivant du code général de la propriété des personnes publiques (CGPPP).

⁶ Schémas de cohérence territoriale, plans locaux d'urbanisme...

⁷ Décret n°70-492 du 11 juin 1970 pris pour application de l'article 35 modifié de la loi du 8 avril 1946 concernant la procédure de déclaration d'utilité publique de travaux d'électricité et de gaz qui ne nécessitent que l'établissement de servitudes ainsi que les conditions d'établissement desdites servitudes.

⁸ Enquête régie par les articles L123-1 et suivants et R123-1 et suivants du Code de l'environnement.

A ce titre, l'implantation des ouvrages de raccordement d'un parc de production d'électricité en mer nécessite l'obtention d'une concession d'utilisation du domaine public maritime régie par les articles R.2124-1 et suivant du CGPPP. Cette concession est délivrée pour une durée qui ne peut excéder 30 ans et ne concerne que la partie sous-marine de la liaison.

Le dossier de demande de concession doit être adressé à l'autorité concédante. L'article R.2124-2 du CGPPP détermine précisément le contenu de ce dossier et indique les éléments qu'il doit comprendre, notamment l'étude d'impact ainsi que son résumé non technique.

Dès qu'elle est saisie de la demande, l'autorité concédante doit consulter le préfet maritime. Il lui incombe ensuite de procéder à une publicité dans la presse préalablement à l'ouverture de l'instruction administrative. Dans le cadre de cette instruction administrative, le service gestionnaire procède à différentes consultations (administrations civiles, communes concernées, commission nautique locale...).

Le projet doit ensuite être soumis à enquête publique. Au terme de la procédure, l'autorité concédante adopte un arrêté approuvant la convention de concession qui est soumise à des exigences de publication.

Le projet doit ensuite être soumis à enquête publique. Au terme de la procédure, l'autorité concédante adopte un arrêté approuvant la convention de concession qui est soumise à des exigences de publication.

4.1.3.4 L'(es) autorisation(s) au titre de la loi sur l'eau

L'article R. 214-1 du Code de l'environnement portant nomenclature des installations, ouvrages, travaux et aménagements (IOTA) soumis à déclaration ou à autorisation au titre de la loi sur l'eau contient une rubrique 4.1.2.0 aux termes de laquelle les « ouvrages réalisés en contact avec le milieu marin et ayant une incidence directe sur ce milieu » sont soumis à autorisation si leur montant est supérieur ou à égal à 1.900.000 euros, et à déclaration si leur montant est supérieur ou égal à 160.000 euros mais inférieur à 1.900.000 euros.

Au regard du coût de l'ouvrage de raccordement, le régime applicable est celui de l'autorisation. Le dossier de demande d'autorisation, intégrant les autres rubriques de la nomenclature IOTA concernées par le projet, devra être adressé au préfet du département. Le contenu de ce dossier est fixé à l'article R. 214-6 du code de l'environnement qui exige notamment un « document d'incidences » analysant spécifiquement les incidences directes et indirectes, temporaires et permanentes du projet sur le milieu marin ainsi que les mesures correctives ou compensatoires envisagées.

L'article R. 214-8 du code de l'environnement précise que l'opération pour laquelle l'autorisation est sollicitée est soumise à enquête publique.

4.1.3.5 Le projet de détail

RTE élabore le projet de détail de l'ouvrage, en liaison notamment avec les services de l'administration, les communes et organisations professionnelles concernées. Il engage ensuite avec les propriétaires et les exploitants des terrains concernés un dialogue destiné à permettre de dégager, dans toute la mesure du possible, un consensus sur le tracé de détail des liaisons et l'implantation exacte des postes.

Sous l'égide du préfet, un double contrôle sur la réalisation des ouvrages s'exerce :

- la DREAL procède à l'instruction de l'approbation du projet d'ouvrage qui vise à assurer le respect de la réglementation technique (arrêté interministériel du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques d'établissement des réseaux électriques) et notamment des règles de sécurité. La décision est publiée au recueil des actes administratifs de la préfecture et affichée dans les mairies des communes concernées par les ouvrages projetés ;
- la DDT ou la DDTM⁹ procède à l'instruction de la demande de permis de construire (pour les postes ou les lignes aériennes, les liaisons souterraines n'y sont pas soumises) qui vise à vérifier la conformité du projet aux règles d'urbanisme. Le permis de construire est accordé par arrêté préfectoral ;

Dans le cadre de ces deux procédures, les maires et les gestionnaires du domaine public sont à nouveau consultés.

⁹ DDT (Direction Départementale des Territoires) ou DDTM (Direction Départementale des Territoires et de la Mer)

4.1.3.6 Les servitudes

Lorsque le tracé de détail de la liaison est connu, il est proposé au propriétaire de signer avec RTE une convention assortie d'une indemnité destinée à réparer le préjudice résultant de la gêne causée par la présence de l'ouvrage.

Ce n'est qu'en cas de désaccord du propriétaire que la procédure administrative de mise en servitudes légales est engagée. Chaque propriétaire concerné par le projet d'ouvrage est informé individuellement de l'ouverture d'une enquête de type parcellaire de huit jours, organisée sous le contrôle du préfet. À la suite de cette enquête de servitudes, le préfet institue par arrêté les servitudes légales et, à défaut d'accord avec le propriétaire sur le montant de l'indemnité, celle-ci est fixée par le juge de l'expropriation.

4.1.3.7 L'indemnisation des propriétaires, des exploitants et des riverains

Après évaluation de la gêne pouvant résulter de la présence de ses ouvrages, RTE entre dans une phase de discussion en proposant des indemnités de différentes natures :

- L'indemnisation des servitudes

L'implantation de liaisons électriques sur des terrains privés n'entraîne aucun transfert de propriété au profit de RTE. On distingue deux catégories de dommages susceptibles de réparation :

- les dommages dits permanents qui résultent de la présence de la liaison sur une propriété comme, par exemple, la perte de surface utilisable pour les récoltes ;
- les dommages dits instantanés, c'est-à-dire les dégâts de chantier, tels que des ornières.

Il est proposé une indemnisation des dommages, en s'appuyant dans le cas d'une liaison électrique sur un terrain agricole, sur des barèmes déterminés et actualisés chaque année selon les accords passés entre les organisations professionnelles agricoles et RTE.

- L'indemnisation des riverains propriétaires d'habitations

RTE s'engage à indemniser le préjudice visuel causé aux propriétaires d'habitations, principales ou secondaires, situées à proximité de lignes aériennes ou de postes nouveaux de tension égale ou supérieure à 225 000 volts et construites ou achetées avant l'arrêté d'ouverture de l'enquête publique préalable aux travaux ou à la DUP de l'ouvrage.

Une commission indépendante d'évaluation amiable du préjudice visuel, créée par arrêté préfectoral, a alors pour mission d'apprécier le préjudice subi ainsi que l'indemnité correspondante.

Cette commission est composée d'experts indépendants :

- un magistrat du Tribunal Administratif qui la préside,
- un fonctionnaire représentant le directeur des Services Fiscaux,
- un notaire désigné par la Chambre Départementale,
- un expert choisi par la Confédération des Experts Agricoles, Fonciers et Immobiliers.

Elle transmet son avis à RTE qui soumet ensuite au propriétaire une proposition d'indemnisation.

- Les mesures fiscales liées aux ouvrages

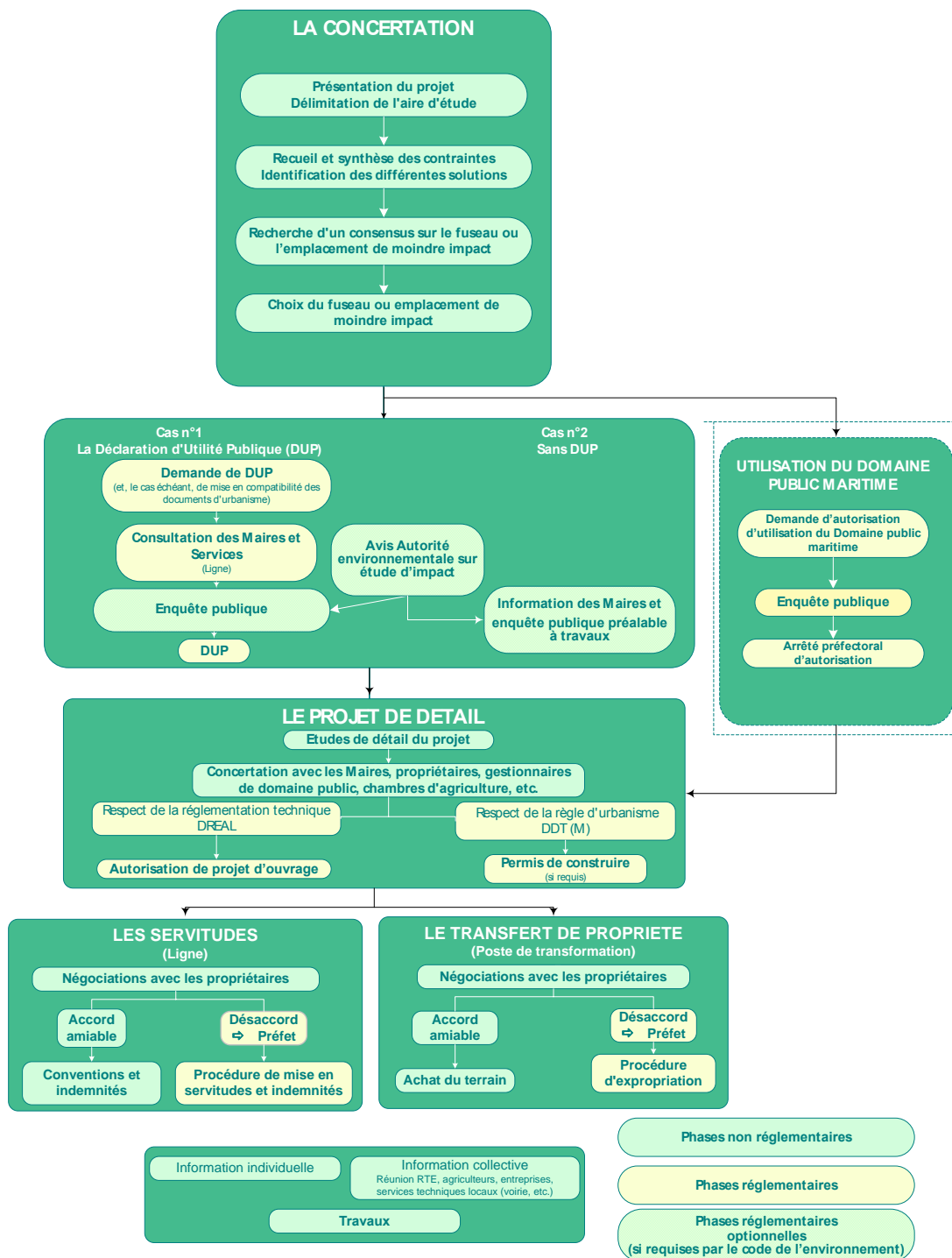
Les revenus communaux issus de la présence d'ouvrages électriques sur le territoire proviennent des taxes classiques, sur les postes électriques appartenant à RTE. Il s'agit de :

- La taxe foncière calculée sur le revenu net cadastral de tous les immeubles bâtis et non bâtis. Elle est due à partir du 1er janvier qui suit la date de fin des travaux pour la partie communale et deux ans plus tard pour la partie départementale et régionale.
- La contribution économique territoriale (CET), est composée d'une cotisation foncière des entreprises (CFE) et d'une cotisation sur la valeur ajoutée des entreprises (CVAE).

La CET est complétée par une Imposition Forfaitaire sur les Entreprises de Réseau (IFER) qui s'applique, dans le cas de RTE, aux transformateurs électriques dont le réseau de transport est propriétaire. Le montant de cette imposition est établi en fonction de la tension en amont des matériels.

Le montant de la taxe foncière et de la CET acquittées en 2012 par RTE s'élève à 187 millions d'euros.

PRINCIPALES PROCEDURES DE CONSTRUCTION DES OUVRAGES DU RESEAU PUBLIC DE TRANSPORT D'ELECTRICITE



4.2 Les engagements de RTE auprès de la collectivité

4.2.1 La politique environnementale de RTE

Au-delà de la stricte application de la réglementation, RTE, attentif au développement durable, s'inscrit depuis 2000 dans une démarche continue de prévention des impacts environnementaux de ses ouvrages et activités.

RTE est certifiée ISO 14001 par l'AFAQ depuis 2002. La certification ISO 14001 a été renouvelée par l'AFAQ en juin 2012.

L'objectif du système de management environnemental de RTE est triple. Il s'agit de :

- développer un comportement environnemental tangible, lisible et durable visant à :
 - mieux satisfaire les attentes des parties intéressées ;
 - pérenniser nos ouvrages et permettre le développement et la maintenance du réseau.
- manager les aspects environnementaux de nos activités (anticiper, prioriser, optimiser, responsabiliser) ;
- identifier et maîtriser les dépenses explicites de RTE en matière d'environnement.

Le système de management environnemental se doit de respecter à un même niveau les exigences légales liées au patrimoine, aux activités et les autres exigences auxquelles RTE a souscrit.

Les travaux réalisés en interne et sous-traités sont suivis avec un même niveau d'exigence. Les compétences des prestataires qui interviennent pour le compte de RTE sont donc évaluées.

RTE intègre l'environnement dans son plan de contrôle interne et s'est doté d'auditeurs, constitués de personnes de l'entreprise formées aux normes et aux méthodes d'audit qualité et/ou environnement.

Plusieurs actions fortes, concernant notamment le renforcement de la concertation, qui positionnent RTE en tant qu'acteur du développement local, peuvent également être citées :

Le renforcement de la concertation

L'objectif poursuivi par RTE est de construire une relation de confiance et de respect mutuel avec ses interlocuteurs, fondée sur un diagnostic pertinent du territoire et une véritable écoute.

4.2.2 De multiples partenariats

Avec la profession agricole

Depuis 1970, plusieurs accords ont été signés par EDF, l'Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture (APCA), la Fédération Nationale des Syndicats d'Exploitants Agricoles (FNSEA) et le Syndicat des Entreprises de Génie Electrique (SERCE) pour évaluer les préjudices causés aux propriétaires et exploitants agricoles et fixer des barèmes d'indemnisation (actualisés chaque année).

Les derniers protocoles en vigueur dits "dommages permanents" et "dommages instantanés" datent du 20 décembre 2005.

Par ailleurs, une convention de partenariat entre l'APCA et RTE a été signée le 31 mars 2005, pour répondre au souhait de la profession agricole d'être mieux informée avant les travaux (entretien, peinture, élagage...). Elle fait l'objet d'une diffusion par RTE auprès de chaque Chambre Départementale d'Agriculture (CDA), d'un programme prévisionnel annuel des travaux et de la désignation d'un interlocuteur privilégié.

Avec les acteurs du domaine forestier

Une charte « Bonnes pratiques de la gestion de la végétation sous et aux abords des lignes électriques » a été signée en octobre 2006 entre l'APCA, ERDF et RTE, les représentants de la forêt française (FPF, ONF, CNPPF), ainsi que les représentants des entreprises de travaux (EDT). Elle a pour objet d'améliorer les pratiques actuelles des intervenants dans les zones naturelles, agricoles et forestières, et, d'aboutir à des engagements partagés par l'ensemble des partenaires signataires.

Avec la fédération nationale des chasseurs

RTE a signé en décembre 2008 une convention nationale de partenariat avec la Fédération Nationale des Chasseurs. Cette convention a pour but de faciliter les partenariats avec les fédérations locales en fixant le cadre de collaboration juridique et financier pour la mise en place d'aménagements favorables au développement de la faune sauvage (couverts herbacés, buissons, haies...) sur les terrains situés dans l'emprise des lignes électriques à haute et très haute tension.

Le principe en est que RTE co-finance le projet sur la base du coût d'entretien de ses ouvrages selon des méthodes traditionnelles ; les chasseurs effectuent les plantations et assurent leur entretien, tout ceci avec l'accord des propriétaires des parcelles concernées.

Avec le comité national avifaune (CNA)

La création du CNA a été officialisée en 2004 par la signature d'une convention entre RTE, EDF, la Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO) et France Nature Environnement (FNE). Cette instance nationale consultative aide RTE à orienter ses efforts de protection de l'avifaune vers les actions les plus efficaces. Elle favorise notamment, tant au niveau régional que local, les relations entre les opérateurs et le réseau des naturalistes, permettant ainsi une meilleure prise en compte des problématiques de chacun. Elle veille à la cohérence des actions en cours et futures et aux priorités de mise en œuvre.

Avec la fédération des parcs naturels régionaux de France

Une convention de partenariat entre la FPNRF et RTE a été signée le 17 novembre 2010. Son objectif est de renforcer les liens entre les parcs et les unités régionales de RTE, de multiplier les actions d'intérêt commun, notamment en matière de paysage, de biodiversité, d'énergie et d'aménagement équilibré du territoire. En améliorant la compréhension et la connaissance des enjeux respectifs des parcs naturels et de RTE, ce partenariat, vise tout d'abord à mutualiser les compétences et à favoriser la diffusion de pratiques innovantes. Il facilitera la mise en place d'un dialogue privilégié, notamment au cours de la recherche des tracés de moindre impact écologique et paysager lors de la construction de lignes électriques traversant les parcs, mais aussi à l'occasion de leur maintenance.

Avec la fédération nationale des conservatoires d'espaces naturels

RTE s'est engagé auprès de la fédération nationale des conservatoires d'espaces naturels (FCEN) par une convention signée le 11 juillet 2012. Ce partenariat permettra de lancer un appel à projet annuel financé par RTE, auprès de l'ensemble des conservatoires d'espaces naturels. Il permettra de faire émerger des projets d'aménagements favorables à la biodiversité sur les emprises des ouvrages RTE.

Avec l'association nationale des élus de la montagne

A l'occasion du 26ème congrès de l'association nationale des élus de la montagne (ANEM), une convention a été signée le 21 octobre 2010 renouvelant, pour une durée de trois ans, le partenariat entre RTE et l'ANEM. Ce nouveau partenariat vise à renforcer les échanges existants, à mener des actions concertées qui favorisent un développement durable et équitable des territoires de montagne. Il insiste plus particulièrement sur les engagements de RTE en matière de protection de la biodiversité.

Avec le Comité national des pêches maritimes et des élevages marins (CNPMM)

RTE a signé le 11 décembre 2013 un accord cadre de collaboration avec le comité national des pêches maritimes et des élevages (CNPMM) pour la réalisation et l'exploitation des liaisons électriques en mer. Ce cadre de collaboration a pour objectif de promouvoir et de favoriser le dialogue en renforçant ainsi cette coopération, tant au niveau national que local, notamment autour des nouveaux projets de raccordement électrique des installations d'énergies marines et de leur exploitation future.

La participation de RTE à la gestion des sites Natura 2000

Dans certains sites Natura 2000, RTE s'associe aux comités de pilotage¹⁰ des sites et participe ainsi à la gestion de ces territoires.

RTE peut, de ce fait, être amené à participer à l'élaboration des Documents d'Objectifs. (DOCOB)¹¹.

¹⁰ Comité de Pilotage présidé par une collectivité territoriale concernée (ou l'autorité administrative à défaut de désignation de l'une d'elle par l'ensemble des collectivités intéressées).

¹¹ Les DOCOB, déclinés en contrats de gestion, prévoient les objectifs de développement durable des sites concernés.

4.2.3 Les engagements de RTE à l'égard du public

4.2.3.1 Le contrat de service public

Le contrat de service public signé le 24 octobre 2005 entre l'Etat, EDF et RTE pris en application de l'article 1er de la loi du 9 août 2004, apporte des garanties sur le maintien d'un haut niveau de service public de l'électricité en France, dans les domaines dont RTE a la responsabilité.

Il reprend dans son titre 3 les engagements environnementaux de RTE en vue d'assurer la pérennité des missions de service public que le législateur lui a confiées (cf. lois de février 2000, août 2004 et juillet 2005).

Ces engagements se déclinent dans deux domaines : la gestion du réseau public de transport et la sûreté du système électrique.

En matière d'insertion environnementale du réseau de transport, les engagements pris par RTE sont dans la continuité des accords précédents. Les dispositions sont les suivantes :

4.2.3.2 Renforcer et élargir la concertation

Les projets de développement du réseau de transport d'électricité par nature, répondent aux ambitions de développement durable des territoires : attractivité démographique, compétitivité du tissu industriel, développement économique, protection de l'environnement...

La réglementation, et la volonté de bâtir des solutions techniques répondant aussi fidèlement que possible aux besoins d'un territoire, font de RTE un des principaux acteurs industriels de la participation du public en France. La concertation doit permettre de détecter des outils permettant une meilleure acceptabilité des projets par l'ensemble des parties prenantes ; ainsi sera possible l'atteinte des objectifs comme l'intégration des énergies renouvelables que la France et l'Europe se sont fixés.

- **Pour développer le réseau :**
 - en établissant des volets régionaux du schéma de développement.
- **Pour définir et réaliser des projets :**
 - en facilitant la participation des citoyens à la définition et à l'amélioration du projet ;
 - en améliorant l'information des populations concernées pour les projets qui entrent dans le champ du débat public ;
 - en définissant les meilleures dispositions d'insertion de l'ouvrage dans l'environnement.

4.2.3.3 Protéger les paysages, les milieux naturels et urbanisés

- en réalisant en technique souterraine au moins 30%¹² des circuits haute tension créés ou renouvelés annuellement ;
- en recourant aux liaisons souterraines dans les conditions ci-après :
 - pour la THT 400 kV : son utilisation « est limitée aux situations exceptionnelles », du fait du coût de la mesure ;
 - pour la THT 225 kV : dans les « unités urbaines de plus de 50 000 habitants au sens de l'INSEE » pour les projets situés en dehors des couloirs de lignes existants ;
 - pour les HT 63 kV et 90 kV, il sera préférentiellement fait recours à la technique souterraine dans les zones urbaines de plus de 50 000 habitants (au sens de l'INSEE), dans les zones d'habitats regroupés, dans les zones considérées comme prioritaires (ZICO, ZNIEFF, ZPPAUP, PNR, zones d'adhésion des parcs nationaux) et aux abords des postes sources.
- en n'accroissant pas la longueur totale des ouvrages aériens grâce à la dépose d'ouvrage aériens existants sur une longueur équivalente à celle des ouvrages aériens nouveaux et reconstruits ;
- en évitant la création de nouveaux ouvrages par l'optimisation des ouvrages existants et par la prolongation de la durée de vie des ouvrages existants ;
- en maîtrisant les impacts des travaux ;
- en intervenant ponctuellement sur des ouvrages existants afin d'améliorer leur insertion environnementale (déviation, dissimulation, enfouissement ou suppression de tronçons) à l'occasion de projets de développement ou par convention associant les collectivités.

¹² Ce taux est global et ne s'applique pas systématiquement à chaque projet.

Fonctionnement du système électrique

Le chapitre ci-après n'est pas spécifique au projet mais permettra au lecteur qui le souhaite d'accéder à des informations plus détaillées concernant le fonctionnement du système électrique.

5.1 Notions clés de l'électricité

Le courant électrique provient du déplacement d'électrons dans un conducteur, avec un mouvement continu (courant continu) ou avec un mouvement de va-et-vient (courant alternatif). Le courant le plus utilisé pour le transport et la distribution est le courant alternatif.

L'électricité est caractérisée par plusieurs grandeurs physiques : l'intensité, la tension, la puissance, la fréquence, les champs électriques et magnétiques.

L'intensité

L'intensité est la mesure du courant électrique.

Elle est exprimée en ampères [A]. C'est la quantité d'électricité qui traverse un conducteur pendant une seconde. Si l'on compare l'électricité à l'eau, l'intensité correspond au débit dans un tuyau.

La tension

La tension est exprimée en volts [V] ou en kilovolts (1kV = 1000 V). Elle représente la force fournie à une quantité d'électricité donnée qui va d'un point à un autre. Si l'on compare l'électricité à l'eau, la tension correspond à la pression.

La puissance et l'énergie

La puissance, qui s'exprime en watts (W) ou en kilowatts (1kW=1000 W), est le produit de la quantité d'électricité qui traverse le conducteur pendant une seconde (intensité du courant en ampères [A]) et de la tension (en volts [V]) : Puissance = Intensité x Tension.

L'énergie consommée, qui correspond à une puissance électrique pendant une unité de temps, s'exprime en wattheures [Wh] ou kilowattheures [kWh].

Exemple : une ampoule de 75 watts (puissance) qui éclaire pendant 1 000 heures, consomme une énergie de 75 000 Wh, soit 75 kWh.

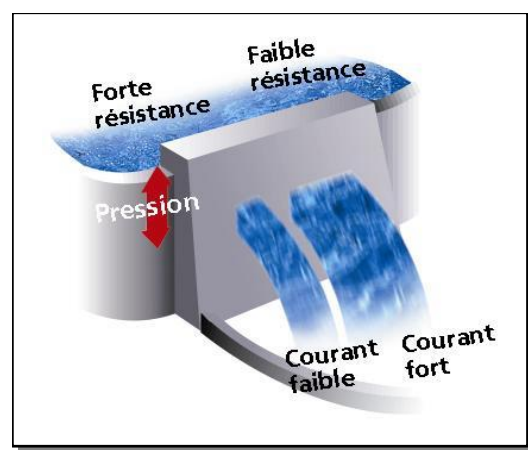
La fréquence

La fréquence correspond au nombre de cycles que fait le courant alternatif en une seconde. Elle s'exprime en hertz [Hz]. En France et en Europe, la fréquence nominale est fixée à 50 Hz.

Les champs électriques et magnétiques

Dans le domaine de l'électricité, il existe deux types de champs distincts : les champs électriques et les champs magnétiques.

Un champ électrique est produit par l'accumulation de charges électriques, autrement dit la tension électrique (plus celle-ci est élevée, plus le champ qui en résulte est intense). Il se mesure en volts par mètre (V/m). Le champ magnétique apparaît lorsqu'un courant électrique circule (il est d'autant plus important que l'intensité est élevée). Il se mesure en ampères par mètres (A/m), néanmoins l'usage



est d'utiliser l'unité qui mesure le flux d'induction magnétique, c'est-à-dire le microtesla (μT). Dans l'air et la plupart des matériaux, on a l'équivalence $1 \text{ A/m} = 1,25 \mu\text{T}$.

Tous les appareils qui fonctionnent à partir de l'électricité (électroménager, matériel de bureau ou industriel) et les équipements et installations qui servent à la produire (alternateurs et générateurs) et l'acheminer (lignes et câbles électriques) engendrent des champs électriques et magnétiques quand ils fonctionnent.



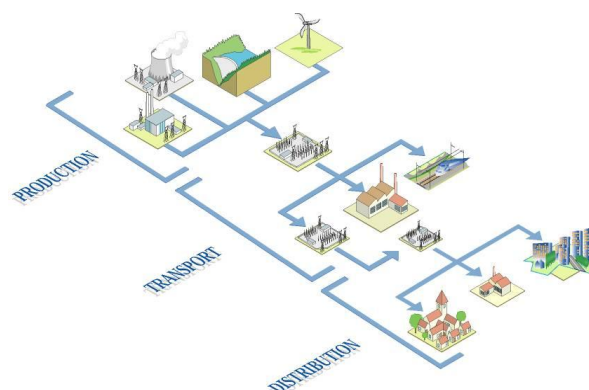
Pour le réseau de transport d'électricité à 50Hz, on distinguera le champ magnétique (CM50) et le champ électrique (CE50).

L'effet Joule

L'effet Joule est un effet thermique qui se produit lors du passage du courant électrique dans un conducteur. Il se manifeste par une augmentation de l'énergie interne du conducteur et généralement de sa température. L'effet joule peut être responsable de pertes d'énergie, c'est à dire la conversion indésirable, mais inévitable, d'une partie de l'énergie électrique en énergie thermique. C'est le cas, par exemple, des pertes en ligne lors du transport du courant électrique.

5.1.1 Le système électrique

On appelle système électrique l'ensemble composé d'une structure de production (centrales nucléaires, thermiques, hydrauliques, cogénération, éoliennes, photovoltaïque...) et de consommation (communes, entreprises...), reliés par les réseaux électriques (transport et distribution).



La consommation n'est pas stable ; la production ne l'est pas non plus : elle dépend d'aspects industriels (délais de mise en route, maintenance...) à une échelle locale, mais également d'événements naturels (vent, ensoleillement...). Par ailleurs, la consommation et la production ne fluctuent pas au même rythme. Le réseau de transport d'électricité permet alors, non seulement de transmettre de la puissance d'un point à un autre, mais également de mutualiser ces multiples aléas et de fournir constamment l'énergie dont la collectivité et nos clients ont besoin. C'est un outil de solidarité entre territoires.

5.1.1.1 La production

En 2013, la production nette d'électricité en France a été de 550,9¹³ TWh (soit 550,9 milliards de kWh), répartie comme suit :

ÉNERGIE ÉLECTRIQUE PRODUITE EN FRANCE EN 2013 en TWh (1 TWh = 1 tera watt heure = 1 milliard de kWh)

Production totale	Nucléaire	Hydraulique	Eolien	Photo-voltaïque	Autres sources Enr*	Thermique classique
550,9	403,7	75,7	15,9	4,6	6,3	44,7
100 %	73,3 %	18,6 %				8,1 %

PUISSANCE INSTALLEE EN FRANCE EN 2013 ** (1 GW = 1 giga watt = 1 million de kW)

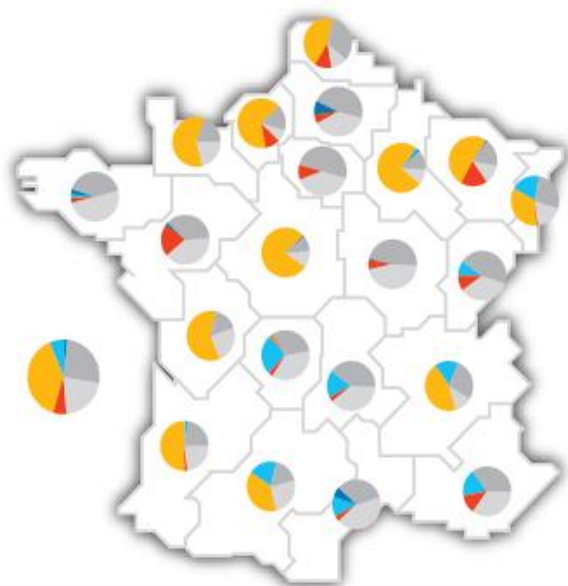
128 GW	63,1 GW	39,3 GW***			25,6 GW
--------	---------	------------	--	--	---------

* Principalement : déchets urbains, déchets de papeterie, biogaz, hydroliennes.

** Source bilan électrique 2013.

*** Sont inclus 1,4 GW d'autres énergies renouvelables (déchets urbains,...). L'éolien représente 8,1 GW

La répartition des différents types de production et de consommation, par région, est indiquée ci-après :



PRODUCTION :

■ Thermique à combustible fossile

■ Nucléaire

■ Hydraulique

■ Thermique à combustible renouvelable et solaire

■ Éolien

CONSOMMATION :

■ Grande industrie et PMI/PME

■ Professionnels et particuliers

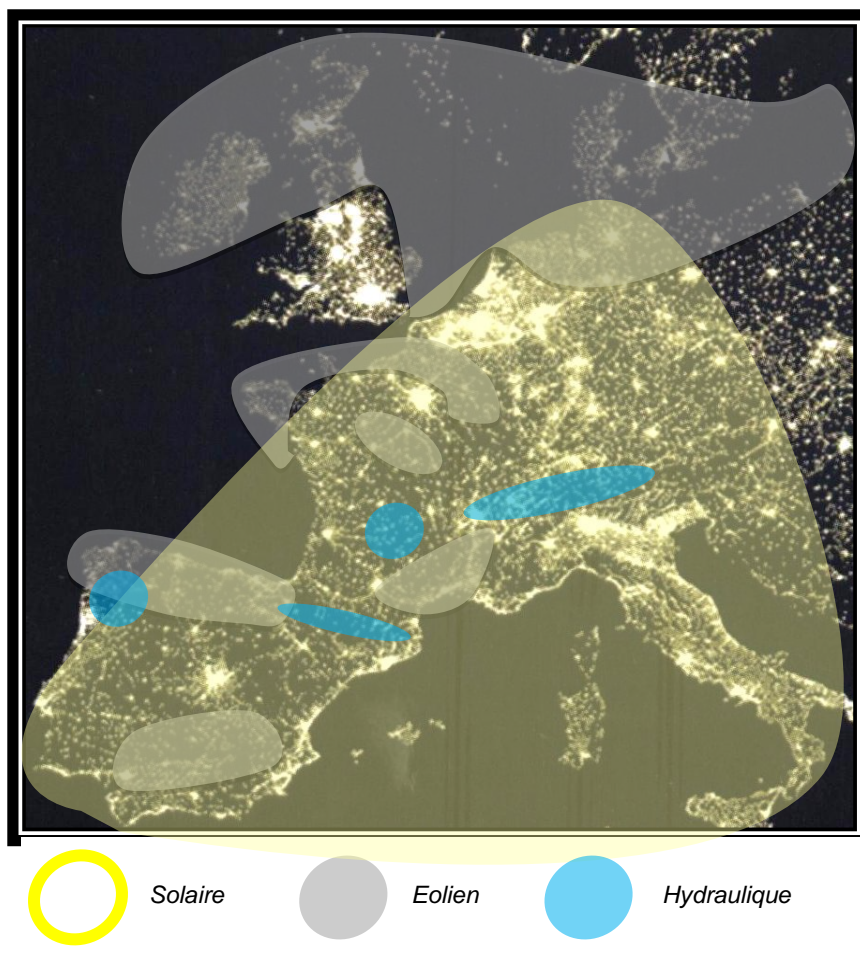
Bilan électrique 2011

Les énergies renouvelables

Les énergies renouvelables sont issues de sources naturelles inépuisables, d'où leur nom de «renouvelables». Les centrales fonctionnant grâce aux énergies renouvelables utilisent, pour produire de l'électricité, la force de l'eau (énergie hydraulique), celle du vent (énergie éolienne), le rayonnement du soleil (énergie photovoltaïque), la biomasse...

■ LES PRINCIPALES ENERGIES RENOUVELABLES, HORS HYDRAULIQUE, SONT AUJOURD'HUI :

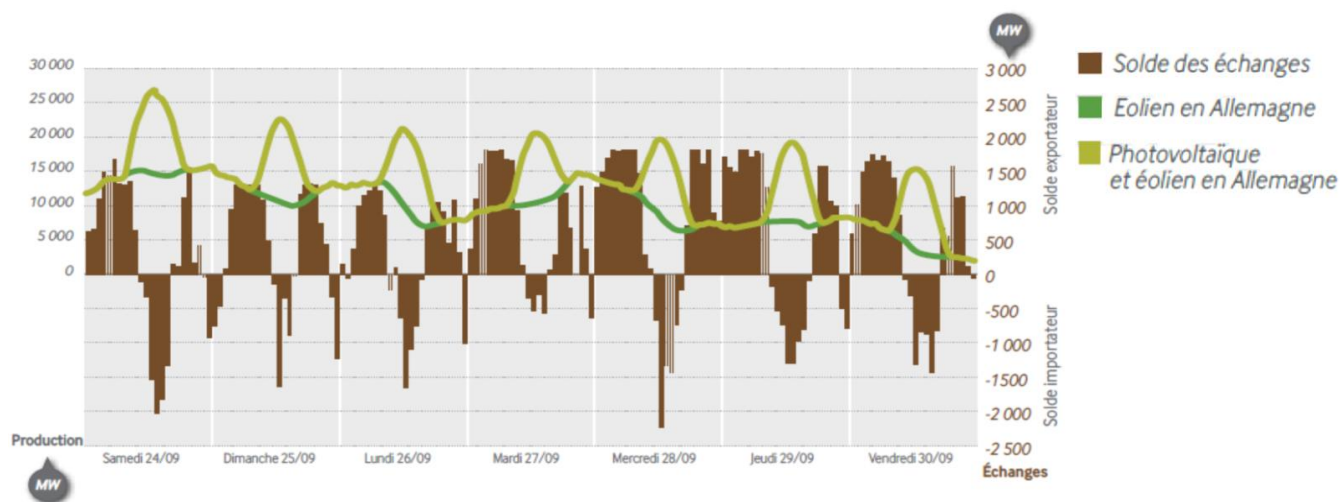
- **les éoliennes** (ou aérogénérateurs) : elles convertissent la force du vent en électricité. Elles sont constituées d'un mât sur lequel tourne une hélice. Celle-ci capte l'énergie du vent pour faire tourner une génératrice qui produit du courant électrique. Les éoliennes peuvent être terrestres ou maritimes (offshore).
- **les hydroliennes** : elles convertissent l'énergie des courants de marée en énergie électrique. Elles sont généralement immergées dans les zones à fort courant, si possible à proximité des côtes. La force des courants marins actionne les pales d'un ou plusieurs générateurs produisant de l'électricité.
- **le solaire photovoltaïque** : couramment appelés panneaux solaires, les modules photovoltaïques convertissent la lumière du soleil (les photons) en électricité (les électrons), laquelle peut être directement utilisée (éclairage) ou stockée (batterie).
- **la géothermie** : elle permet d'alimenter des réseaux de chaleur à partir des eaux chaudes du sous-sol ou d'utiliser les sources d'eau bouillante ou encore de roches chaudes pour produire de l'électricité. En France, il existe une centrale géothermique en service, située à Bouillante en Guadeloupe.
- **la biomasse** : produire de l'électricité à partir de biomasse consiste à valoriser par combustion, après méthanisation ou transformations chimiques, toute matière d'origine organique ou végétale issue de la nature (bois, bagasse...) mais aussi les déchets organiques produits par l'homme.
- **La carte ci-après** illustre la localisation de la production hydraulique, éolienne et solaire en France et dans les pays voisins.



■ CAS PARTICULIER DES ENERGIES EOLIENNE ET PHOTOVOLTAÏQUE

Le développement significatif des énergies éolienne et photovoltaïque qui, de par leur nature intermittente, ne sont pas disponibles à tout instant, appelle à faire évoluer les modalités de gestion de la sûreté du système (réserves, effacements de consommation et de production...). Si vent et soleil ne sont pas au niveau attendu, chaque client doit néanmoins être alimenté en électricité. C'est le rôle des réseaux de transport d'électricité de compenser les disparités entre territoires locaux, régionaux et nationaux en organisant la circulation de l'électricité d'un point à un autre.

En exemple, le graphique ci-après illustre l'impact de l'intermittence de la production éolienne et photovoltaïque en Allemagne sur les flux à la frontière franco-allemande.



Les perspectives de développement de la production :

L'arrêté du 15/12/2009 relatif à la programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité fixe, en France à l'horizon 2020, les objectifs suivants de développement de production à partir d'énergies renouvelables :

- puissance totale installée de 25 000 MW d'éolien répartis en 19 000 MW à terre et 6 000 MW en mer;
- puissance totale installée de 5400 MW de photovoltaïque;
- puissance supplémentaire à mettre en service de 2300 MW de biomasse;
- accroissement de l'énergie produite de 3 TWh/an et augmentation de la puissance installée de 3000 MW pour l'hydraulique.

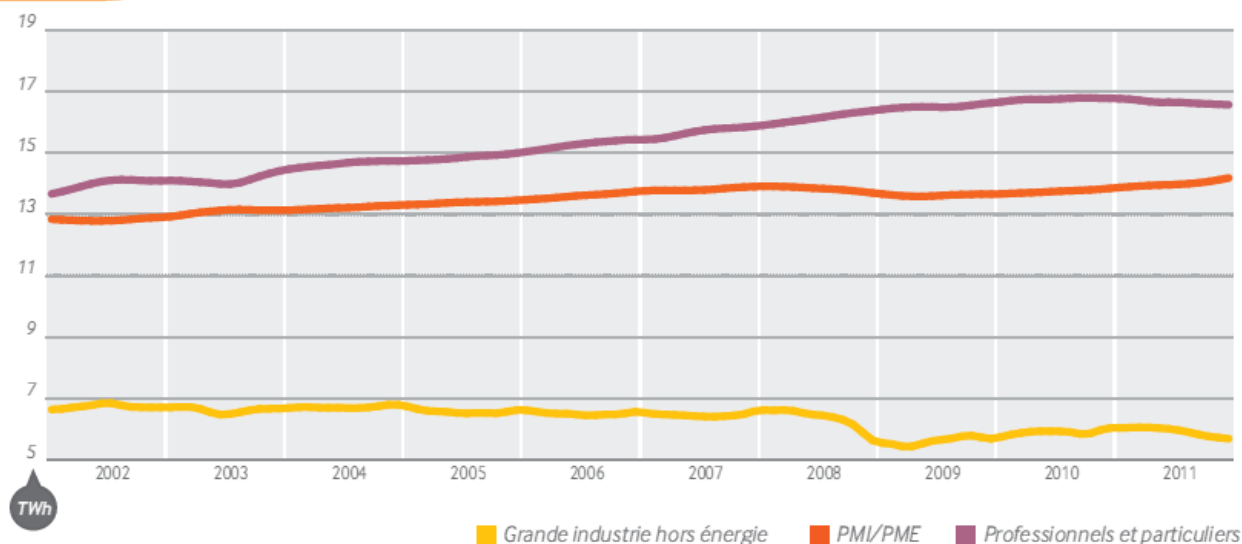
C'est dans ce cadre que le Gouvernement a annoncé, le 6 avril 2012, les résultats du premier appel d'offres « éolien en mer » lancé le 11 juillet 2011 pour 3000 MW.

Les consommateurs

La France compte environ 27 millions de sites de consommation d'électricité. La majeure partie d'entre eux est alimentée par le réseau de distribution basse tension (230 et 400 volts) : pavillons, immeubles d'habitation, écoles, artisans, commerçants, professions libérales, exploitations agricoles... D'autres sont alimentés en 20 000 volts : grands hôtels, hôpitaux et cliniques, petites et moyennes entreprises... De gros industriels (voies ferrées électrifiées, cimenteries, aciéries électriques, usines d'électrolyse de l'aluminium...) sont alimentés directement par le réseau de transport, avec un niveau de tension adapté à la puissance électrique dont ils ont besoin, à savoir 63 000, 90 000 ou 225 000 volts, voire 400 000 volts dans quelques cas.

Le graphique ci-après indique la tendance et la part dans la consommation globale d'électricité des trois grandes catégories de clients :

- la grande industrie ;
- les petites et moyennes entreprises ;
- les autres consommateurs, dont les particuliers.

Tendances

Source : Bilan électrique 2011 – www.rte-france.com

A titre indicatif, près de la moitié de l'électricité est consommée dans les bureaux et les commerces, et plus de la moitié concerne les usages liés à l'éclairage, les usages spécifiques électriques des bâtiments (dont les technologies de l'information et de la communication) et le chauffage. Ce secteur tertiaire est le principal vecteur de la croissance économique française. En particulier, le développement des centres de traitement de données (ou « data centers ») et d'usages émergents (communication, informatisation) tire les consommations à la hausse.

L'équilibre consommation / production

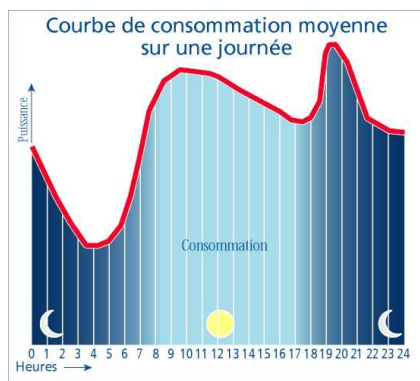
Puissance appelée = puissance fournie

L'énergie électrique produite ne se stocke pas. A chaque instant, l'énergie appelée par les consommateurs doit être disponible grâce à l'ensemble des moyens de production d'énergie électrique, et du réseau pouvant l'acheminer des sites de production jusqu'aux sites de consommation. L'équilibre consommation / production se traduit par l'égalité qui doit exister entre la puissance appelée et la puissance fournie.

Cette capacité de stockage limitée constitue un défi de chaque instant pour RTE. Elle est en même temps une remarquable opportunité car les stocks sont toujours source d'inefficacités et de consommations de ressources de telle sorte que tous les processus industriels ont cherché à les supprimer.

La consommation d'électricité varie constamment au cours d'une même journée, d'une même semaine et au fil de l'année. Elle reflète les horaires de travail, les jours de congés, les saisons.

Lorsqu'il fait froid, la consommation d'électricité augmente fortement en raison d'une plus forte utilisation de l'électricité (chauffage électrique ...). Ainsi en hiver, une baisse de température de 1°C représente un accroissement de consommation de 2300 MW. En été, une hausse de température de 1°C provoque une hausse de consommation pouvant aller jusqu'à 600 MW.



Le pic de consommation en France métropolitaine de **101 700 MW** a été atteint le **8 février 2012 à 19 heures**.

Le réseau public de transport et les réseaux de distribution d'électricité

Les réseaux électriques (transport et distribution) permettent d'acheminer l'énergie des sites de production vers les lieux de consommation, avec des étapes d'élévation et de baisse du niveau de tension dans des postes de transformation.

La tension à la sortie des grandes centrales est portée à 400 000 volts pour limiter les pertes d'énergie sous forme de chaleur dans les câbles (ce sont les pertes par « effet joule »). Ensuite, la tension est progressivement réduite au plus près de la consommation, pour arriver aux différents niveaux de tension auxquels sont raccordés les consommateurs (400 000 volts, 225 000 volts, 90 000 volts, 63 000 volts, 20 000 volts, 400 volts ou 230 volts suivant leurs besoins en puissance).



■ LE RESEAU PUBLIC DE TRANSPORT D'ÉLECTRICITÉ

Situé en amont des réseaux de distribution, il représente environ 81 000 km de files de pylônes et 100 000 km en files de circuits. Géré par RTE, il se compose de deux sous-ensembles :

■ LE RESEAU DE GRAND TRANSPORT ET D'INTERCONNEXION

Il est destiné à transporter des quantités importantes d'énergie sur de longues distances. Il constitue l'ossature principale reliant les grands centres de production, disséminés en France et dans les autres pays européens. Ce réseau peut être assimilé au réseau autoroutier. Son niveau de tension est de 400 000 volts, soit le niveau de tension le plus élevé en France.

Dans les pays où les distances sont plus importantes comme les Etats Unis, cette tension peut atteindre plus d'un million de volts.

■ LES RESEAUX DE REPARTITION REGIONALE OU LOCALE

Ils sont destinés à répartir l'énergie en quantité moindre sur des distances plus courtes. Le transport est assuré en très haute tension (225 000 volts) et en haute tension (principalement 90 000 et 63 000 volts). Ce type de réseau est l'équivalent des routes nationales voire départementales dans le réseau routier (avec des flux importants, de nombreux carrefours et croisements...).

■ LES RESEAUX DE DISTRIBUTION

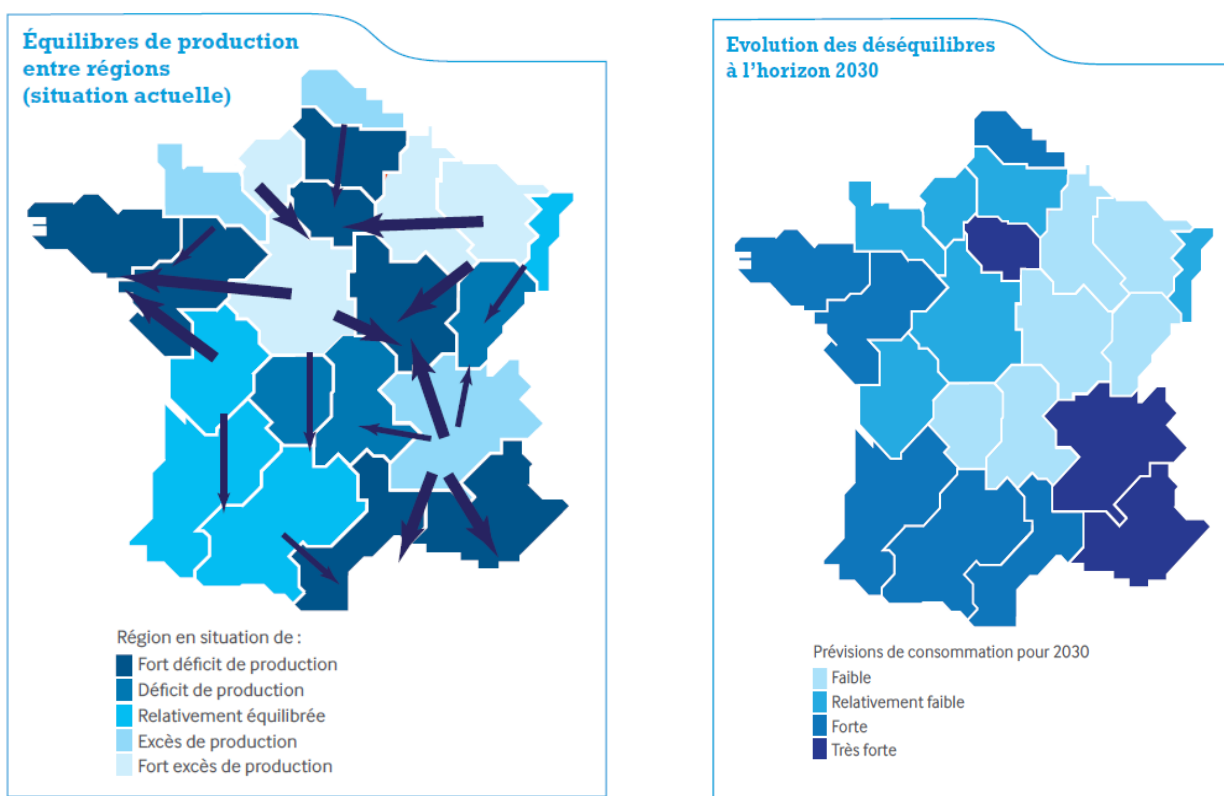
Non gérés par RTE, les réseaux de distribution sont destinés à acheminer l'électricité à l'échelle locale, c'est-à-dire aux utilisateurs en moyenne tension (PME et PMI) et en basse tension (clients du tertiaire, de la petite industrie et les clients domestiques). La distribution est assurée en moyenne tension (20 000 volts) et en basse tension (400 et 230 volts).

C'est l'équivalent des routes départementales et des voies communales dans le réseau routier (des flux locaux, la desserte des villages...).

5.1.2 Pourquoi des réseaux ? Pourquoi « interconnecter » les territoires ?

Le réseau de transport d'électricité relie entre eux des centres de consommation et de production. Pratiquement, dès la naissance de l'industrie électrique, à la fin du XIXe siècle, très tôt et très vite, des réseaux et des systèmes électriques interconnectés se sont développés. La raison principale en est que construire une infrastructure de réseau permet à la fois de rendre une meilleure qualité de fourniture et de limiter considérablement les ressources nécessaires pour produire l'électricité. Cette infrastructure de réseau électrique – comme tout autre type de réseau – est en cela d'autant plus efficace qu'elle relie davantage d'utilisateurs. Ainsi le réseau constitue-t-il une réponse à trois types de préoccupations : la sécurité, l'économie de ressources et l'aménagement du territoire.

Les centres de production et de consommation peuvent selon les régions être éloignés, ce qui entraîne des flux entre les territoires. Le réseau permet de prendre en compte ces déséquilibres.



La sécurité :

- La continuité de service est assurée en dépit des incidents les plus communs (selon la « règle du N-1 », qui stipule que la panne d'un élément du système n'affecte pas les utilisateurs connectés).
- En permettant à l'un de compléter l'autre, la mise en réseau des moyens de production permet de mutualiser les risques de perturbations susceptibles d'affecter le système électrique (panne d'une centrale, intermittence du vent, vague de froid, etc.) et par suite, comme un système d'assurance, de réduire considérablement les besoins de « capacités de réserve » (production ou stockage) et autres mesures palliatives.
- Les utilisateurs peuvent soutirer plus ou moins d'électricité (ou, s'agissant des unités de production, produire plus ou moins d'électricité) à tout instant et sans préavis, car la gêne

est négligeable pour les autres utilisateurs dès lors que cette variation est petite par rapport à la taille de l'ensemble du système interconnecté.

- La qualité de l'électricité (en fréquence, tension) est d'autant plus haute que le réseau est maillé.

L'économie de ressources :

- Moteur historique de l'interconnexion, le foisonnement des consommations rend les besoins d'investissement en production bien moindre. On peut à titre d'illustration comparer le total des puissances souscrites par chacun des clients finaux connectés aux réseaux français de transport et de distribution – de l'ordre de 400 GW – à la consommation effective totale en France – comprise en 2012 entre 31 GW en creux d'août et 102 GW au pic de froid de février – et la capacité de production installée – 129 GW.
- La mise en réseau des moyens de production permet de les spécialiser : quelques-uns, plus flexibles et donc relativement plus chers, pour suivre les variations de la demande ; d'autres, moins flexibles mais plus économiques dans la durée pour produire « en base », à longueur de temps. Leur conception en est ainsi rationalisée, profitant d'économie d'échelle ou de série pour diminuer les coûts unitaires, c'est-à-dire au MW installé, du parc.
- Le réseau permet de marier un « mix énergétique », qui permet de tirer le meilleur parti de chaque filière et d'organiser la complémentarité de ces moyens de production, du moins cher au plus cher. (Ce « merit order » commence par la production « fatale » des fil-de-l'eau, éolien, photovoltaïque, c'est-à-dire les énergies de flux, dont la ressource – débit des rivières, vent, soleil –, gratuite, est perdue si elle n'est pas transformée en électricité au gré des variations saisonnières et météorologiques).

L'aménagement du territoire en France et en Europe :

- Les utilisateurs peuvent s'installer sur tout le territoire, et pas seulement à proximité des centres de production.
- Réciproquement, il est possible de tirer parti de ressources éloignées des centres de consommation (par exemple hydraulique de montagne, énergies offshore, etc.) pour produire l'électricité dont les utilisateurs ont besoin. Le réseau maillé est ainsi l'outil-clé de composition du mix énergétique.

L'infrastructure que gère RTE permet d'interconnecter l'ensemble des utilisateurs français. Au-delà, l'interconnexion des réseaux des pays européens permet de gagner encore significativement dans chacun des domaines évoqués précédemment. On peut en donner deux illustrations :

- la pointe de consommation synchrone de l'Allemagne, du Benelux et de la France (environ 205 GW) est aujourd'hui de l'ordre de 4 GW inférieure à la somme de leurs pointes individuelles. Leur interconnexion permet ainsi sur ce seul critère de diminuer de 2% la capacité de production installée nécessaire à leur approvisionnement.

D'autre part, en matière de dimensionnement des réserves, l'aléa majeur, en France l'hiver, est aujourd'hui la sensibilité de la consommation à la température ; en Allemagne, c'est l'aléa de production éolienne qui est le plus important. Isolés, chacun des deux pays devrait se doter de capacités de production ou d'effacement de consommation à hauteur d'une vingtaine de gigawatts¹⁴ ; interconnectés, les deux risques étant largement décorrélés, les deux pays peuvent partager cette charge. Interconnectée avec ses voisins européens, la France n'a ainsi besoin aujourd'hui en hiver de prévoir qu'une « marge 8 heures » de l'ordre de 4,5 GW (le risque d'erreur de prévision sur la demande, liée à l'incertitude de prévision des températures, en est la cause principale).

¹⁴ Il s'agit d'un ordre de grandeur. Cette comparaison pays isolé/pays interconnecté est quelque peu théorique dans la mesure où le dimensionnement de parcs européens isolés serait tout autre qu'il ne l'est aujourd'hui, sachant pouvoir bénéficier de l'interconnexion.

5.2 Assurer la fourniture d'une électricité en tout lieu à tout moment

5.2.1 La sûreté du système électrique

La politique de sûreté du système électrique

La maîtrise du fonctionnement du système électrique (ou sûreté du système) se définit comme l'aptitude à :

- assurer le fonctionnement normal du système électrique ;
- limiter la probabilité d'incidents et éviter les grands incidents ;
- maîtriser les conséquences d'un grand incident s'il survenait malgré tout.

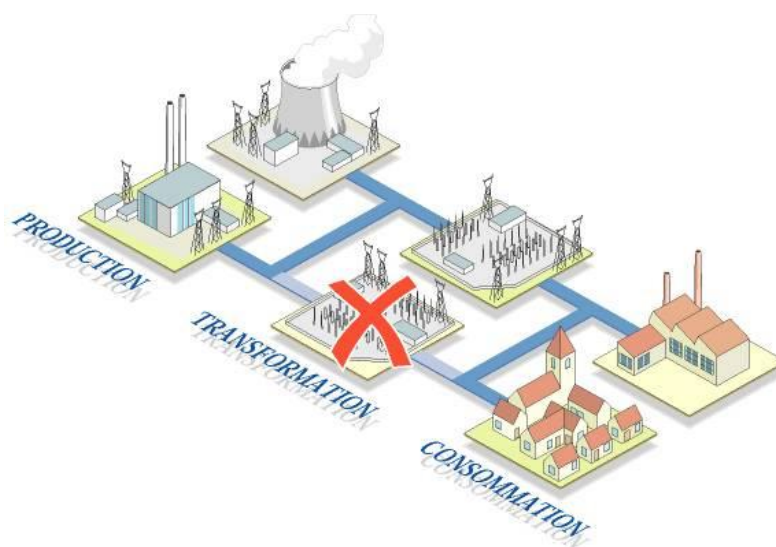
Elle concerne alors aussi bien la maîtrise des équilibres essentiels comme l'équilibre offre-demande que la maîtrise des tensions sur le réseau ou des transits dans les ouvrages de réseau.

Elle fait l'objet de prescriptions inscrites dans la "Politique de Sûreté" de RTE. Ces dernières expriment formellement les principes à suivre pour l'exploitation du réseau. L'une de ces principales prescriptions est la règle du N-1.

La règle du N-1

Afin de garantir la robustesse du système électrique à l'égard du risque d'une coupure électrique liée à une perte d'ouvrage, du fait par exemple d'un coup de foudre, une règle de sécurité standard est mise en œuvre : on la dénomme la règle du N-1.

Elle signifie qu'en cas de défaillance d'un élément du réseau de transport ou d'une unité de production, l'électricité devra pouvoir être acheminée par une autre partie du réseau ou fournie depuis une autre unité de production. Ainsi, toute défaillance d'un élément sera-t-elle sans conséquence pour l'ensemble des consommateurs raccordés au réseau.



5.2.2 *L'origine des principaux incidents affectant le système électrique*

Un incident de grande ampleur a toujours pour origine l'un ou plusieurs des quatre grands phénomènes suivants, qui se succèdent et/ou se conjuguent :

Les surcharges en cascades

Il peut arriver que l'intensité transitant dans une ligne dans certaines conditions exceptionnelles (niveau de consommation non pris en compte dans les études prévisionnelles, par exemple lors de période de grand froid) dépasse sa limite admissible (limite liées aux caractéristiques de l'ouvrage et à son environnement). En quelques minutes ou quelques secondes, suivant l'ampleur du dépassement d'intensité, un dispositif de protection met alors la ligne hors tension.

Le transit supporté auparavant par cette ligne va alors se reporter dans d'autres chemins électriques en raison du maillage¹⁵ du réseau de transport, risquant à son tour de provoquer de nouvelles surcharges. C'est alors l'amorce d'un phénomène de cascade qui peut conduire à la mise hors tension de vastes zones du réseau. C'est ce qui s'est passé en France en décembre 1978, aux États-Unis sur la côte ouest en 1996 et 1999, sur la côte est en août 2003. Ce phénomène s'est également produit le 4 novembre 2006 où, vers 22h15, une partie de l'Europe s'est retrouvée sans électricité. A l'origine de ce phénomène, un incident sur le réseau de transport allemand a provoqué un déficit brutal entre la consommation et la production.

L'écroulement de la tension

Lorsque la consommation varie au cours du temps, la tension évolue. Elle baisse lorsque la consommation augmente et monte lorsque la consommation diminue.

Lorsque la tension commence à baisser dans une zone, les zones voisines sont affectées : leur tension baisse également. Des dispositifs de régulation existent mais ont une action limitée. A un certain niveau, ils ne peuvent plus enrayer la chute de tension et la propagation de l'incident. C'est l'effet « château de cartes ». En quelques minutes, une zone très vaste peut être affectée. La reprise du service qui conduit à retrouver une tension à sa valeur nominale prend en général plusieurs heures. Pour éviter une telle situation, RTE peut être contraint d'effectuer un délestage, c'est-à-dire une coupure maîtrisée d'une partie de la consommation.

L'écroulement de la fréquence

La fréquence correspond au nombre de cycles que fait le courant alternatif en une seconde (qui dépend de la vitesse de l'alternateur des centrales de production). Elle est en permanence homogène dans tout le réseau électrique.

Lorsqu'un réseau est dans une situation tendue du point de vue de l'équilibre production/consommation (niveau exceptionnel de la consommation, ou parc de production en partie indisponible), une baisse de fréquence peut se produire. En dessous d'un certain seuil, les groupes de production se déconnectent du réseau pour éviter d'être endommagés. La fréquence chute alors un peu plus, et de nouveaux groupes se séparent du réseau, accélérant le déséquilibre entre production et consommation, donc la chute de fréquence : c'est l'écroulement de fréquence. Le seul moyen de faire remonter la fréquence est alors de diminuer rapidement la consommation en ayant recours au délestage. C'est ce qui s'est passé en Italie en septembre 2003.

¹⁵ Maillage du réseau : mise en relation des réseaux électriques entre eux pour assurer les échanges d'énergie. Cf. Règle du N-1.

La rupture du synchronisme

Le synchronisme est le fonctionnement à la même fréquence de toutes les centrales interconnectées autour de 50 Hz en Europe. Dans un réseau électrique, cela revient à dire que toutes les centrales de production d'électricité connectées en Europe doivent fonctionner à la même fréquence. La rupture de synchronisme apparaît si une centrale ou un groupe de centrales fonctionne quelques secondes à une fréquence différente du reste du réseau après un court-circuit (en général dû à un coup de foudre ou un événement météorologique violent).

Dans ce cas, la zone désynchronisée est séparée du reste du réseau. Il y a un risque que cette zone soit mise hors tension si l'équilibre production/consommation n'y est pas respecté.

5.2.3 La qualité de l'alimentation électrique : un enjeu essentiel

La qualité d'alimentation délivrée par le réseau de transport est essentielle.

Face à des processus de production de plus en plus pointus, les entreprises sont extrêmement sensibles aux variations de la qualité de l'électricité. Les chutes de tension, les coupures ont un effet immédiat sur la production industrielle, qui se traduit par un préjudice financier direct, et sur le fonctionnement des technologies de l'information et de la communication. A titre d'exemple, un creux de tension (de 200 à 500 millièmes de secondes) peut provoquer dans l'industrie automobile un arrêt de production de plusieurs heures dans différents secteurs (emboutissage, peinture, tôlerie) et la mise au rebut des voitures en cours de traitement de peinture. Par conséquent, une zone où est assurée une bonne qualité de l'électricité est susceptible davantage qu'une autre de favoriser le développement économique.

Malgré d'inévitables variations d'un point à un autre du réseau, RTE sous le contrôle de la commission de régulation de l'énergie, doit fournir à ses clients une électricité de qualité garantie en matière de nombre et temps de coupure, de forme de l'onde de tension et de courant.

5.2.4 Les caractéristiques de la qualité d'alimentation

La continuité de l'alimentation

Des mises hors tension fortuites localisées, longues ou brèves selon la gravité de l'incident, peuvent intervenir sur un ouvrage de réseau. Selon la structure d'alimentation des points de livraison considérés, ces mises hors tension d'ouvrages peuvent n'avoir aucune incidence sur la continuité d'alimentation ou au contraire se traduire aux points de livraison par des coupures dites brèves, de durée supérieure à 1 seconde et inférieure à 3 minutes, et des coupures dites longues de durée supérieure ou égale à 3 minutes.

La qualité de l'onde de tension

La régularité de l'onde de tension sur les réseaux constitue une composante importante de la qualité d'alimentation. Les fluctuations de fréquence, les creux de tension, les fluctuations rapides de la tension, le déséquilibre constituent des perturbations de l'onde de tension.

La puissance d'un réseau électrique ressemble à bien d'autres puissances, par exemple à celle d'un fleuve : cette puissance en régime normal s'écoule dans le conducteur (ou dans le canal) et prodigue de nombreux services à ses utilisateurs. Mais en régime d'incident (par exemple claquage¹⁶ de l'isolant en situation maximale de production pour le réseau électrique ou rupture d'une digue du fait de la crue d'un fleuve), ce flux n'est plus canalisé et libère brutalement des énergies considérables, qui peuvent être à l'origine de conséquences plus ou moins dangereuses pour la sécurité des

¹⁶ Détérioration irréversible de l'isolant d'un câble

personnes, des matériels ou des infrastructures. La notion caractéristique de ce phénomène est la puissance de court-circuit. On peut faire une analogie entre cette notion de puissance de court-circuit et le débit maximal qui s'écoulerait par la digue rompue dans le cas du fleuve. Autrement dit, la puissance de court-circuit est la puissance maximale susceptible de s'écouler par le point de rupture. La valeur des puissances de court-circuit dépend des moyens de production démarrés, ainsi que de la nature et de la topologie du réseau électrique.

Cette notion est importante pour maintenir une haute qualité de l'électricité car une puissance de court-circuit élevée traduit la capacité du réseau à atténuer les perturbations de l'onde de tension. En revanche, cela présente des contraintes d'exploitation et de dimensionnement pour RTE. En effet, si elle dépasse les valeurs limites de dimensionnement des matériels, un court-circuit ne pourrait pas être éliminé par les disjoncteurs du réseau. Les conséquences de ce court-circuit seraient alors aggravées pour le matériel du réseau (risque d'endommagement) et les consommateurs (perturbation plus longue). RTE calcule à l'avance les puissances de court-circuit du réseau et si besoin adopte un schéma d'exploitation particulier pour les limiter et éviter de tels dépassements, ou remplace les matériels qui le nécessitent.

5.2.5 Quels paramètres influent sur la qualité de l'alimentation électrique

Un ouvrage électrique est susceptible d'être le siège d'incidents qui émaillent l'exploitation au quotidien. Le plus souvent, ils ne se traduisent pas par des mises hors tension d'ouvrages pendant de longues durées (notamment grâce au fonctionnement de dispositifs de ré-enclenchement automatiques), mais ils peuvent générer des imperfections de l'onde de tension (creux de tension...), dont des coupures complètes de l'alimentation pour des durées brèves (moins d'une seconde à quelques secondes).

Les principaux facteurs pouvant être à l'origine de ces perturbations sont :

- les aléas climatiques (orage, givre, neige collante, vents violents, températures excessives, etc.) qui peuvent endommager les installations ;
- certaines activités industrielles (four à arc, trains...) qui déséquilibrent les courants ou les tensions¹⁷ ;
- des pannes de matériels du réseau ;
- des agressions externes (chutes d'arbres sur les lignes, accidents).

¹⁷ Le courant utilisé sur le réseau de transport est par nature triphasé. En régime normal, les courants qui circulent dans les trois phases sont équilibrés et les tensions entre phases sont identiques. Certaines activités industrielles n'utilisent qu'une ou deux des trois phases. Ceci entraîne un déséquilibre qui peut être ressenti comme une perturbation par d'autres consommateurs du réseau électrique. Le déséquilibre peut apparaître sur les courants (ce qui entraîne un échauffement anormal de certains moteurs de machines électriques), ou sur les tensions (ce qui entraîne une diminution de la puissance des moteurs électriques par réduction de leur couple).

