



**inelfe** | Energie pour le futur  
Energia per al futur  
Energía para el futuro

## Interconnexion électrique des Pyrénées catalanes





Vue du Mont Canigou, dans la partie française des Pyrénées (Roussillon)

# Sommaire

<b>1</b>	<b>L'INTERCONNEXION ÉLECTRIQUE DES PYRÉNÉES CATALANES, UNE INFRASTRUCTURE ESSENTIELLE</b> .....	2
<b>2</b>	<b>DESCRIPTION DU PROJET D'INTERCONNEXION ÉLECTRIQUE ESPAGNE-FRANCE</b> .....	9
<b>3</b>	<b>ENVIRONNEMENT</b> .....	16



## L'interconnexion électrique des Pyrénées catalanes, une infrastructure essentielle

La société Inelfe a été créée pour bâtir et mettre en fonctionnement une nouvelle interconnexion entre la France et l'Espagne, afin d'augmenter le volume d'énergie électrique échangée entre la péninsule ibérique et le reste de l'Europe. Elle est née à la suite de l'accord de Saragosse, conclu le 27 juin 2008 entre les gouvernements espagnol et français pour construire l'interconnexion électrique et accroître la capacité d'échange d'énergie entre les deux pays.

Actuellement, la péninsule ibérique possède l'un des taux d'interconnexion les plus bas de l'Union européenne, c'est-à-dire qu'elle ne peut importer ou exporter qu'une très faible quantité d'énergie, ce qui limite ses possibilités d'aider ou d'être aidée en cas de défaillance sur un système électrique.

**Cette nouvelle ligne permettra de doubler le niveau d'interconnexion entre la France et l'Espagne, qui passera de 3 % à 6 %, ce qui reste inférieur aux 10 % minimum que recommande l'Union européenne.**

La nouvelle ligne, longue de 64,5 kilomètres, reliera les communes de Santa Llogaia (près

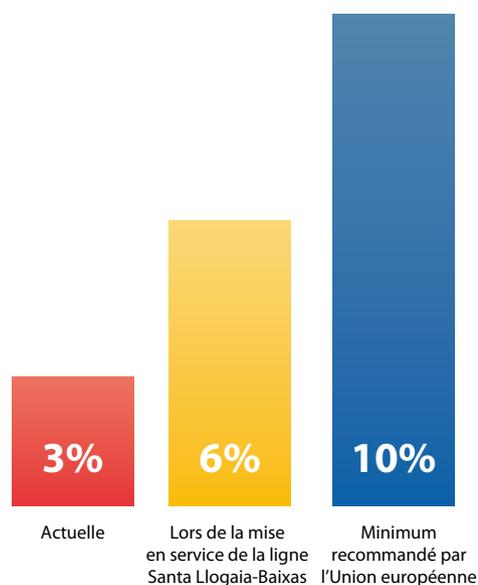
de Figueras, en Espagne) et Baixas (près de Perpignan, en France). Conformément aux recommandations de Mario Monti, coordinateur du projet, **le tracé sera entièrement souterrain et suivra dans la mesure du possible les infrastructures existantes**, comme l'autoroute AP-7 et la ligne à grande vitesse (LGV) entre Figueras et Perpignan. Le tronçon qui traverse les Pyrénées par la chaîne des Albères, long de 8,5 km, passera dans une galerie technique alors que le reste de la ligne sera enfoui au moyen de tranchées.

En raison de sa longueur et de ses particularités, cette liaison sera en courant continu, au lieu d'être en courant alternatif comme sur le reste du réseau espagnol et français. C'est pourquoi le projet comprend également la construction de stations de conversion, à Santa Llogaia et à Baixas, qui transformeront le courant continu en courant alternatif. Ces stations utiliseront la technologie innovante VSC (voltage source converter), qui permettra d'inverser le sens du courant de la ligne de façon très rapide.

La mise en service de l'interconnexion est prévue pour 2014.

L'interconnexion, qui bénéficie d'un budget de 700 millions d'euros, a été déclarée «Projet d'intérêt européen» et est financée par l'Union européenne à hauteur de 225 millions d'euros maximum dans le cadre du programme EEPR (European Energy Program for Recovery). Inelife a signé un accord avec la Banque Européenne d'Investissement (BEI) pour un prêt de 350 millions d'euros destinés à ce projet.

### Capacité d'interconnexion France-Espagne \*



\* Capacité technique maximale d'exportation et d'importation entre les systèmes électriques espagnol et français, par rapport à la demande maximale enregistrée en Espagne.

## Objectifs

### À quoi sert une interconnexion ?

Les interconnexions entre les systèmes électriques nationaux se sont développées parallèlement aux réseaux de chaque pays. À l'origine, les interconnexions servaient à obtenir une aide extérieure en cas de défaillance susceptible d'affecter la sécurité de l'approvisionnement électrique national d'un pays.

Il a cependant été démontré que les interconnexions servent non seulement dans les situations exceptionnelles, mais également dans les conditions normales de fonctionnement, car elles offrent plusieurs avantages :

- L'optimisation de la production quotidienne des centrales électriques
- De meilleures possibilités d'exploiter les énergies renouvelables
- La création d'une concurrence
- L'amélioration des conditions d'approvisionnement.

L'importance de ces interconnexions explique que les entreprises gestionnaires des réseaux européens travaillent actuellement sur une cinquantaine de projets visant à renforcer les

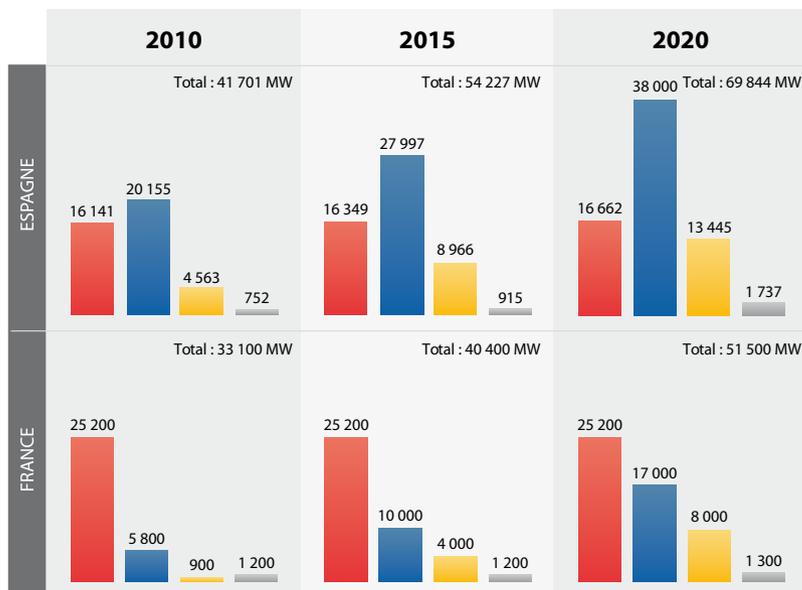
connexions existantes, conformément aux directives de l'Union européenne.

### L'interconnexion France-Espagne

La France et l'Espagne comptent actuellement quatre lignes d'interconnexion, dont la plus récente a été construite en 1982 : Arkale-Argia, Hernani-Argia, Biescas-Pragnères et Vic-Baixas. Le tout représente une capacité commerciale totale d'échange de 1400 mégawatts, soit seulement 3 % de la demande maximale de la péninsule ibérique.

**La nouvelle ligne de  $\pm 320$  kV permettra de doubler la capacité d'interconnexion actuelle, améliorant ainsi la sécurité de l'approvisionnement en électricité et surtout la stabilité du système en renforçant ses interconnexions avec le système européen.**

## Puissances installées d'énergies renouvelables (en MW)



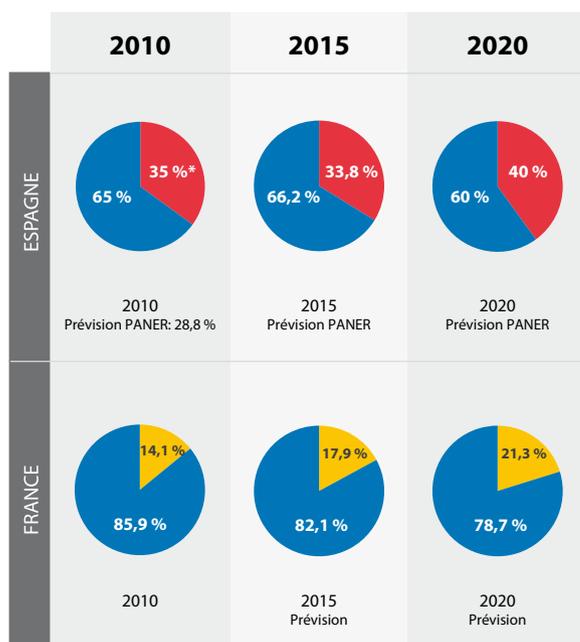
- Hydroélectricité\*
- Énergie éolienne
- Énergie solaire
- Autres

\* En Espagne, les données concernent uniquement l'énergie hydroélectrique sans pompage

Espagne : Données extraites du Plan d'action sur les énergies renouvelables (PANER) 2011-2020.

France : Données extraites du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France, édition 2011.

## Pourcentage de la consommation d'électricité provenant de sources renouvelables



- Provenant d'énergies renouvelables en Espagne
- Provenant d'énergies renouvelables en France
- Provenant d'énergies non renouvelables

\* Le PANER a estimé que 28,8 % de la consommation espagnole en 2010 provenait d'énergies renouvelables, mais en raison de conditions pluviométriques et éoliennes très favorables, ce pourcentage a été revu à la hausse pour atteindre 35 %.

Espagne : Données extraites du Plan d'action sur les énergies renouvelables (PANER) 2011-2020 et du Rapport sur le système électrique en 2010.

France : Données extraites du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France, édition 2011.

## 1. Énergies renouvelables

Au cours de ces dernières années, l'Espagne et la France ont cherché à développer la production et l'utilisation d'énergies renouvelables, et plus particulièrement l'énergie éolienne, se rapprochant ainsi de l'objectif fixé par l'Union européenne pour 2020 : 20 % d'émissions de CO<sub>2</sub> en moins, 20 % d'efficacité énergétique en plus, et 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie.

L'augmentation de la production d'énergies renouvelables, qui est très variable et dispersée géographiquement, exige un haut niveau d'interconnexion. La capacité d'échange d'électricité entre deux pays augmente leur possibilité d'utiliser les énergies renouvelables dans des conditions de sécurité optimisées.

Actuellement, le niveau d'interconnexion limité oblige à freiner également le développement des énergies renouvelables.

**Ce n'est qu'en s'appuyant sur un réseau solide et bien maillé que l'on pourra poursuivre l'intégration d'énergies renouvelables, qui sont moins onéreuses et ne génèrent pas d'émission de CO<sub>2</sub>.**

## 2. Sécurité de l'approvisionnement électrique

Les interconnexions internationales sont essentielles pour garantir la sécurité de l'approvisionnement électrique des pays, puisqu'elles permettent d'exporter de l'énergie dans les moments de forte production et de faible demande (par exemple la nuit). Réciproquement, elles permettent d'importer de l'électricité lorsque l'on enregistre de soudaines hausses de la demande ou en cas de défaillance du système électrique.

**L'augmentation de la capacité d'interconnexion entre la France et l'Espagne permettra de renforcer l'ensemble du réseau électrique européen et ainsi, de mieux faire face aux éventuels risques et incidents.**

Par conséquent, la qualité et la sécurité de l'approvisionnement des deux pays seront considérablement améliorées, plus particulièrement dans les zones du Roussillon et de l'Ampurdán.

### 3. Marché électrique européen

La nouvelle interconnexion, en augmentant les possibilités d'échange énergétique entre les deux pays, va permettre un resserrement des prix de l'électricité entre la péninsule ibérique et le reste de l'Europe.

Les marchés électriques seront plus compétitifs et moins concentrés, ce qui aura une répercussion positive sur les prix de l'électricité en Europe.

### 4. Développement social et économique

La sécurité de l'approvisionnement en électricité joue un rôle clé dans le développement social et économique des régions. Pour beaucoup d'entreprises installées dans la province de Gérone et dans la zone du Roussillon, la qualité de l'approvisionnement en électricité est un facteur de développement déterminant.

**L'interconnexion aidera à répondre à des besoins d'approvisionnement à moyen terme, ce qui contribuera au développement social des communes de chaque côté de la frontière.**

En outre, la nouvelle ligne servira à alimenter la future Ligne à Grande Vitesse mise en place en Espagne sans affecter la stabilité de l'approvisionnement de la zone concernée. En effet, le passage d'un TGV, très consommateur d'électricité, peut provoquer des chutes de tension si le réseau n'est pas assez puissant.

---

## Points clés

La nouvelle interconnexion électrique entre la France et l'Espagne est une infrastructure nécessaire, qui permettra :

**De doubler la capacité d'échange d'électricité entre la France et l'Espagne**

**De profiter au maximum de l'électricité issue des sources d'énergie renouvelables**

**D'assurer la sécurité de l'approvisionnement en électricité pour les habitants du Roussillon et de l'Ampurdán**

**D'intégrer le marché ibérique au marché électrique européen**

**De stimuler le développement économique de la région**

**D'alimenter le train à grande vitesse en Espagne**

## 2

# Description du projet d'interconnexion électrique Espagne- France

## Une ligne à caractère exceptionnel

La nouvelle interconnexion électrique entre la France et l'Espagne est un projet exceptionnel car ce sera la première fois qu'une liaison en courant continu et bénéficiant d'une technologie de conversion du courant alternatif en courant continu utilisera des lignes de 1000 MW chacune pour une tension de  $\pm 320$  kV.

M. Mario Monti, ex-commissaire européen et coordinateur du projet, a insisté sur le fait que la nouvelle ligne d'interconnexion devrait être complètement souterraine pour limiter son impact visuel et paysager. Cette décision a donc conditionné la conception de toute la liaison. La technologie actuelle ne permet pas de construire une ligne souterraine de cette longueur en courant alternatif sans installer un système de compensation des pertes électriques ; c'est pourquoi le choix du courant continu a été réalisé. A chaque extrémité de l'interconnexion, une station de conversion assurera la transformation entre courant alternatif et courant continu en utilisant la technologie VSC (*voltage source converter*).

Actuellement, très peu de lignes utilisent cette technologie et la liaison la plus puissante en VSC est le projet Trans Bay entre Pittsburg et San Francisco en Californie, avec une puissance de 400 MW et une tension de  $\pm 200$  kV, qui sont donc très inférieures à celles de la future interconnexion France-Espagne.

Enfin, et toujours selon les recommandations de Mario Monti, le tracé suivra, dans la mesure du possible, les infrastructures existantes (telles que les routes et les lignes de chemin de fer). **La longueur totale de la ligne atteindra 64,5 kilomètres (31 kilomètres en Espagne et 33,5 kilomètres en France), dont la plus grande partie sera enfouie au moyen de tranchées.** La traversée du massif des Albères se fera au moyen d'une galerie technique longue de 8,5 kilomètres, parallèle au tunnel de la Ligne à Grande Vitesse (LGV) du train à grande vitesse parallèle au tunnel de la Ligne à Grande Vitesse (LGV)..

# Caractéristiques techniques

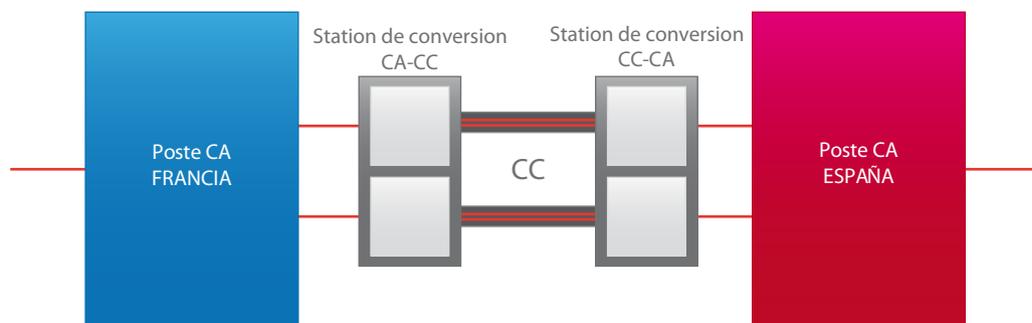
## 1. Courant continu

L'interconnexion électrique entre la France et l'Espagne, de par sa longueur et son caractère souterrain, ne peut être qu'en courant continu. Les liaisons en courant continu présentent des avantages, notamment celui d'une perte d'énergie plus faible, ce qui permet de réduire le nombre de câbles au sol.

**Ainsi, la largeur totale de l'installation sera d'environ 3 mètres, bien inférieure aux 7 mètres qui auraient été nécessaires pour une ligne souterraine en courant alternatif.**

## 2. Stations de conversion

Le projet consiste à relier deux systèmes en courant alternatif au moyen d'une ligne en courant continu. Par conséquent, l'interconnexion requiert la construction d'une station de conversion à chacune de ses extrémités, c'est-à-dire à Santa Llogaia (près de Figueras, en Espagne) et à Baixas (près de Perpignan, en France). Ces stations de conversion transformeront le courant continu en courant alternatif et inversement. Elles utiliseront la technologie VSC (*Voltage Source Converter – convertisseur de source de tension*), qui facilite l'inversion du sens du courant et le rétablissement de l'électricité après une coupure de courant.



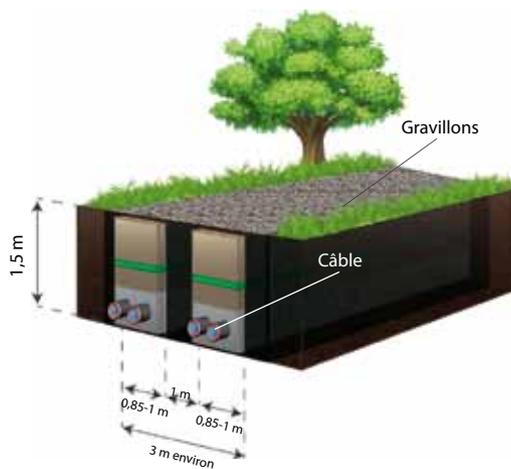
CC: Courant continu  
CA: Courant alternatif

### 3. Tranchées

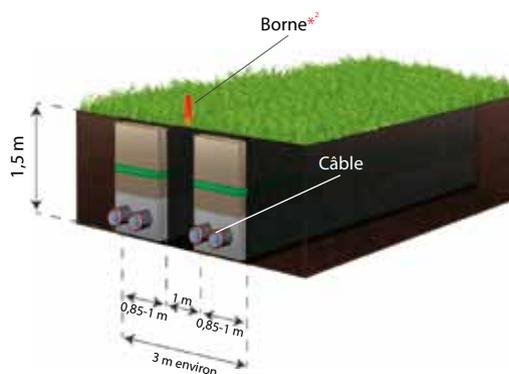
Sur la plus grande partie du tracé, les câbles seront installés dans une tranchée de béton d'environ 1 mètre de large pour 1,5 mètre de haut. Cette solution permettra de mieux sécuriser les câbles et de séparer les travaux de génie civil de ceux de l'installation de la ligne, afin d'en réduire l'impact paysager.

Chacune des deux lignes souterraines de l'interconnexion sera placée dans une tranchée indépendante. Ainsi, les câbles seront éloignés d'une distance suffisante (près d'un mètre) pour limiter toute influence thermique de l'un sur l'autre. La largeur totale de l'installation sera d'environ trois mètres.

#### Tranchée espagnole



#### Tranchée française\*<sup>1</sup>



La tranchée espagnole sera construite sous des chemins déjà existants, qui seront réhabilités après les travaux et qui auront une largeur approximative de 4 mètres.

\*<sup>1</sup> Bande de terrain de 7 mètres de large, interdite aux végétaux à racines longues afin de permettre une éventuelle intervention technique.

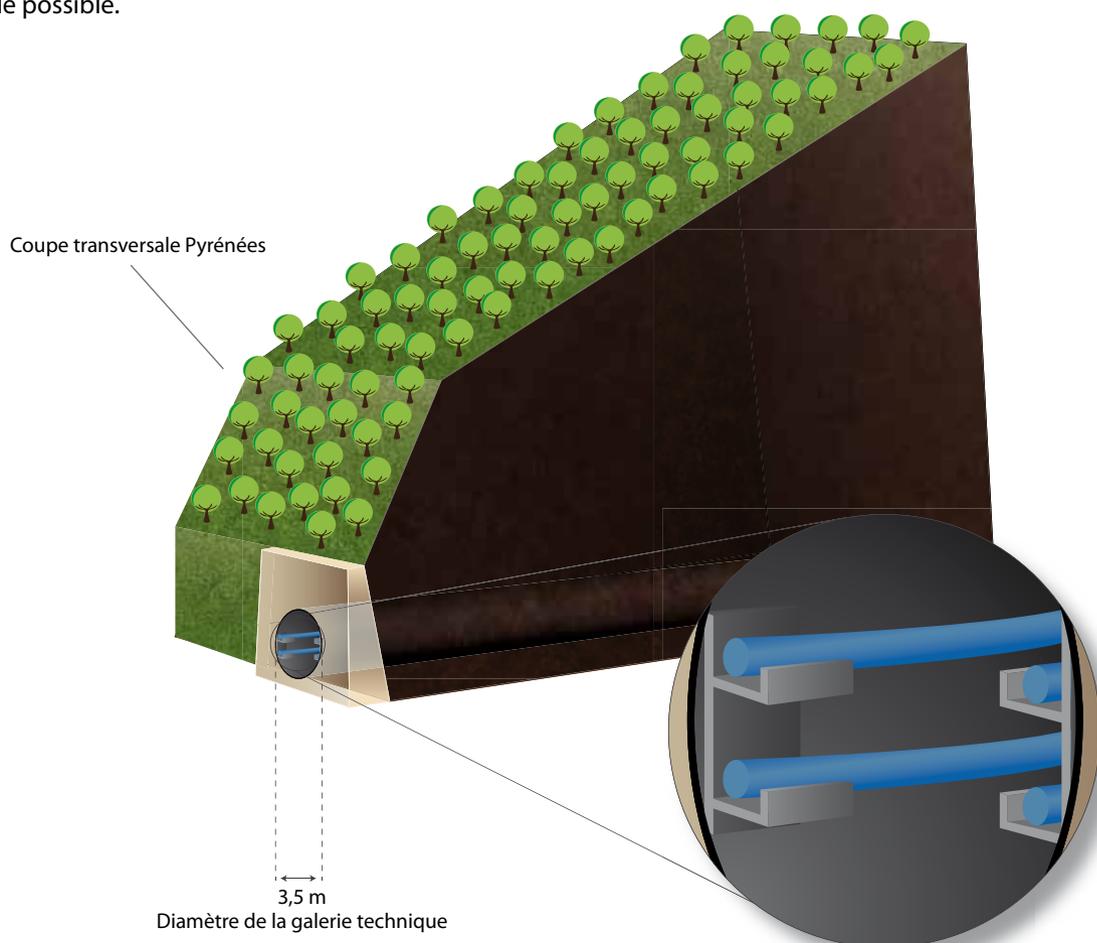
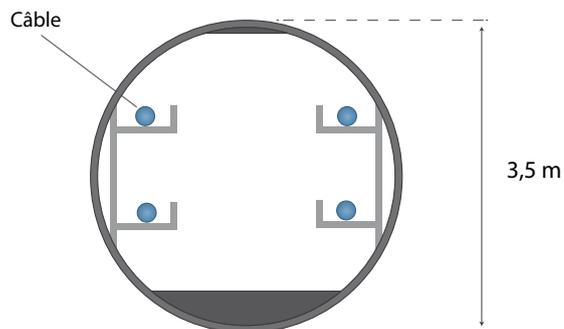
\*<sup>2</sup> Des bornes seront placées au-dessus de la tranchée française pour indiquer l'emplacement de la ligne électrique.

## 4. Galerie technique

Pour traverser les Pyrénées, une galerie technique de 8,5 kilomètres de long et d'un diamètre de 3,5 mètres sera creusée. Elle ne servira qu'à faire passer les câbles de l'interconnexion. Une fois l'installation mise en service, l'accès à la galerie technique sera fermé à toute personne et toute la maintenance sera mécanique.

La galerie technique sera parallèle au tunnel construit pour accueillir la Ligne à Grande Vitesse (LGV). Elle sera orientée nord-sud afin de profiter de la meilleure ventilation naturelle possible.

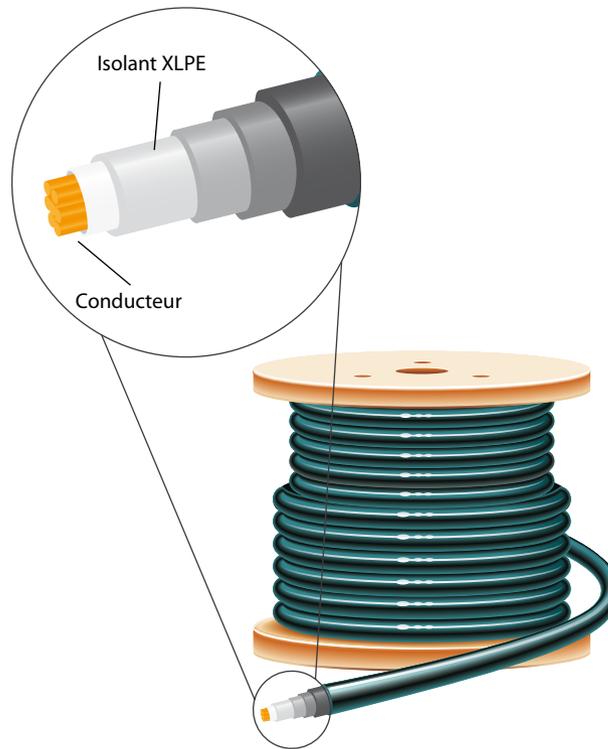
### Coupe galerie technique



## 5. Câbles

Le choix de la technologie de conversion, ainsi que les niveaux de puissance et de tension, conditionnent les caractéristiques du câble. La technologie choisie permet l'utilisation de câbles à isolation sèche (XLPE, polyéthylène réticulé), qui ne contiennent pas d'huile et évitent tout risque d'incident comme des fuites, des incendies, etc.

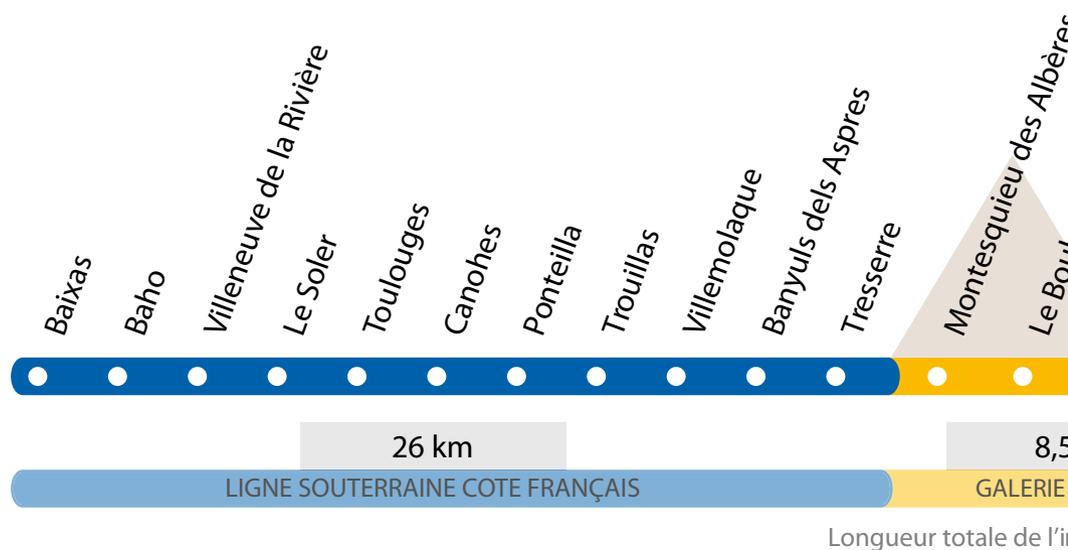
L'interconnexion se compose de deux lignes, chacune formée d'une paire de câbles, soit un total de quatre câbles parallèles. Le transport des câbles se fera par la route, par bobines de 85 tonnes. 144 jonctions devront être réalisées le long du tracé, dont 12 dans la galerie technique.



### Caractéristiques générales du projet d'interconnexion Espagne-France

1	Nature du courant	Continu
2	Technologie	VSC ( <i>voltage source converter</i> - convertisseur de source de tension)
3	Tension nominale	$\pm 320$ kV
4	Capacité d'acheminement	2000 MW ( 2x1000 MW)
5	Nombre de circuits	2 systèmes indépendants
6	Nombre de câbles électriques	4 câbles (2 par ligne)
7	Nombre de câbles en fibre optique	2 de 48 fibres
8	Longueur estimée en Espagne	31 km
9	Longueur estimée en France	33,5 km
10	Longueur totale de la galerie technique	8,5 km
11	Type de câble	XLPE (polyéthylène réticulé)

## Tracé



La nouvelle ligne d'interconnexion électrique entre l'Espagne et la France s'étend sur 64,5 km, dont 33,5 en France et 31 en Espagne. Elle relie les communes de Baixas, dans le Roussillon, et de Santa Llogaia, dans le Haut Ampurdán (Espagne).

La partie centrale de la ligne traverse les Pyrénées par le massif des Albères. Ce tronçon passera dans une galerie technique de 8,5 km

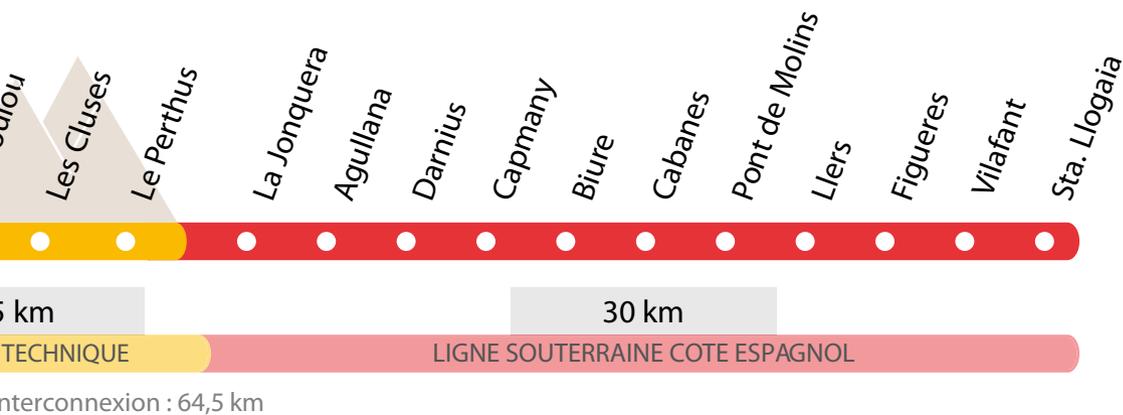
de long, 1 km en Espagne et 7,5 km en France. Le reste de la ligne sera installé dans des tranchées et posé en souterrain.

**France.** Le tracé proposé dans la partie française est le résultat de 15 mois de concertation avec des représentants des autorités et des associations locales. La ligne passe par les municipalités de Baixas, Baho, Villeneuve-la-Rivière, Le Soler, Toulouges,



Vue de Baixas (Roussillon), où sera installée la station de conversion du côté français.

3



Canohès, Ponteilla, Trouillas, Villemolaque, Banyuls dels Aspres, Tresserre et se poursuit en longeant le tracé de la LGV jusqu'à l'entrée de la galerie technique à Montesquieu des Albères. La galerie technique passe ensuite sous les communes du Boulou, Les Cluses et Le Perthus.

**Espagne.** Dans la partie espagnole, la ligne traversera l'Ampurdán par les communes de Santa Llogaia, Vilafant, Figueras, Llers, Pont de Molins, Cabanes, Biure, Capmany, Darnius, Agullana et La Junquera. Le tracé est en grande partie parallèle à l'autoroute AP-7 et au train à grande vitesse.



Vue de Santa Llogaia (province de Gérone), où sera installée la station de conversion du côté espagnol.

### 3

## Environnement

Le projet d'interconnexion électrique entre l'Espagne et la France nécessite l'adoption d'une série de mesures préventives et correctrices afin de réduire au maximum les dommages environnementaux le long du tracé. De plus, la construction de la ligne permettra d'économiser l'émission de 2,3 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an grâce à une meilleure intégration des énergies renouvelables dans le réseau.

Pour définir le tracé de l'interconnexion, Inelfe s'est attachée à éloigner le plus possible la liaison souterraine des zones urbaines densément peuplées, ainsi que des espaces naturels protégés et des milieux forestiers. La nouvelle interconnexion longe dans la mesure du possible les principales infrastructures existantes (autoroute AP-7 et train à grande vitesse).

Pour réduire au maximum l'impact visuel et environnemental de la ligne, plusieurs forages dirigés seront réalisés, permettant de contourner les grands obstacles. Ainsi, la ligne passera sous les routes et les voies ferrées dans les zones impactées par le tracé. Ce système de forages permettra également de

traverser les rivières sans porter atteinte aux cours d'eau et au niveau des eaux.

Inelfe s'est engagée à utiliser les chemins existants pour la construction de la ligne, et à les restaurer une fois les travaux terminés.

**Espagne.** Afin de vérifier le respect des mesures adoptées dans la Déclaration d'Impact Environnemental (DIA en espagnol), un Programme de Surveillance Environnementale a été élaboré et une commission de suivi a été créée, qui regroupe le Département de l'Environnement et la Direction Générale de l'Énergie, des Mines et de la Sécurité Industrielle de la Généralité de Catalogne. Le programme sert aussi à contrôler la restauration des zones affectées et la propreté des travaux.

**France.** Les mesures environnementales prévues en France sont principalement liées à la conservation des cours d'eau existants, à l'intégration paysagère et à la remise en état des terrains après les travaux. Ces actions ont été convenues avec les maires, les associations et les services de l'Etat et sont contrôlées plusieurs fois par an par un Comité de suivi.



Le marais de Boadella, dans la partie espagnole des Pyrénées (province de Gérone).

# À propos d'Inelfe

INELFE (INterconnexion ELectrique France-Espagne) est une société mixte constituée depuis le 1er octobre 2008 à parts égales par les entreprises gestionnaires des réseaux électriques espagnol et français, REE (Red Eléctrica de España) et RTE (Réseau transport d'électricité).

L'objectif de cette société est de mener à bien le projet d'une nouvelle interconnexion

électrique entre les deux pays. Cette liaison entrera en service en 2014, garantissant ainsi une meilleure sécurité du système électrique et la qualité de l'approvisionnement en électricité dans les deux pays.

Inelfe est une société par actions simplifiée régie par la loi française.





Tour Ampere - 34 rue Henri Régnault (92068) Paris - La Defense Cédex  
Tel. +33 (1) 44 45 37 20  
Fax. +33 (1) 44 45 35 32  
[www.inelfe.eu](http://www.inelfe.eu)  
[contact@inelfe.eu](mailto:contact@inelfe.eu)



**Co-financé par l'Union européenne**

Programme énergétique européen pour la relance



Septembre 2011