

23 septembre 2015

# ***Maîtrise de l'urbanisation à proximité des ouvrages du réseau public de transport d'électricité***

***Fiche n° 4***

***Les couloirs de passage  
des lignes aériennes du réseau  
public de transport d'électricité  
et  
comparatif technique  
avec les liaisons souterraines***



PRÉFET  
DE LA RÉGION  
D'ÎLE-DE-FRANCE

## Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
0	06/11/2014	Version initiale
1	30/04/2015	Prise en compte des observations du GT DRIEE - DRIEA
2	03/06/2015	Prise en compte des observations du GT DRIEE – DRIEA
3	23/09/2015	Validation par le Préfet de région

## Rédacteur

<b>Dominique BELLENOUE - DRIEE IDF / SECV / PCSE</b>
Tél. : 01 71 28 45 47 / Fax : 01 71 28 46 03
Courriel : dominique.bellenoue@developpement-durable.gouv.fr

## Sommaire

<b>1 - L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE EN ÎLE-DE-FRANCE.....</b>	<b>3</b>
1.1 - L'alimentation générale : la boucle 400 kV.....	3
1.2 - L'alimentation de la proche banlieue : la boucle 225 kV.....	4
1.3 - L'alimentation de Paris et de la grande banlieue.....	4
1.4 - Le réseau et son environnement.....	5
1.5 - Le réseau stratégique.....	5
<b>2 - LES LIGNES AÉRIENNES À TRÈS HAUTE TENSION.....</b>	<b>6</b>
2.1 - Des couloirs de passage minimisant les impacts.....	6
2.2 - Délimitation de l'emprise d'un couloir.....	7
2.2.1 - La nappe des câbles conducteurs.....	8
2.2.2 - La bande des servitudes.....	8
2.2.3 - La zone d'implantation.....	9
2.3 - La zone de prudence liée aux champs magnétiques.....	9
2.4 - Activités au voisinage des lignes.....	10
2.4.1 - Les nouvelles constructions.....	10
2.4.2 - Voisinage de bâtiments.....	11
2.4.3 - Activités de loisirs et de plein air.....	12
2.4.4 - Traversée de zones boisées.....	13
<b>3 - LES MODIFICATIONS DE LIGNES EXISTANTES.....</b>	<b>13</b>
3.1 - L'évolution programmée du réseau.....	13
3.2 - Les demandes d'enfouissement.....	14
<b>4 - COMPARATIF TECHNIQUE.....</b>	<b>15</b>
4.1 - Analyse multi-critères.....	15
4.2 - Cas d'une liaison mixte.....	16

# 1 - L'alimentation électrique en Île-de-France

La desserte en électricité des besoins socio-économiques de l'Île-de-France a appelé la mise en place d'une structure d'alimentation spécifique.

## 1.1 - L'alimentation générale : la boucle 400 kV

Dans les grandes agglomérations très consommatrices en énergie électrique, la question se pose de transporter au mieux cette énergie vers les points de consommation. En raison de l'importance des puissances à fournir, il est nécessaire de recourir à des ouvrages à très haute tension et ces ouvrages doivent pénétrer à l'intérieur même des zones à desservir.

L'alimentation de l'Île-de-France est assurée depuis une boucle à 400 000 volts, qui a un rôle comparable à la voie francilienne pour la circulation routière : d'une part, elle participe aux grands échanges d'énergie inter-régionaux français, d'autre part, la région parisienne vient y puiser l'énergie dont elle a besoin à partir de grands postes de transformation 400 kV/225 kV.

Ces postes sont au nombre de 11 :

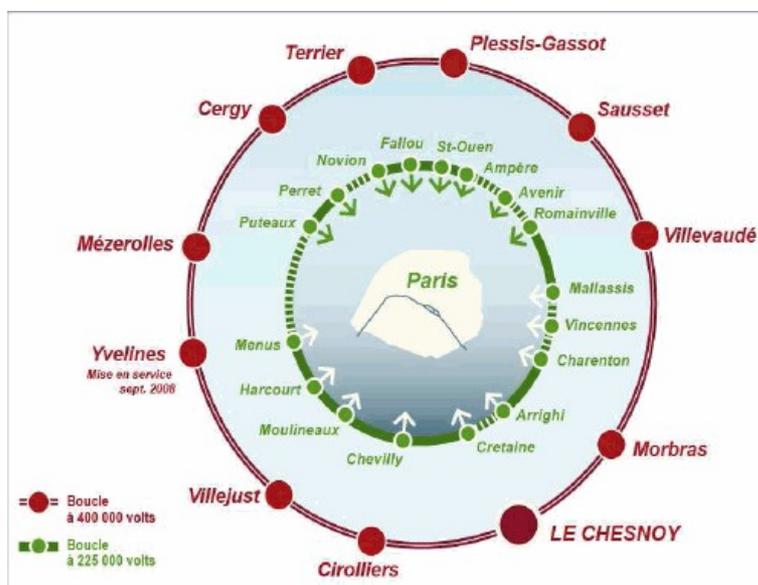
TERRIER au sud de l'Oise,

CERGY (au nord de la ville nouvelle) et PLESSIS GASSOT dans le Val-d'Oise,

MEZEROLLES (à Boinville-en-Mantois) et YVELINES (à Méré) dans les Yvelines,

VILLEJUST et CIROLLIERS (à Saint-Vrain) dans l'Essonne,

CHESNOY (à Vernou-la-Celle-sur-Seine), MORBRAS (à Roissy-en-Brie), VILLEVAUDÉ et SAUSSET (à Mitry-Mory) en Seine-et-Marne.



De ces postes de transformation partent des lignes à 225 000 volts. Elles amènent l'énergie vers des postes de répartition, situés en grande et en proche banlieue. Cette structure en boucle a pour but de garantir la région parisienne contre une coupure généralisée d'alimentation. En effet, chaque poste de transformation 400 kV/225 kV a ainsi plusieurs lignes d'alimentation en 400 kV qui le relient au réseau national. Par ailleurs, la répartition de ces postes 400 kV permet d'éviter une trop grande concentration de puissance sur un même site (poste ou couloir de lignes).

En effet, les incidents affectant un poste 400 000 volts complet ou l'ensemble d'un couloir de lignes 225 000 volts se sont raréfiés, mais restent néanmoins probables. Des avions se sont, par exemple, abattus à proximité d'un poste 400 kV/225 kV ou sur des lignes à très haute tension au cours des vingt dernières années. Dans un tel scénario, seule une partie de la région parisienne serait privée d'énergie et les postes 400 kV/225 kV adjacents seraient alors sollicités pour rétablir l'alimentation.

L'intérieur de la boucle est exploité en « poches électriques » : un ensemble de transformateurs 400/225 kV (généralement 2 ou 3), situé dans un poste alimenté de façon indépendante, via un couloir de lignes, une zone de consommation.

En cas de court-circuit sur un élément du réseau, les autres ouvrages, en parallèle, prennent le relais pour éviter toute coupure. Même si ce court-circuit est mal éliminé, les poches étant indépendantes, il n'y a pas de risque d'extension du défaut à une autre poche : la coupure d'électricité reste ainsi limitée.

Néanmoins, dans de tels cas, pour éviter que la poche en défaut reste privée d'alimentation, il est nécessaire qu'elle ait des liens électriques de secours avec d'autres poches : tel est le rôle, sur le plan de la sécurité d'alimentation de l'Île-de-France, de la seconde boucle électrique à 225 kV.

## **1.2 - L'alimentation de la proche banlieue : la boucle 225 kV**

Cette seconde boucle est située en première couronne et est entièrement souterraine. Elle reçoit l'énergie des couloirs de lignes 225 kV et a pour rôle premier d'assurer la desserte locale en énergie, via des postes de transformation 225 kV/20 kV, ainsi que la répartition de l'énergie vers d'autres postes de transformation 225 kV/20 kV situés dans Paris, à partir de liaisons « radiales » en 225 kV. Le recours à la tension 225 kV a été nécessaire, compte tenu de la densité de consommation trop importante en première couronne et dans Paris (alimentés, à l'origine, à partir de réseaux à 63 kV). Le réseau préexistant à 63 kV a donc été figé et, progressivement, les nouvelles charges ont été alimentées à partir du 225 kV. Toutefois, le réseau à 63 kV conserve encore un rôle important pour l'alimentation de certaines zones et joue également le rôle de secours aux transformations 225 kV/20 kV.

Outre ce rôle d'alimentation principale des consommations de Paris et de la première couronne, cette boucle 225 kV constitue également un secours entre des poches de consommation. Les liaisons situées entre poches sont exploitées « ouvertes » à une extrémité en temps normal. En cas d'incident sur un ouvrage d'alimentation de la poche (transformation 400 kV/225 kV ou couloir 225 kV), qui risquerait d'entraîner une coupure généralisée par la saturation des ouvrages sains de la poche, la liaison de secours permet de reprendre de la charge depuis une autre poche et soulage ainsi le réseau fragilisé.

Grâce à cette structure, des secours peuvent être apportés rapidement par les liaisons adjacentes, permettant ainsi de minimiser le temps de reprise de l'alimentation, indépendamment du temps qui sera nécessaire pour localiser puis réparer l'incident.

## **1.3 - L'alimentation de Paris et de la grande banlieue**

L'alimentation de Paris intra-muros est assurée à partir de postes de transformation 225 kV/20 kV, alimentés par des « radiales » à 225 kV. Il n'existe pas de boucle 225 kV reliant entre eux ces postes de transformation à l'intérieur de Paris. Le rôle de secours est ici assuré directement par le réseau de distribution à 20 kV, dimensionné à cet effet sur trois boucles concentriques.

A l'origine moins peuplée que Paris, la périphérie de la région a une structure d'alimentation moins maillée qu'en première couronne : des postes de transformation reçoivent directement l'énergie d'un ou deux postes 400 kV. Ils assurent les deux fonctions de desserte locale et de répartition vers les réseaux haute tension, essentiellement à 63 kV ou 90 kV. Cette structure d'alimentation ne présente donc aucune spécificité particulière et est identique aux structures que l'on peut trouver en province.

## 1.4 - Le réseau et son environnement

En région parisienne, les lignes 225 kV (construites dans les années 1960 et 1970) sont aériennes le long de la boucle 400 kV et sur les couloirs pénétrants vers l'intérieur. Certaines lignes 225 kV s'approchent de Paris : le couloir partant du poste de Plessis-Gassot arrive à Saint-Denis et à Gennevilliers, le couloir partant du poste de Villejust arrive à Meudon, le couloir partant du poste de Morbras arrive à Vitry-sur-Seine, ...

Les réseaux haute tension (63 ou 90 kV) de la grande banlieue ont souvent été construits avant les années 1970 et sont, eux aussi, très fréquemment aériens.

En revanche, dans Paris et sa proche banlieue, les lignes de la boucle 225 kV intérieure et les liaisons radiales alimentant Paris sont souterraines. En effet, l'urbanisation ancienne, dense, constituée essentiellement d'immeubles hauts et de voies de circulation souvent étroites au regard des critères techniques et de sécurité, n'a jamais permis la construction de réseaux aériens en haute et très haute tension.

La technologie des câbles souterrains a fortement évolué. Aujourd'hui, les câbles sont à isolation synthétique au polyéthylène réticulé. Il reste cependant en exploitation en Île-de-France, 33 câbles à pression externe d'huile, dits câbles oléostatiques. Les avaries sur ces câbles sont constituées, pour l'essentiel, par des fuites d'huile dues à des fatigues localisées de la gaine de plomb, provoquées par des contraintes thermomécaniques, des vibrations ou la corrosion. RTE a donc élaboré un programme spécifique de « relève » de ces câbles oléostatiques. Le remplacement en lieu et place conduirait à se passer d'un ouvrage durant la phase de travaux, donc à dégrader la sûreté du système électrique. La relève consiste à créer une liaison supplémentaire avant de mettre hors service celle présentant des risques d'avaries trop importants. Dans un premier temps, c'est 18 liaisons qui doivent être relevées d'ici à 2025, ce qui représente un linéaire de trois fois 65 kilomètres de câbles à poser.

Avec le développement des autres réseaux (câbles de télécommunication et de distribution d'électricité, conduites d'égouts et d'eau, canalisations de gaz et de chauffage urbain), le sous-sol des trottoirs et des chaussées devient de plus en plus encombré et il est de plus en plus difficile de trouver l'espace nécessaire et adapté pour l'implantation de nouvelles liaisons à très haute tension. En outre, les travaux liés au développement de ces différents réseaux, notamment pour de nouveaux raccordements, accroissent sensiblement le risque d'endommagement des câbles du réseau de transport d'électricité.

En ce qui concerne les postes de transformation, les installations anciennes sont de type extérieur (appelées postes aériens), sauf dans Paris intra-muros où tous les postes sont situés dans des bâtiments. Le développement des techniques modernes d'isolation sous hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) permet désormais de réaliser des postes compacts en bâtiment, baptisés PSEM (poste sous enveloppe métallique), pour les nouvelles installations et pour la reconstruction de postes devenus vétustes.

## 1.5 - Le réseau stratégique

Le Schéma Directeur de la Région Île-de-France a souligné que la sécurisation de l'approvisionnement électrique est essentielle pour répondre aux besoins socio-économiques de la région capitale.

Une ligne aérienne du réseau public de transport d'électricité est considérée comme stratégique dès lors qu'elle assure un rôle indispensable pour la sécurité d'approvisionnement de la région francilienne ou la sûreté du système électrique. Elles sont généralement regroupées dans des couloirs.

Le réseau stratégique est ainsi composé :

- des lignes aériennes transportant des quantités d'énergie importantes sur de longues distances, à savoir, les lignes à 400 000 volts du réseau de Grand Transport et les lignes à 225 000 volts participant au réseau de Grand Transport,
- les lignes aériennes à 225 000 volts dont l'indisponibilité est susceptible d'entraîner une gêne significative pour le bon fonctionnement du système électrique.

Ouvrages du réseau de transport	Linéaire de circuits	Linéaire en files de pylônes
Lignes aériennes stratégiques à 400 kV	1 300 km	960 km
Lignes aériennes stratégiques à 225 kV	1 030 km	870 km
Autres lignes aériennes à 225 kV	870 km	360 km

*Nota 1 : Plusieurs circuits peuvent être regroupés sur une même file de pylônes (voir ci-après)*

*Nota 2 : La longueur des couloirs du réseau stratégique (comprenant les files de pylônes 400 kV et 225 kV stratégiques) est de 1050 km.*

## 2 - Les lignes aériennes à très haute tension

### 2.1 - Des couloirs de passage minimisant les impacts

Le schéma d'alimentation en énergie électrique de la région parisienne a privilégié dès l'origine le regroupement des lignes électriques aériennes à très haute tension dans des couloirs pour notamment en minimiser les impacts.

Une ligne électrique aérienne est constituée d'un ensemble de 3 conducteurs fixés en élévation sur des supports qui peuvent eux-mêmes être regroupés en faisceaux torsadés de conducteurs isolés électriquement les uns par rapport aux autres et mécaniquement solidaires. Les exemples ci-après illustrent la diversité des situations rencontrées.

La ligne à 400 kV Cergy – Terrier n° 1 est constitué de :

- du poste de Cergy au pylône AH 6, un circuit à faisceau double sur support commun avec la ligne Cergy – Terrier n° 2 ;
- du pylône AH 6 au pylône AG 46, un circuit à faisceau double ;
- du pylône AG 46 au pylône AG 68, un circuit à faisceau triple sur support commun avec la ligne Cergy – Terrier n° 2 ;
- du pylône AG 68 au poste de Terrier, un circuit à faisceau triple.

Les lignes à 400 kV Cergy – Terrier n° 1 & 2 constituent, avec la ligne à 225 kV Cergy – Champagne Groupe 2, un couloir de lignes du réseau stratégique.

L'important couloir de passage de lignes à 225 000 volts qui part du poste de PLESSIS GASSOT (95) et qui se sépare au niveau de Villeneuve-la-Garenne en 2 couloirs pour rejoindre le poste de répartition de FALLOU à Gennevilliers (92) et celui de SEINE à Saint-Denis (93) comporte jusqu'à 11 circuits sur 7 files de pylônes et traverse 12 communes.

La question de l'enfouissement des lignes d'un couloir a été écartée dans les années 1970 pour **des raisons économiques** mais également de **qualité du service public** (voir à ce sujet la réponse du ministre chargé de l'énergie à la question n° 15372 posée par le sénateur COLIN le 10 décembre 1974 concernant les lignes à haute tension aériennes sur la commune de CHAMPLAN - réponse publiée au JO du Sénat du 5 mars 1975).

Malgré les avancées technologiques, cette position reste d'actualité et a été **inscrite dans le contrat de service public** signé par RTE le 24 octobre 2005.

Ce contrat, conclu entre l'État et RTE en application de l'article L.121-46 du code de l'énergie, contient notamment des engagements réciproques pour une meilleure insertion des réseaux électriques dans l'environnement. Il fixe en particulier des objectifs en matière de réalisation en technique souterraine des **nouvelles** lignes électriques.

Le contrat de service public comporte plusieurs engagements visant à protéger les paysages, les milieux naturels et urbanisés, à savoir :

- recourir préférentiellement aux liaisons souterraines pour les ouvrages en 225 kV dans les unités urbaines de plus de 50.000 habitants au sens de l'INSEE pour les projets à réaliser **en dehors des tracés existants et des couloirs de lignes**, et pour ceux, situés à l'intérieur de ces derniers, qui conduiraient à un accroissement significatif des impacts,
- ne pas accroître la longueur totale des ouvrages aériens grâce à la dépose d'ouvrages aériens existants sur une longueur équivalente à celle des ouvrages aériens nouveaux et reconstruits,
- **optimiser le réseau** existant pour répondre aux besoins de transit et à l'exigence croissante de sûreté du système électrique,
- **prolonger la durée de vie** des ouvrages existants pour éviter la création de nouveaux ouvrages,
- rechercher les tracés de moindre impact, en particulier par le **regroupement** des infrastructures avec d'autres aménagements dans les **couloirs existants**,
- intervenir **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 qui entraînent une réorganisation du réseau ou dans un cadre conventionnel associant les collectivités.

Il est donc indispensable, pour les besoins du réseau public de transport d'électricité, que l'occupation des sols soit compatible avec les couloirs de passage des lignes aériennes existantes, et ce d'autant plus si elles appartiennent au réseau stratégique.

## 2.2 - Délimitation de l'emprise d'un couloir

En pratique, pour fixer l'emprise d'un couloir de lignes, il est recommandé de définir une bande de terrain dont la largeur englobe l'ensemble des zones détaillées ci-après pour chacune des lignes concernées (largeur des nappes de câbles majorée des distances latérales d'éloignement, emprise des servitudes).

Dans le cas simple d'une seule ligne, la zone d'implantation peut constituer l'enveloppe à l'intérieur de laquelle se situe le couloir de passage de la ligne.

A titre d'exemple, le couloir de lignes entre les postes de Villevaudé et de Morbras, composé de 2 lignes à 400 kV et de 3 lignes à 225 kV installées sur 3 files de pylônes, a été reconstruit en 2001 (travaux déclarés d'utilité publique par arrêté du 13 janvier 1998) aux normes issues du retour d'expérience de la tempête de 1999 avec une augmentation de sa

capacité de transit et surtout une réduction de son emprise au sol (largeur du couloir ramenée de 200 m à 150 m sur la commune de Roissy-en-Brie à la sortie du poste de Sausset).

### 2.2.1 - La nappe des câbles conducteurs

Pour une file de supports donnée, on peut définir la **largeur de nappe** associée comme étant composée d'une bande centrale surplombée en permanence par les nappes de conducteurs au repos et deux bandes de garde latérales dont la largeur tient compte du balancement des conducteurs sous l'effet d'un vent transversal.

L'arrêté du 17 mai 2001 modifié fixe les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les ouvrages et notamment, les distances d'éloignement par rapport aux obstacles. Ces distances sont établies selon plusieurs critères : la nature et la situation des obstacles (arbres, constructions) par rapport aux lignes, le niveau de tension et les caractéristiques géométriques de la ligne, la topographie des lieux et les conditions météorologiques (vent et givre) correspondant à la zone géographique de l'ouvrage.

Ces conditions techniques visent principalement « à éviter que les ouvrages compromettent la sécurité des personnes et des biens » (article 6 du décret n° 2011-1697 du 1<sup>er</sup> décembre 2011 modifié).

Elles permettent de déterminer autour de la nappe de câbles une bande de terrain dans laquelle certaines **conditions** d'utilisation de l'espace doivent être observées pour prendre en compte, d'une part la proximité de conducteurs électriques sous tension et, d'autre part, l'écoulement d'un courant de défaut éventuel par le pied du support.

### 2.2.2 - La bande des servitudes

Les **servitudes** instituées en application de l'article L.323-4 du code de l'énergie, dites « **de construction et d'entretien** » font obligation pour les propriétaires de réserver le libre passage et l'accès aux agents de RTE pour la pose, l'entretien et la surveillance de ses ouvrages.

En pratique, l'emprise des servitudes est matérialisée sur le plan parcellaire figurant en annexe de la convention de servitudes que RTE établit avec chaque propriétaire. Sur cette emprise, figurent l'emplacement des pylônes, la largeur de la nappe des conducteurs, la zone de déboisement, etc. Elle doit par exemple pouvoir permettre l'implantation des installations provisoires nécessaires au remplacement d'un pylône (démontage de l'ancien support, assemblage et levage du nouveau support). Les modalités d'accès sont par ailleurs établies de manière à limiter le plus possible la gêne causée aux propriétés privées.

Les **servitudes pour voisinage** instituées en application de l'article L.323-10 du code de l'énergie visent, selon le rapport d'août 2010 établi conjointement par le conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD) et le conseil général de l'économie, de l'industrie, de l'énergie et des technologies (CGEJET) sur la maîtrise de l'urbanisme autour des lignes de transport d'électricité, à ouvrir la possibilité de lutter contre la pratique consistant à acquérir des terrains situés sous une ligne électrique THT, d'y construire des habitations, puis d'obtenir par contentieux le déplacement de la ligne.

Elles affectent l'utilisation du sol et l'exécution de certains travaux dans un périmètre dépendant de la tension de la ligne : cercles centrés sur l'axe vertical des pylônes et de rayon égal à 30 mètres ou à la hauteur des pylônes si celle-ci est supérieure et bande de 10 mètres de part et d'autre de la nappe de câbles pour les lignes aériennes de tension supérieure à 130 kV et cercles de 40 m et bande de 15 m pour les lignes supérieures à 350 kV (décret n° 2004-835 du 19 août 2004).

Ce périmètre conforte l'idée suivant laquelle ce dispositif vise avant tout à prendre en compte le risque de chute de câbles et d'effondrement de pylônes (cf. question écrite n° 25132 du 11 mai 2000 de Mme Beaudeau, sénatrice du Val-d'Oise).

### 2.2.3 - La zone d'implantation

Le chapitre du code de l'environnement consacré à la sécurité des réseaux définit notamment (cf. son article R.554-1) :

- le **fuseau** d'un tronçon d'ouvrage aérien comme étant le volume contenant le tronçon d'ouvrage déterminé à partir de sa localisation théorique, de ses dimensions, de son tracé et de sa mobilité selon l'environnement dans lequel il est situé.
- la **zone d'implantation** d'un ouvrage linéaire aérien comme étant une zone de largeur constante contenant l'ensemble des points situés à moins de 50 mètres du fuseau de l'ouvrage.

## 2.3 - La zone de prudence liée aux champs magnétiques

Comme suite au rapport d'août 2010 des CGEDD et CGEJET sus-évoqué, la ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie a demandé aux préfets, par instruction du 15 avril 2013, de recommander « *aux collectivités territoriales et aux autorités en charge de la délivrance des permis de construire, d'éviter, dans la mesure du possible, de décider ou d'autoriser l'implantation de **nouveaux** établissements sensibles (hôpitaux, maternités, établissements accueillant des enfants tels que crèches, maternelles, écoles primaires, etc.) dans les zones qui, situées à proximité d'ouvrages THT, HT, lignes aériennes, câbles souterrains et postes de transformation ou jeux de barres, sont exposées à un champ magnétique de plus de 1  $\mu T$*  »

Dans une note du 2 octobre 2013, la Directrice générale de la prévention des risques a indiqué que cette instruction constitue une mesure d'attention et de prudence qui reste proportionnée à l'évaluation des risques sachant que l'association statistique entre les leucémies de l'enfant et les champs magnétiques d'extrêmement basses fréquences ne suffit pas à démontrer un lien de causalité entre les champs et la maladie. Il s'agit d'éviter, dans la mesure du possible et à titre de précaution, d'exposer inutilement de nouvelles populations sensibles.

La DGPR rappelle que l'état actuel des connaissances scientifiques ne permet pas de fonder une éventuelle mesure d'éloignement des bâtiments existants par rapport aux lignes HT et THT.

Cette instruction a par ailleurs été reprise dans un guide pratique sur les champs électromagnétiques d'extrêmement basse fréquence de la Direction générale de la Santé de février 2014.

Des illustrations de niveaux de champs magnétiques sont données en annexe à l'instruction avec l'avertissement suivant : ces valeurs moyennes doivent être examinées avec circonspection et n'être considérées que comme des ordres de grandeur. Les champs magnétiques varient en effet dans de grandes proportions avec l'intensité du courant transporté, la nature des pylônes, la compacité des lignes, l'existence d'autres circuits sur la même ligne de pylônes, la température, etc. Ainsi, la zone de prudence ne peut pas être définie uniquement à partir de la simple connaissance du couloir de passage des lignes aériennes puisqu'elle dépend principalement du transit d'électricité dans ces lignes (qui varie très fortement selon les saisons) mais également de toutes autres sources potentielles d'émission de champs magnétiques (lignes aériennes, câbles souterrains, caténaires, postes de transformation ...).

Il convient de noter que, comme l'a rappelé le Gouvernement dans ses réponses aux questions de Madame TASCA, Sénateur des Yvelines (cf. réponse à la QOSD n° 0245S publiée dans le JO Sénat du 30 janvier 2013) et de Monsieur KALTENBACH, sénateur des Hauts-de-Seine, (cf. réponse à la QOSD n° 0765S publiée dans le JO Sénat du 4 juin 2014), l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) procède à une mise à jour de l'ensemble de l'expertise scientifique sur ce sujet qui pourrait, le cas échéant, conduire à une modification de la réglementation applicable.

En tout état de cause, il est fait obligation à RTE de mesurer et surveiller les champs magnétiques induits par les lignes électriques à très haute tension. Le décret n° 2011-1697 du 1er décembre 2011 et son arrêté d'application du 23 avril 2012 précisent les modalités du dispositif de surveillance et de contrôle des champs magnétiques à mettre en place.

Les plans de contrôle et de surveillance des lignes existantes ont été approuvés le 9 avril 2014 pour les huit départements de l'Île-de-France par la DRIEE. 580 points de mesures ont déjà été effectués au 31 décembre 2014. L'ensemble des résultats comprenant les données brutes enregistrées et les corrections apportées afin de refléter la situation la plus pénalisante susceptible d'être rencontrée en régime normal d'exploitation de la ligne, sera rendu public sur le site internet de l'ANSES.

En conclusion sur ce point, les services de l'Etat veilleront à rappeler la précaution de ne pas implanter d'établissements recevant des personnes sensibles sous ou à proximité immédiate des couloirs de passage des lignes à très haute tension.

## **2.4 - Activités au voisinage des lignes**

### **2.4.1 - Les nouvelles constructions**

La construction de bâtiments et plus généralement l'exécution de travaux du BTP à proximité d'une ligne THT sont aujourd'hui strictement encadrées, avec un double objectif : d'une part, la protection des salariés et d'autre part, la préservation des lignes.

#### *1. Code du travail*

Les dispositions fixées aux articles R.4534-107 et suivants du code du travail s'appliquent lors de l'exécution de travaux au voisinage de lignes électriques. Sont visés tous les travaux du BTP, même à titre occasionnel : terrassement, construction, installation, démolition, entretien, réfection, nettoyage et toutes opérations annexes portant sur des immeubles.

L'employeur doit s'assurer qu'au cours de l'exécution des travaux les travailleurs ne sont pas susceptibles de s'approcher ou d'approcher les outils, appareils ou engins qu'ils utilisent, ou une partie quelconque des matériels et matériaux qu'ils manutentionnent, à une distance dangereuse des pièces conductrices nues normalement sous tension. La distance minimale à respecter est de 5 m pour les lignes à très haute tension.

En application des principes généraux de prévention, l'employeur ne peut accomplir les travaux qu'après la mise hors tension de la ligne électrique, à moins que RTE n'ait fait connaître par écrit qu'il ne peut, pour une raison qu'il juge impérieuse [ce qui est le cas pour les lignes stratégiques], procéder à la mise hors tension. Dans ce cas, les mesures de sécurité à prendre doivent être arrêtées, au moyen d'une consigne, avant le début des travaux.

La consigne prévue par l'article R.4534-125 du code du travail doit préciser les mesures à prendre pour mettre la ligne hors d'atteinte des travailleurs, notamment celles énumérées à l'article R.4534-121 (mise en place d'obstacles efficaces ou délimitation de la zone de travail, dans tous les plans possibles, par une signalisation très visible).

## 2. Réforme anti-endommagement

Il s'agit de la réforme issue de la loi du 12 juillet 2010 visant à renforcer la prévention des endommagements des réseaux lors de travaux effectués à proximité de ces ouvrages, et à prévenir les conséquences qui pourraient en résulter pour la sécurité des personnes et des biens, pour la protection de l'environnement ou pour la continuité de fonctionnement de ces ouvrages.

Cette réglementation opérationnelle depuis juillet 2013 impose de mettre en œuvre des mesures techniques et organisationnelles permettant de prévenir tout endommagement des réseaux (<http://www.reseaux-et-canalisation.ineris.fr/>). En cas de non respect, sont prévues une suspension des travaux et des sanctions pénales et administratives.

Les lignes THT entrent dans la catégorie des « **ouvrages sensibles pour la sécurité** » au sens de l'article L.554-1 du code de l'environnement, en raison de la gravité des conséquences qui pourraient résulter de leur endommagement, liée aux missions de service public que ces ouvrages permettent de remplir.

Tout maître d'ouvrage doit **vérifier la compatibilité** de son projet de travaux avec les lignes existantes dès la phase d'élaboration du projet.

En sont dispensés les travaux suffisamment éloignés, à savoir :

- les travaux dont l'emprise ne s'approche pas à moins de 5 m du fuseau (volume de la ligne), en projection horizontale, si les travaux ne sont pas soumis à permis de construire ;
- les travaux dont l'emprise est située intégralement à l'extérieur de la zone d'implantation de la ligne, si les travaux sont soumis à permis de construire.

En résumé, tous les travaux de construction dont l'emprise empiète sur la bande de 50 mètres de part et d'autre du fuseau sont conditionnées par la réalisation des formalités prévues par les articles R.554-21 et R.554-25 du code de l'environnement au moyen de l'imprimé CERFA n° 14434\*02 et par la prise en compte effective des exigences formulées par RTE. Si les travaux sont soumis à permis de construire, la délivrance de celui-ci devrait en faire expressément la réserve, en application de l'article R.424-6 du code de l'urbanisme.

### 2.4.2 - Voisinage de bâtiments

Les distances d'éloignement fixées par l'arrêté du 17 mai 2001 s'appliquent aux constructions au sol dépassant 3 mètres de hauteur ou aux parties saillantes de bâtiments **normalement accessibles** à des personnes.

Cette dernière condition n'est pas toujours respectée lors d'interventions ultérieures. Il peut s'agir par exemple de la pose d'une antenne, de la réparation de la ventilation d'un bâtiment, de l'entretien des façades et toitures, etc.

S'il existe bien le dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (cf. article L.4532-16 du code du travail) dont l'objectif est de faire concevoir un ouvrage de façon à faciliter la prévention des risques professionnels lors d'interventions ultérieures d'entretien, de maintenance ou de réparation, celui-ci n'est pas exigé pour les opérations de bâtiment ou de génie civil

entreprises par un particulier pour son usage personnel. Il serait donc nécessaire, dans ce cas, d'intégrer le plus en amont possible, notamment lors de la délivrance du permis de construire, une marge de sécurité supplémentaire à la distance d'éloignement indiquée par RTE.

Les servitudes pour voisinage sus-évoquées (cf. § 2.2) affectent l'utilisation du sol et l'exécution de certains travaux dans un périmètre dépendant de la tension de la ligne. Ce dispositif est, à lui seul, insuffisant pour la préservation du réseau stratégique. En effet, ces servitudes ont une portée réduite puisqu'elles ne comportent que la limitation ou l'interdiction du droit d'implanter des bâtiments à usage d'habitation, des aires d'accueil des gens du voyage et de certains établissements recevant du public. En outre, elles ne peuvent pas faire obstacle aux travaux d'adaptation, de réfection ou d'extension de constructions existantes édifiées en conformité avec les dispositions législatives et réglementaires en vigueur avant leur institution.

L'incendie d'un entrepôt de la Seine-Saint-Denis en mars 2012 implanté au droit de plusieurs lignes à 225 kV a souligné la fragilité du réseau stratégique face à ce type d'aléa. La chute des câbles fondus sous l'intensité de l'incendie a engendré des dégâts significatifs (toitures de pavillons endommagées ; trafic ferroviaire perturbé durant 36 heures). Les répercussions en termes de coupure électrique auraient pu être de très grande ampleur si les conditions météorologiques avaient été plus sévères. La perte de 2 lignes a entraîné une situation dégradée durant toute la phase de réparation qui s'est avérée longue et délicate compte tenu du contexte urbain, fragilisant la sûreté du système électrique.

Il est à noter que seuls certains entrepôts doivent respecter des distances d'isolement minimales vis-à-vis des installations et constructions situées dans leur environnement pour tenir compte des effets thermiques en cas d'incendie, conformément à l'arrêté du 5 août 2002 relatif à la prévention des sinistres dans les entrepôts couverts soumis à autorisation sous la rubrique n° 1510 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

Dans la mesure où les bâtiments destinés à recevoir des travailleurs doivent être conçus et réalisés de manière à permettre, en cas de sinistre, l'accès de l'extérieur et l'intervention des services de secours et de lutte contre l'incendie (article R.4216-2 du code du travail), il est nécessaire d'examiner plus particulièrement, pour les bâtiments situés à proximité immédiate ou sous une ligne THT, leurs conditions d'accès et les modalités d'intervention des secours. En effet, le risque électrique lors d'une intervention est accru du fait du manque de visibilité (fumées ou nuit) et du port d'équipements spéciaux (appareils respiratoires).

### **2.4.3 - Activités de loisirs et de plein air**

En préambule, il est rappelé que certaines installations d'équipement sportif doivent être assimilées à des bâtiments (installations de saut à la perche, plongeoirs, etc.).

Le voisinage d'une ligne avec une aire d'équipement sportif peut être soumis à des restrictions. Ainsi, aucun support ne doit être implanté près d'une piscine en plein air. De même, les supports ne doivent pas être implantés à l'intérieur des installations. Si, exceptionnellement, cette dernière condition ne peut être remplie, toute disposition doit être prise pour que les abords des supports implantés à l'intérieur soient rendus inaccessibles (cf. article 71 de l'arrêté du 17 mai 2001). Le surplomb de terrains d'éducation physique et sportive ou de terrains de jeux d'équipe et d'athlétisme n'est pas souhaitable, sauf à imposer des distances minimales plus importantes ou à restreindre les modes d'utilisation.

Certains loisirs (aviation de tourisme, vols en ULM, vols en montgolfière, vols en parapente et deltaplane, jeux de cerfs-volants, activités nautiques à voile, pêche, etc.) se pratiquent parfois à proximité de lignes électriques. Des campagnes de sensibilisation au risque et de conseils de sécurité à respecter à proximité des lignes électriques sont organisées à l'attention des pratiquants de ces sports et loisirs (sousleslignes-prudence.com).

Dès lors que ces aires sont aménagées par une commune, il lui appartient d'avertir les usagers des risques liés à la présence d'une ligne à haute tension, même à hauteur réglementaire. En effet, l'article L.2212-2 du CGCT impose aux maires de prévenir les accidents par des précautions convenables. En ne prenant aucune mesure, le maire commettrait une faute de nature à engager la responsabilité de la commune (Conseil d'État, 5/3 SSR, du 2 décembre 1987, requête n° 59387).

#### **2.4.4 - Traversée de zones boisées**

Le passage d'une ligne aérienne en forêt crée une tranchée forestière pour permettre à la fois de faciliter la maintenance de la ligne et d'éviter tout contact avec la végétation.

L'ouverture d'une tranchée nécessite le déboisement sur une largeur variable selon la tension de la ligne et les essences composant la zone forestière traversée. La tranchée n'interdit pas, pour autant, toute plantation ou culture, à la condition que celle-ci maintienne en toutes circonstances les distances de sécurité avec la ligne aérienne.

La non-maîtrise de la végétation au voisinage de la ligne peut conduire à un phénomène d'amorçage direct et la chute d'arbre ou de branches sur les câbles conducteurs peut occasionner des courts-circuits ou des avaries. Les conséquences sont le risque électrique, le risque d'incendie, la perte électrique de l'ouvrage voire la destruction physique de composants de la ligne.

Enfin, le passage d'un ouvrage du réseau de transport d'électricité est incompatible, compte tenu des servitudes qu'il entraîne, avec le classement des terrains comme espaces boisés à protéger au titre de l'article L.130-1 du code de l'urbanisme.

### **3 - Les modifications de lignes existantes**

#### **3.1 - L'évolution programmée du réseau**

RTE a l'obligation de développer et de renouveler le réseau public de transport (RPT) afin d'assurer à tout instant l'équilibre des flux d'électricité sur le réseau ainsi que la sécurité, la sûreté et l'efficacité de ce réseau, en tenant compte des contraintes techniques pesant sur celui-ci (article L.321-10 du code de l'énergie).

RTE élabore à cet effet, chaque année, un schéma décennal de développement du réseau (cf. article L.321-6 du code de l'énergie). Ce schéma est soumis, à intervalle maximal de quatre ans, à approbation du ministre chargé de l'énergie, après avis de la Commission de régulation de l'énergie.

En application du cahier des charges de la concession du réseau de transport, RTE doit néanmoins évaluer, par la suite, pour chaque projet de développement et de renouvellement, l'opportunité des travaux à engager et justifier, auprès du ministre chargé de l'énergie (DGEC) ou du préfet (DRIEE), le choix du projet proposé parmi différentes solutions techniques étudiés. Il précise dans quelle mesure le projet proposé s'intègre au dernier schéma de développement approuvé par le ministre chargé de l'énergie. La mise en œuvre de ces phases en amont des procédures réglementaires est précisée par une circulaire du 9 septembre 2002.

En tout état de cause, RTE établit à ses frais tous les ouvrages du réseau public de transport de l'électricité, à l'exception des ouvrages de raccordement direct de nouveaux clients pour des installations de production ou de consommation de forte puissance, dont les modalités de financement sont définies par ailleurs.

Ces investissements sont répercutés sur la facture de l'électricité, via le tarif d'utilisation du réseau public de transport d'électricité (TURPE), fixé par décision ministérielle, sur proposition de la Commission de régulation de l'énergie. Il est calculé de manière transparente et non-discriminatoire, afin de couvrir l'ensemble des coûts supportés par RTE pour exploiter, entretenir et développer le réseau de transport, dans le respect de la sécurité et de la qualité du système électrique « dans la mesure où ces coûts correspondent à ceux d'un **gestionnaire de réseau efficace** » (article L.341-2 du code de l'énergie).

### 3.2 - Les demandes d'enfouissement

Le dispositif de l'article L.321-8 du code de l'énergie qui a été introduit par l'article 8 de la loi n° 2010-1488 du 7 décembre 2010 (loi NOME) prévoit que, à la demande de collectivités territoriales, RTE **peut** participer au financement de la mise en souterrain des ouvrages existants dont il a la charge, pour des motifs liés au développement économique local ou à la protection de l'environnement.

La participation de RTE doit alors faire l'objet d'une convention avec les collectivités territoriales concernées et sa contribution financière est fixée conformément aux critères et barème de l'arrêté du 31 mars 2013.

Cet encadrement était attendu pour faciliter, dans un nombre de cas limités (afin de ne pas renchérir démesurément les investissements à la charge de RTE, répercutés sur les tarifs de l'électricité), des opérations ponctuelles sur des ouvrages à haute tension (63 ou 90 kV), pour lesquels les coûts de mise en souterrain restent acceptables, afin d'améliorer leur insertion environnementale ou de faciliter l'émergence de projets de développement économique à proximité.

Dès lors que ce dispositif serait envisagé pour une ligne à très haute tension, une analyse préalable s'avérerait nécessaire à l'échelle de la région Île-de-France. Cette analyse doit considérer en premier lieu les contraintes techniques afin de garantir le bon fonctionnement du réseau électrique et la sûreté de l'approvisionnement, mais au-delà, prendre en compte les enjeux d'équilibre entre les territoires, conformes aux objectifs du SDRIF, au regard du coût élevé de ces opérations et de l'inégale capacité des collectivités à le supporter.

Aussi, la participation de RTE au financement de ces opérations ne peut s'envisager qu'après accord du Ministre chargé de l'énergie, et de façon limitée, afin de ne pas générer de dépenses exorbitantes qui se trouveraient répercutées sur le tarif de l'électricité.

Les demandes de mise en souterrain des lignes à 225 kV formulées par les collectivités ne peuvent donc être étudiées qu'au cas par cas, suivant une analyse intégrant le contexte local mais également ces enjeux régionaux, et la nécessité de prioriser et phaser ces opérations.

Par ailleurs, au regard de la jurisprudence, la mise en souterrain d'une ligne ne peut légalement être déclarée d'utilité publique que si les atteintes à la propriété privée, le coût financier et éventuellement les inconvénients d'ordre social ou l'atteinte à d'autres intérêts publics qu'elle comporte ne sont pas excessifs eu égard à l'intérêt qu'elle présente. Il convient donc d'examiner attentivement si la mise en souterrain envisagée est susceptible d'affecter des propriétés privées qui ne sont pas déjà grevées de servitudes par la DUP initiale. Dans l'affirmative, il sera nécessaire de recourir à une nouvelle DUP pour travaux pour y instaurer les servitudes (cf. article L.323-3 du code de l'énergie). La DUP pour les lignes THT relève d'une décision ministérielle (ministres en charge de l'énergie et de l'urbanisme).

De même, si la mise en souterrain n'est pas compatible avec le document d'urbanisme, la DUP devra emporter mise en compatibilité de ce PLU dans les formes prévues par l'article L.123-14 du code de l'urbanisme.

La solidité juridique d'une DUP pour un projet de mise en souterrain partielle d'une ligne en exploitation ayant déjà fait l'objet d'une DUP doit être évaluée par les services ministériels.

## 4 - Comparatif technique

### 4.1 - Analyse multi-critères

Ligne aérienne	Liaison souterraine
<i>Construction</i>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- évolution ultérieure des caractéristiques de l'ouvrage relativement aisée (changement de câbles, changement du niveau de tension, déplacement ou surélévation d'un support, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- caractéristiques de l'ouvrage quasiment immuables.</li> <li>- rôle majeur de l'environnement thermique (température du sol, autres ouvrages à proximité, mode et profondeur de pose) pour déterminer le transit admissible.</li> <li>- Mise en œuvre de techniques spécifiques (fonçage ou forage dirigé) pour la traversée d'obstacles ponctuels (route à grande circulation, voies ferrées, rivières).</li> <li>- confection de jonctions entre tronçons de câbles à effectuer très rigoureusement pour ne pas créer de point potentiel de fragilité.</li> <li>- effet capacitif à compenser en insérant une inductance (ou réactance) dans le circuit s'il génère trop de courant réactif.</li> </ul>
<i>Sécurité des personnes et des biens</i>	
<p>Risques de chute de câbles ou d'effondrement de pylônes.</p> <p>Nota : Le programme de sécurisation mécanique des lignes mené après les tempêtes de 1999 vise notamment à maîtriser le risque de chute au voisinage de zones d'habitation.</p>	<p>Agressions externes par des travaux à proximité de l'ouvrage électrique</p> <p>Nota : La réforme anti-endommagement vise à prévenir ces incidents en s'assurant que la compatibilité des travaux envisagés avec les réseaux existants soit toujours vérifiée avant leur exécution.</p>
<i>Contraintes d'exploitation</i>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- surveillance impérative (usure, corrosion) et opérations de maintenance (peinture).</li> <li>- gestion des défauts « fugitifs » causés par la foudre ou le vent.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- recherche des défauts (gaine abîmée, isolation endommagée) puis leur localisation pour éviter les pannes.</li> <li>- en cas d'avarie sur des câbles dont la technologie est désormais obsolète (câbles oléostatiques), la seule solution possible est l'anticipation de la relève totale de la liaison.</li> </ul>

Ligne aérienne	Liaison souterraine
<i>Contraintes environnementales</i>	
Impact visuel de la ligne, qui peut être atténué, par exemple, en mutualisant la construction de la ligne avec d'autres structures linéaires (routes, voies ferrées), en minimisant la hauteur des supports, en exploitant les reliefs du terrain, en regroupant les ouvrages dans un même couloir, etc.	impact visuel important en zone forestière (avec l'impossibilité d'avoir des plantations à racines profondes sur une bande d'au moins 2 mètres de chaque côté de la liaison).
<i>Sensibilité aux aléas climatiques</i>	
Événements climatiques exceptionnels. Nota : afin de mieux résister aux tempêtes et aux vents violents, un programme de sécurisation mécanique a été engagé pour renforcer le réseau. Initiés dès 2002 et pour une durée de 15 ans, ces travaux sont d'ores et déjà achevés en Île-de-France. L'efficacité des travaux engagés a été confirmée lors de la tempête Klaus de janvier 2009.	Glissements de terrain et inondations
<i>Restrictions d'usage des sols</i>	
Servitudes I4	En sus des servitudes I4, besoin d'une inconstructibilité au droit de la liaison pour assurer son intangibilité.
<i>Fin de vie des ouvrages</i>	
Le démontage d'une ligne aérienne obsolète est relativement aisé, y compris en zone urbaine.	Après arrêt définitif d'exploitation, les ouvrages restent en place, induisant un encombrement du sous-sol croissant, surtout en zone urbaine. Une réutilisation des gaines est parfois possible par retrofitting ou par d'autres concessionnaires.

## 4.2 - Cas d'une liaison mixte

Il est assez rare qu'une liaison de grande longueur soit complètement souterraine. Elle est généralement de type mixte (aéro-souterrain). Le tronçon souterrain est alors relié à la ligne par l'intermédiaire d'un pylône aérosouterrain. Ce support assurant la transition aérien - souterrain induit un impact visuel additionnel sur le paysage.

Par ailleurs, il est nécessaire de prévoir un dispositif de protection spécifique du câble contre les défauts d'isolement. Ce système de protection ne doit pas interférer avec celui propre à la partie aérienne. De plus, une étude spécifique est à réaliser pour la création d'un « siphon » (tronçon souterrain inséré dans une ligne aérienne) car elle génère des contraintes techniques qui peuvent obérer toute opération de même nature sur un autre tronçon de la ligne.

**Direction régionale et interdépartementale  
de l'environnement et de l'énergie  
d'Île-de-France**

10 rue Crillon  
75194 Paris cedex 04  
Tél : + 33 01 71 28 45 00

