



Réseau de transport d'électricité

**RECONSTRUCTION DE LA LIGNE AERIENNE 400 000 VOLTS
ENTRE LES POSTES ELECTRIQUES
DE AVELIN ET DE GAVRELLE**

**IMPACT DES LIGNES T.H.T. 400 kV SUR LE MILIEU NATUREL
INSTALLATION EN SOUTERRAIN
IMPACTS SUR LES SOLS**



Réseau de transport d'électricité

**RECONSTRUCTION DE LA LIGNE AERIENNE 400 000 VOLTS
ENTRE LES POSTES ELECTRIQUES
DE AVELIN ET DE GAVRELLE**

**IMPACT DES LIGNES T.H.T. 400 kV SUR LE MILIEU NATUREL
INSTALLATION EN SOUTERRAIN
IMPACTS SUR LES SOLS**

Par

François-Xavier MASSON

Docteur ès Sciences option géologie-pédologie

Ancien Professeur associé à l'Université d'Artois et chargé
de cours à l'Université de Lille I

Ancien Expert « sols » du Ministère de l'Agriculture pour
le Nord-Ouest de la France

Membre de l'AMBE

AMBE – Août 2014

Cette étude constitue un complément à l'étude d'impact sur le milieu naturel. Les impacts sur les sols et sur l'hydrologie de surface sont spécifiques des travaux de mise en souterrain d'une ligne électrique

Les sols sont des formations naturelles situées à l'interface du monde minéral (formations géologiques) et du monde vivant. Ils sont le siège de phénomènes de circulation d'air, d'eau et d'éléments chimiques. Ils sont le support d'activités humaines (rurales ou urbaines) ou de zones naturelles, lieu de développement des végétaux et des animaux sauvages. L'implantation d'ouvrages linéaires enterrés de grande dimension (lignes électriques) détermine, des perturbations qui modifient le comportement de ce milieu.

I - LE SOL: MILIEU NATUREL INFLUENCE PAR L'HOMME

Le sol comprend plusieurs couches distinctes de matériaux appelés horizons, ayant pour origine les dépôts géologiques, leur altération et leur évolution. Les sols comprennent le plus souvent un **horizon superficiel humifère**, enrichi en matières organiques par les débris de la végétation, puis **différents horizons distincts** (horizons de lessivage ou d'accumulation).

Parmi les facteurs influençant l'évolution des sols, l'eau constitue le facteur principal, par lessivage, remontée capillaire, ou engorgement provoquant l'asphyxie du sol. Le sol est colonisé par les plantes (racines) ou les animaux du sol qui ont besoin d'air et d'eau pour survivre. Il peut être l'objet de tassements, subir des phénomènes d'érosion, de dessèchement, etc. C'est un milieu structuré, avec la formation d'agrégats (mottes) où sont liées les particules de sable de limon et d'argile. A l'interface des agrégats existent des espaces ou lacunes par où peuvent circuler l'air, l'eau, les racines et les animaux du sol.

La pose d'ouvrages linéaires enterrés entraîne toute une série de **modifications plus ou moins importantes** qu'il sera parfois difficile de compenser. Ces perturbations affecteront certains caractères du sol ainsi que son organisation générale.

II- PRINCIPALES MODIFICATIONS DU SOL DUES AUX TRAVAUX DE CONSTRUCTIONS DES LIGNES ENTERREES

La pose des ouvrages enterrés aura une influence, sur le site de la tranchée ainsi que sur les zones environnantes où rouleront les engins affectés aux travaux.

La préparation du site et le creusement de la tranchée entraîneront la désorganisation des horizons du sol et éventuellement leur mélange irréversible.

1. Préparation du site et la destruction partielle ou totale de la végétation naturelle ou cultivée

Qu'elle soit naturelle ou cultivée, la végétation devra momentanément être enlevée ou sera très fortement diminuée. Elle assure à la fois la protection superficielle des sols et le maintien de leur réserve en matière organique. Les résidus végétaux en se décomposant contribuent à la formation des réserves humiques et minérales utiles à l'alimentation des plantes et de la faune. **L'humus favorise la stabilité de la structure du sol et donc la pénétration des racines, le passage de la faune et la circulation de l'eau.** Il participe de ce fait au drainage naturel du sol et limite ainsi le ruissellement.

2. Creusement de la tranchée et la désorganisation des couches du sol

Le creusement de la tranchée, s'il n'est pas organisé, peut entraîner le mélange irréversible des différentes couches des sols. **Les terres devront donc être déblayées et entreposées, couche par couche, afin de permettre la réorganisation ultérieure des sols.** Ceci suppose la réalisation préalable d'une étude de sol.

3. Tassement du sol

La création d'une tranchée importante est nécessaire à l'enfouissement des lignes électriques. La mise en œuvre du chantier, le creusement et le rebouchage de la tranchée par les engins de pose entraînent **des effets de tassement sur les sols.** Ce tassement peut intervenir éventuellement sur le fond de la tranchée et sur l'ensemble du périmètre du chantier où rouleront les engins.

La pression au sol exercée par les pneus ou les chenilles est importante pour le tassement superficiel (20 à 30 cm de profondeur), le poids total des engins est déterminant pour le tassement profond (jusqu'à 80 cm et plus).

Ce tassement entraîne une diminution de la porosité du sol et provoque son asphyxie. Il implique une diminution de la croissance de la végétation naturelle ou cultivée dans les zones tassées. En effet, les racines des plantes ne peuvent pénétrer dans le sol pour des raisons mécaniques ou ne peuvent respirer. Le tassement diminue les espaces entre les agrégats, et par voie de conséquence imperméabilise le sol. Il empêche donc le drainage du sol et contribue à son engorgement et à son asphyxie en période humide.

L'importance du tassement est fonction de la nature du sol (les sables, ou encore les matériaux limoneux et argileux très riches en calcium résistent mieux, à l'inverse les limons et les argiles pauvres en calcium sont plus sensibles), de l'humidité du sol, du poids des engins, de la pression au sol et du nombre de passages.

4. Foisonnement des terres de remblais et l'augmentation de la porosité dans la tranchée

Le creusement de la tranchée et son remblaiement ultérieur induisent des modifications du sol dont la principale est **l'augmentation de la porosité**. Il s'agit donc d'une augmentation des espaces libres (macroporosité) où s'accumule et circule l'eau gravitaire, encore appelée eau de drainage. Outre la circulation de l'eau gravitaire éventuellement en excès dans le sol, ils facilitent encore le passage des racines et améliorent l'aération du sol.

Le foisonnement détermine parfois un excédent de terre, tel qu'il provoque éventuellement la formation d'un bombement durable dans la parcelle pénalisant pour l'agriculteur (exemple des terrains à substrat argileux peu profond).

5. Engorgement du sol

Le fonctionnement hydrique du sol sera modifié: plusieurs cas peuvent intervenir en fonction de la nature et de la perméabilité du sol (jusqu'au fond de la tranchée) et du sous-sol (sous la tranchée).

La tranchée, en raison de l'augmentation de la porosité, peut emmagasiner, pendant les précipitations, une plus grande quantité d'eau que le sol voisin :

- si le sous-sol est **perméable** en profondeur, le surplus d'eau éventuellement emmagasiné dans la tranchée est drainé naturellement et **les effets sur le sol restent limités** :
- si le sol et le sous-sol sont **imperméables** ou ne permettent qu'un drainage imparfait, **la tranchée peut être engorgée**. L'eau se met à circuler dans le sens descendant de la pente.

Elle s'écoule dans la tranchée comme dans un drain vers les fonds de talwegs créant ainsi artificiellement en ces lieux des mouillères.

Il sera parfois nécessaire de **compléter l'aménagement par des drains enterrés** envoyant l'excès d'eau vers le réseau hydraulique (fossé, rivière). Les drains doivent être posés dans le sol à une cote inférieure à celle du rabattement désiré. Ce système doit être posé latéralement à la tranchée, de part et d'autre, à une distance d'environ 2 m (écartement des chenilles des engins de pose).

Dans les fonds de talweg des secteurs peu perméable, l'eau pourra s'accumuler et il sera nécessaire de compléter les drains par un système de captage évacuant l'eau accumulée dans la tranchée.

6. Diminution de la réserve en eau utile pour les plantes

La réserve en eau du sol dépend de l'épaisseur des horizons occupés par les racines des plantes. Elle est aussi liée à la microporosité et à la présence de matériaux fins et colloïdaux pouvant retenir l'eau utile pour les plantes. Les argiles, les limons, l'humus sont favorables à la rétention de l'eau pour les plantes, par contre les sables et les cailloutis n'auront qu'une réserve infime, souvent insuffisante. Ils seront considérés comme des niveaux stériles. La réserve en eau du sol pourra donc être diminuée ou modifiée par mélange d'horizons stériles: sableux, rocheux aux horizons fertiles: limoneux, argileux, humifères. Il en découle une diminution globale de la fertilité du sol au droit de la tranchée. Dans ce cas, il serait donc prudent de **reconstituer le sol couche par couche si l'on désire maintenir l'équilibre antérieur.**

7. Accélération de l'érosion

Dans les zones sensibles à l'érosion, les eaux de ruissellement peuvent recouper et ensuite suivre le linéaire de la tranchée en raison de légères dénivellations de surface liées aux travaux. L'érosion peut ensuite découvrir les ouvrages, ou diminuer dangereusement l'épaisseur de la terre au-dessus de l'aménagement.

L'absence de végétation en zone meuble limoneuse peut agir comme une contrainte dans la mesure où elle maintient une situation **favorable au colmatage superficiel du sol et accélère le ruissellement.** Afin de favoriser l'infiltration et de ralentir les eaux, il est nécessaire d'établir une couverture végétale herbacée de type graminée en veillant à utiliser des espèces dont l'enracinement est adapté. Eventuellement cet engazonnement peut être entretenu par

fauchage. On peut prévoir comme dans les chemins forestiers un **minimum d'aménagements** de façon à capter les eaux et les dévier en dehors de la zone sensible.

III - LES TRAVAUX DE REMISE EN PLACE DES HORIZONS DU SOL

Les travaux de réhabilitation des sols nécessitent **une bonne connaissance de leur fonctionnement et des équilibres vis à vis de la faune et de la flore**. Pour les terrains naturels, les travaux de remise en place des horizons devront être réalisés couche par couche, et en bandes successives, afin d'éviter les tassements, susceptibles d'imperméabiliser le sol.

Pour les terrains cultivés, on pourra se rapprocher du modèle d'un terrain optimal pour le système de culture envisagé. Dans la région du Nord, le système betterave céréales, nécessite une réserve en eau correspondant à une épaisseur d'un mètre de terre fine (limoneuse ou limono-argileuse) sous le labour. Dans certains secteurs, où l'épaisseur initiale de terre fine était insuffisante, les travaux de reconstitution du sol pourraient conduire, dans certains cas, à une amélioration locale des sols.

Mais dans la plupart des cas, il sera préférable de maintenir **un sol identique aux sols voisins**, pour des raisons évidentes d'homogénéité des terrains dans les zones de culture et du maintien des équilibres antérieurs dans les zones naturelles.

Les terrains, qui auraient été malencontreusement tassés, peuvent faire l'objet de **traitements**, tels que sous solage **profond, drainage par tuyaux enterrés** ou **mise en place de plantes structurantes à forte pénétration racinaire** et rétablissant ainsi la perméabilité du sol.

IV - AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES ET DRAINAGE AGRICOLE

Dans les zones à substrat imperméable ou d'altitude basse, la présence d'une nappe proche de la surface est fréquente. Ces sols engorgés constituent un facteur limitant pour les cultures et l'habitat: asphyxie des racines des plantes cultivées, humidité et inondation des zones habitées, etc. Pour abaisser et réguler le niveau des plans d'eau, sont aménagés dans ces zones, des réseaux hydrauliques (fossés et canaux) et des drainages agricoles (tuyaux enterrés vers 1 m de profondeur rejetant les eaux dans les fossés ou les collecteurs.

Ces aménagements pourront être éventuellement coupés par la mise en place de lignes électriques souterraines. Il sera **nécessaire de modifier ou de refaire les réseaux de drainage et d'assurer le passage du réseau hydraulique principal**. Pour ce dernier, deux

solutions pourront être adoptées: soit la réalisation d'un **passage aérien au dessus de l'eau**, soit la **pose d'un siphon** assurant l'écoulement de l'eau sous la ligne électrique.

Dans le cas d'utilisation d'un syphon, il sera nécessaire de penser aux risques entraînés par les travaux de curage des cours d'eau. Ceux-ci ne devront pas affecter l'emprise réservée à la ligne enterrée.

En ce qui concerne le drainage agricole, cette technique comporte de nombreux risques: colmatage minéral des drains, déformation, colmatage par les racines des arbres et de certaines plantes cultivées. Des études de sol seront nécessaires pour limiter ces risques et fournir aux concepteurs les principaux paramètres nécessaires à la réalisation des plans.

V - AMENAGEMENT PARCELLAIRE ET SYSTEMES DE CULTURE

L'emprise des lignes électriques enterrées intervient dans un parcellaire agricole qui pourra s'en trouver modifié. En effet, le sol couvrant la ligne électrique présentera des caractéristiques différentes: épaisseur du sol limitée, moindre réserve en eau, plus faible résistance du terrain aux engins roulants, température plus élevée, besoin d'irrigation, contraintes particulières dans la succession des cultures, etc. De ce fait, l'emprise de la ligne électrique peut intervenir comme **une coupure dans le parcellaire, nécessitant un remembrement pour sa réadaptation.**

En terrain naturel ou forestier, l'emprise pourra être réaménagée, éventuellement mise en culture ou en prairie pour la protection du sol ; on obtiendra de ce fait un système de parcelles linéaires, dont l'entretien sera coûteux pour un exploitant agricole.

VI- HUMECTATION OU RESERVE EN EAU DU SOL

L'humidité du sol peut agir comme régulateur sur l'élévation de température. Elle sera tributaire

- de la proximité de la nappe;
- de la réserve en eau du sol (elle-même facteur de la teneur en limon et en argile, et de l'épaisseur du sol)
- de l'existence ou non de remontée capillaire;
- de l'utilisation de l'eau par les plantes et de l'évaporation. Ces deux derniers facteurs sont influencés par la température;
- de la pluviométrie totale, et de sa répartition tout au long de l'année

- de la continuité capillaire depuis la nappe jusqu'à la surface du sol. Une couche de sable ou de tourbe pourra former écran à la remontée capillaire. La réserve en eau d'un sable n'est que de 3% et sera rapidement épuisée par les plantes.

Signalons enfin que certaines plantes détermineront une consommation plus forte que d'autres. Les céréales cultivées prélèveront des quantités importantes (blé, maïs), les prairies pourront se montrer moins exigeantes. Parmi les arbres, les peupliers et les saules feront une consommation d'eau très importante. Il sera donc intéressant de sélectionner les plantes les moins exigeantes.

L'irrigation permettrait dans certains cas de limiter le dessèchement du sol.

VII- ELEVATION THERMIQUE DU SOL

L'élévation thermique du sol, due à la présence des lignes enterrées peut modifier certains équilibres du sol. L'augmentation de température du sol peut activer dans un premier temps la croissance des plantes. Ceci accentue la consommation d'eau et donc accélère le dessèchement du sol. L'effet régulateur de l'humectation du sol sur la température diminuera ainsi plus rapidement.

L'accroissement de température moyenne du sol peut favoriser la minéralisation de la matière organique, diminuant ainsi son effet structurant sur le sol et les réserves minérales disponibles pour les plantes. Il s'agit d'un appauvrissement du sol.

Le dessèchement du sol peut accroître des phénomènes de variation de volume (argiles) ou de tassement irréversible (tourbes). Il existe donc un risque de tassement différentiel préjudiciable aux ouvrages enterrés. Dans les zones de vallée ou de marais la perte de volume peut affecter des dépôts initialement hydrauliques où la diminution de la teneur en eau entraîne également des tassements irréversibles. Ce dernier type de tassement est parfois obtenu par simple drainage de ces terrains.

VIII- CONTRAINTES D'ENTRETIEN DES SITES

L'entretien des sites nécessite le passage d'engins de travaux agricoles au-dessus des installations. Celles-ci devront être suffisamment enterrées. Il sera donc nécessaire de tenir compte de la résistance des sols (ornières profondes en période humide) et de la résistance des ouvrages souterrains.

Les arbres devront être éliminés jusqu'à une certaine distance des ouvrages, afin que leurs racines ne viennent pas coloniser les ouvrages enterrés. Certaines espèces possèdent des racines traçantes pouvant dépasser 30 m (populacacées et salicacées). Ces racines peuvent exercer des pressions sur les ouvrages, colmater des conduites d'assainissement ou entraîner la diminution de la teneur en eau des argiles et au delà leur perte de volume, comme nous l'avons vu au paragraphe précédent.

Cependant **plusieurs facteurs pourront limiter le développement racinaire ou ses effets :**

- **la distance** : l'effet de pression exercé par de petites racelles situées à 30 m du pied de l'arbre est faible. Ceci suppose un entretien permanent de la surface du sol pour éviter des phénomènes de colonisation du terrain par semis ou drageons;
- **l'abaissement de la teneur en eau à proximité des ouvrages souterrains** : les racines s'orienteront vers des zones plus humides
- **l'élévation de température** : les racines ne peuvent se développer au delà d'une température de 45 à 50°.

IX - EVENEMENTS EXCEPTIONNELS: NOTION DE RISQUE

Les phénomènes dont nous avons fait la présentation dans les paragraphes précédents se rapportent à des risques habituels pouvant se matérialiser rapidement après la pose des lignes.

Signalons les cas des eaux de ruissellement en terre de culture, pouvant entraîner la création de **véritables ravines**. Un seul orage de 30 mm/heure (pluie décennale) peut, dans certains cas provoquer **des creusements dépassant un mètre et découvrir ainsi les lignes électriques**.

Ajoutons enfin que, si nous considérons que le temps de retour d'un épisode orageux important localisé sur une station météorologique est de 10 ans, l'occurrence de pluies orageuses de même intensité dans l'ensemble d'une région est beaucoup plus importante. De ce fait, le risque lié à ce type de pluie sur l'ensemble d'une ligne électrique est beaucoup plus fréquent.

X - BILAN DES CONTRAINTES

Dans l'espace occupé par les lignes électriques enterrées, **l'ensemble des contraintes évoquées ci-dessus n'existent pas sur tous les sites. Selon les cas, certaines situations seront favorables ou contraignantes.**

Cependant ces contraintes peuvent déterminer :

- Des variations dans le démarrage des plantes plus ou moins précoces.
- Des dates optimales différentes pour le travail du sol et des traitements.
- Des modifications dans les dates de maturité des récoltes diminuant ainsi la qualité globale de la production des parcelles.
- La nécessité de considérer dans certains cas l'emprise de la ligne comme une parcelle différentes avec des sur coup significatifs.

CONCLUSION

L'enfouissement des lignes électriques détermine sur les sols **plusieurs types de contraintes influençant leurs qualités** : perméabilité, fonctionnement hydrique.

L'état initial des sols ou les perturbations apportées par les travaux impliquent pour le réseau enterré des risques de submersion par engorgement du sol, de découvertes par ablation, de dessèchement et de déformation du sol.

Ces **risques peuvent être limités** par des ouvrages drainants et des méthodes de lutte contre le ruissellement ou le dessèchement du sol.

Les variations de l'état du sol peuvent déterminer des modifications de l'état d'avancement des cultures et la fertilité du sol rendant plus complexe pour l'agriculteur la gestion des parcelles

La connaissance préalable des sols doit permettre la prévision de la nature et des caractéristiques des aménagements utiles à la protection des lignes électriques enterrées, ainsi que les adaptations éventuelles à apporter aux pratiques agricoles.