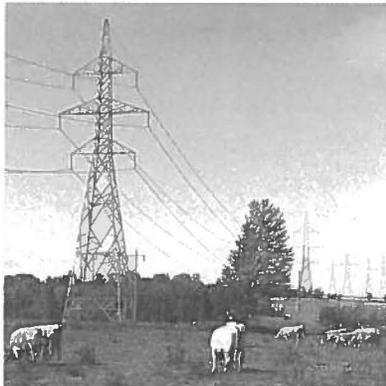


Le
transport d'électricité
à haute tension
en milieu agricole



les lignes souterraines
sont-elles faisables ?

Hydro-Québec a l'intention de construire de nouvelles lignes de transport pour renforcer son réseau, à la suite de la tempête de verglas.



En milieu agricole, de nombreux citoyens aimeraient que ces lignes soient mises en terre. Notamment, l'UPA (l'Union des producteurs agricoles) a demandé à Hydro-Québec de faire le point sur la question à l'intention de ses membres.

Même s'il n'existe pas au Québec de ligne souterraine en milieu agricole, nous avons fait des recherches et, pour vérifier nos conclusions, nous avons consulté des études produites par des organismes comme la Conférence internationale des grands réseaux électriques (CIGRÉ¹).

Une entreprise distributrice d'électricité s'engage à alimenter ses clients dans les meilleures conditions de sécurité et de fiabilité, et c'est ce qui oriente ses choix. Pour Hydro-Québec et pour la grande majorité des compagnies d'électricité, trois conditions justifient le choix d'une ligne souterraine : il est impossible de construire une ligne aérienne à l'endroit visé (dans les centres-villes, par exemple); la tension de la ligne est inférieure à 400 kV² ; la longueur est généralement inférieure à 10 km. La tension maximale en exploitation souterraine dans le monde est actuellement de 550 kV.

D'ailleurs, techniquement parlant, il n'est pas envisageable pour l'instant de construire une ligne souterraine à 735 kV. (Non seulement la technologie serait extrêmement complexe, mais la ligne

nécessiterait, tous les 8 km, un poste de liaison aérosouterraine d'une superficie minimale de 1 hectare !). De plus, elle coûterait 30 fois plus cher qu'une ligne aérienne. Nous allons donc évaluer ici l'implantation des lignes souterraines en milieu agricole pour les tensions de 120 et de 315 kV, qui sont normalisées à Hydro-Québec.

Faisons un rapide survol du réseau hydroquébécois. Notre réseau aérien et souterrain de transport d'énergie à haute tension (120 kV et plus) constitue un actif de sept milliards de dollars (en 1997). Au total, il fait 27 436 km de long. Avec à peine 153 km, le réseau souterrain représente moins de 1 % de ce chiffre. Et il s'agit en grande majorité de lignes à 120 kV.

Dans ce document, nous explorons les caractéristiques de ce réseau. Nous ferons le portrait d'une ligne souterraine, nous verrons quelles sont ses contraintes d'installation, puis nous comparerons les deux types de ligne — aérienne et souterraine — sur le plan technique, économique et environnemental. Nous traiterons seulement du transport d'énergie en courant alternatif.

1 La CIGRÉ regroupe une soixantaine de compagnies d'électricité des 18 pays les plus industrialisés.

2 kV = kilovolt, ou 1000 volts.

Portrait d'une ligne souterraine

Trois éléments composent une ligne souterraine : les câbles à haute tension, les baies de jonction et les postes de liaison aérosouterraine.

Les câbles à haute tension utilisés en souterrain

On utilise principalement deux types de câbles pour le transport souterrain :

- Les câbles « à l'huile », qui sont isolés à l'huile fluide. Tension maximale : 550 kV. Jusqu'aux années 80, c'est ce type de câble qu'employaient toutes les compagnies d'électricité, y compris Hydro-Québec (90 % de son réseau de transport est isolé ainsi).
- Les câbles « secs », qui sont isolés au polyéthylène réticulé, une matière plastique. C'est ce type de câble qu'on utilise aujourd'hui. Tension maximale : 500 kV (seul le Japon utilise cette tension). Hydro-Québec les utilise depuis 1989 dans ses réseaux à 120 et à 230 kV.

Les câbles secs sont plus faciles à installer et à entretenir que les câbles à l'huile. De plus, l'absence d'huile évite la contamination accidentelle des sols, ce qui est avantageux pour la protection de l'environnement.

Par contre, du point de vue technique, il n'est pas envisageable pour l'instant d'utiliser les câbles secs à des tensions supérieures à 500 kV ni pour les traversées sous-marines.

Câbles à l'huile à 315 kV



Câble sec à 315 kV



Les baies de jonction

Les câbles sont livrés en sections d'au maximum 1000 m (ligne à 120 kV) ou de 800 m (ligne à 315 kV). Ces sections sont jointes dans des baies de jonction souterraines.

Pour être en mesure de vérifier l'intégrité des câbles, il faut construire un puits d'accès hors terre, de 0,5 m de diamètre, à l'extérieur de la baie de jonction.

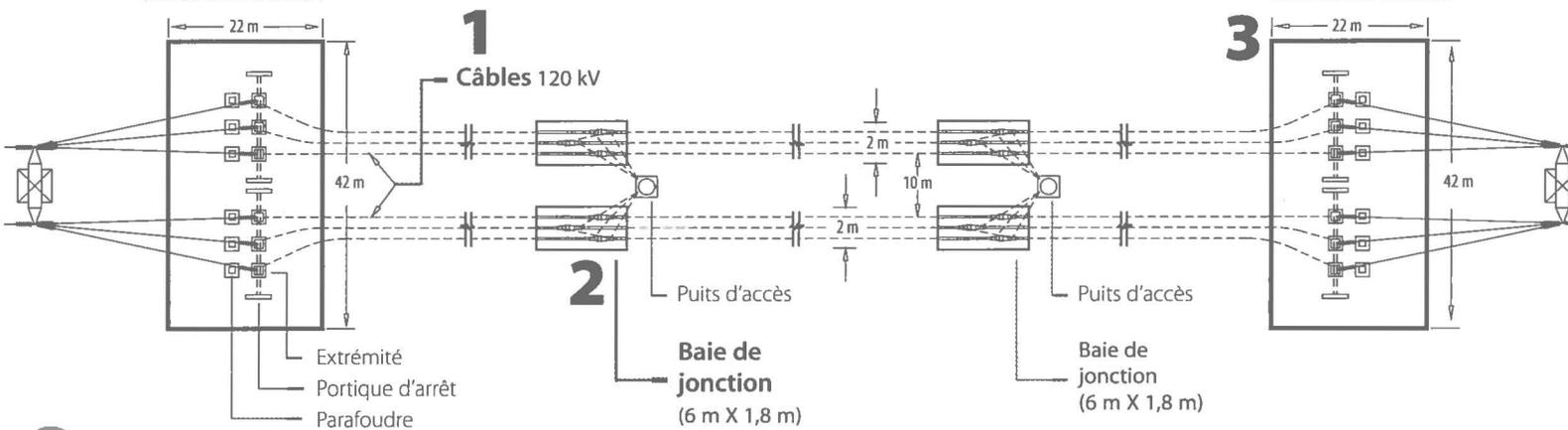
Postes de liaison aérosouterraine et postes de compensation

Les postes de liaison aérosouterraine relient la ligne souterraine au réseau aérien. La dimension du poste dépend de la tension de la ligne, ainsi que du type et du nombre d'appareils nécessaires à l'exploitation du réseau. Le poste peut servir aussi à la compensation, qui est nécessaire — dans le cas des longues lignes souterraines — pour faciliter le passage du courant en réduisant l'effet capacitif des lignes.



Poste de liaison aérosouterraine

Poste de liaison aérosouterraine



Vue en plan

Installation de câbles à haute tension en milieu agricole

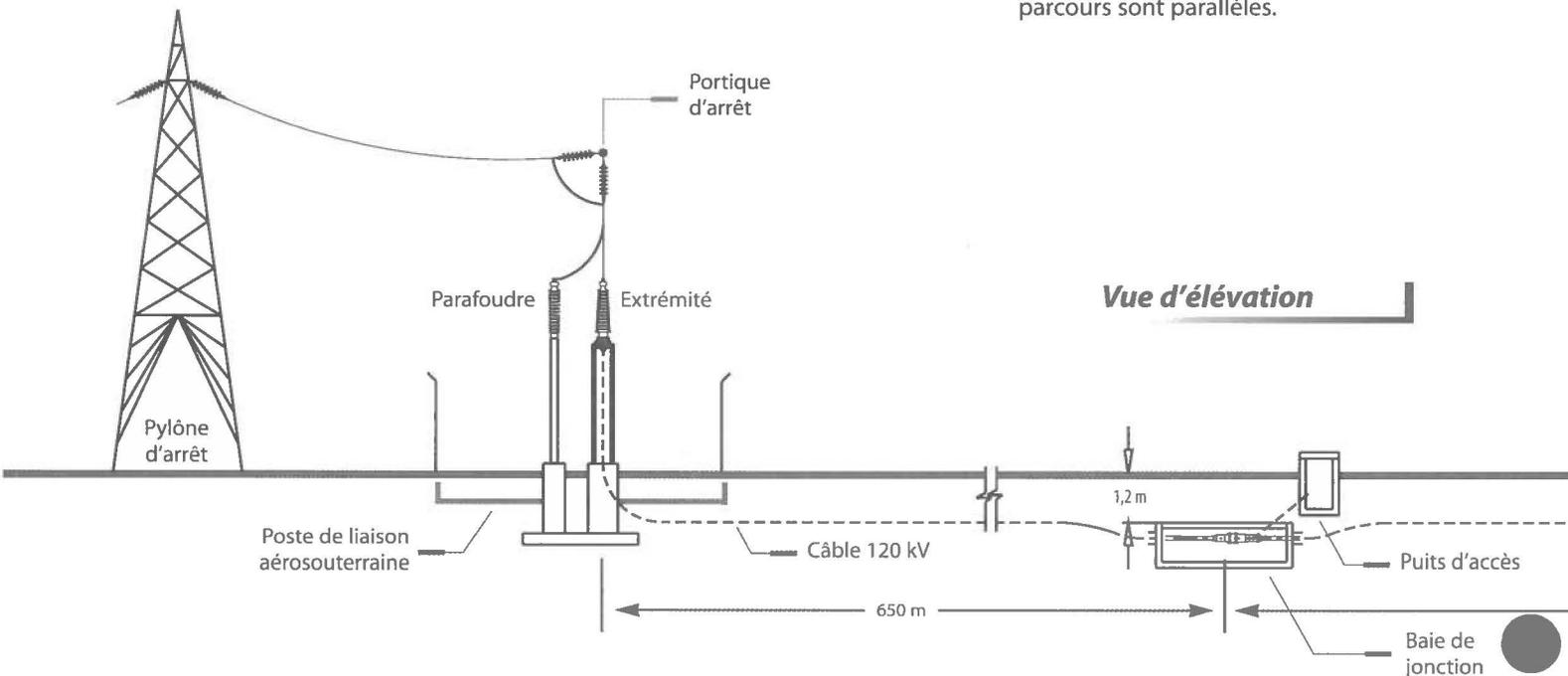
Lorsqu'on construit une ligne, il faut d'abord en déterminer le tracé, de même que l'emplacement des postes ; pour ce faire, on doit tenir compte des contraintes du milieu, notamment en milieu agricole. Afin de faciliter l'accès pendant la construction et de réduire l'impact sur l'environnement et sur l'exploitation des terres, il vaut mieux que le tracé longe les routes ou les limites de lot.

En milieu agricole, on enfouit généralement les lignes souterraines dans des tranchées plutôt que dans des canalisations de béton (comme dans les villes).

La méthode la plus économique est la mise en terre directe, à une profondeur d'au moins 1,5 m. Les câbles, placés en nappe horizontale, sont enrobés d'une couche de sable thermique, soigneusement compacté pour permettre à la chaleur de se dissiper sans former de poches d'air.

Pour protéger les câbles des accidents de creusage, on installe, de part et d'autre et juste au-dessus de la tranchée, des dalles de béton maigre ; on ajoute aussi des rubans avertisseurs.

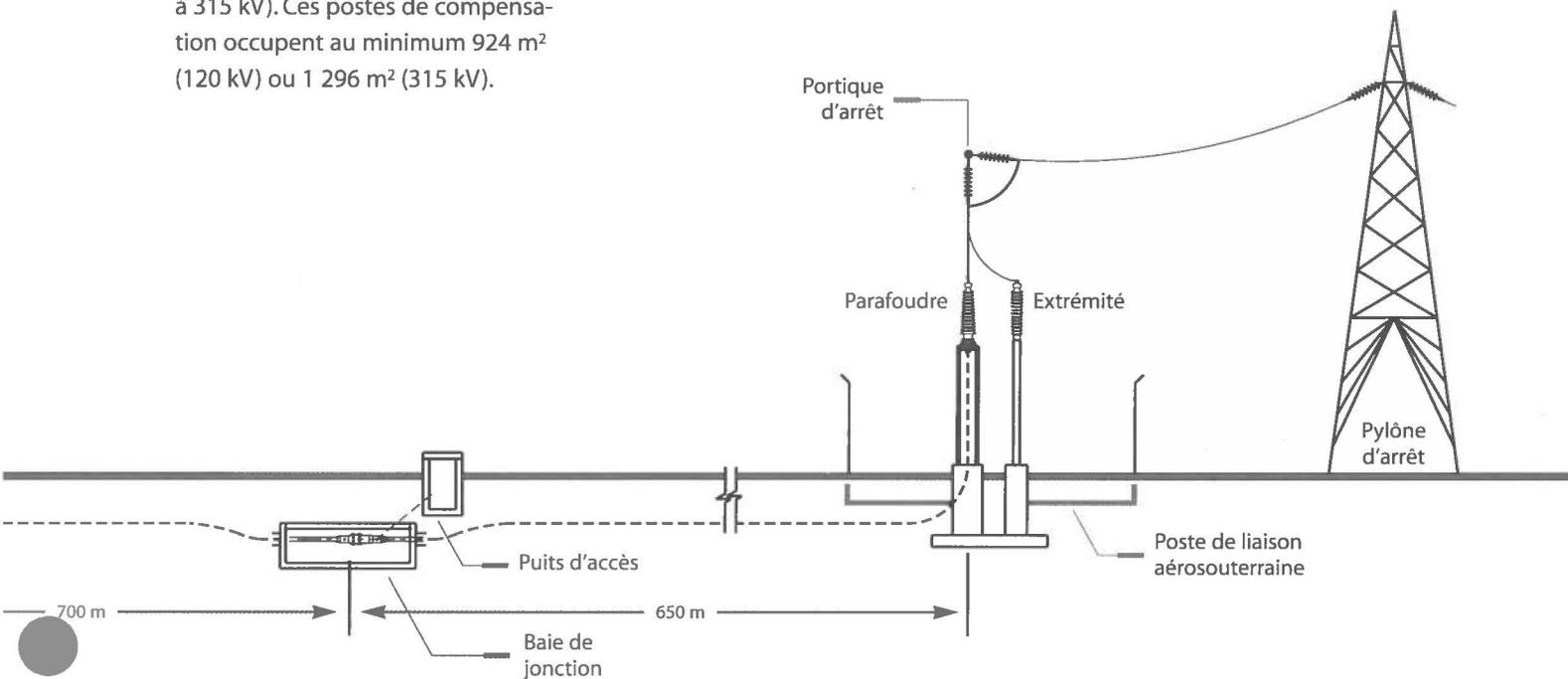
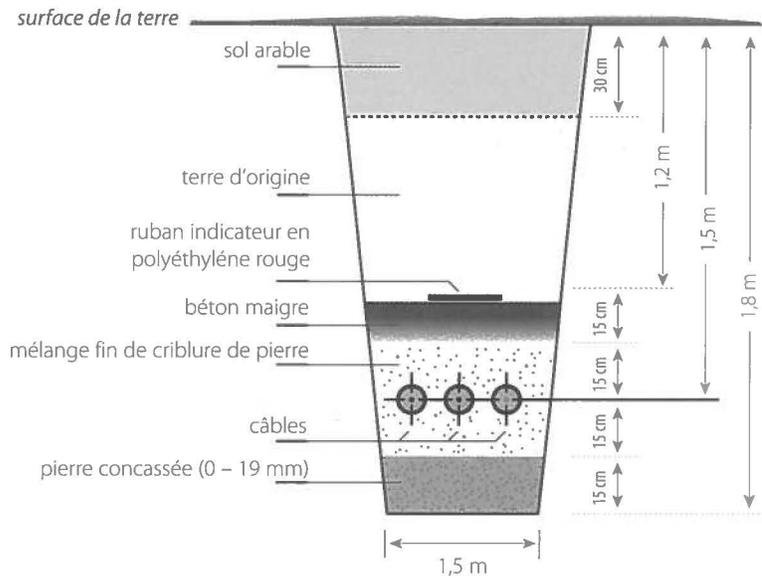
Lorsqu'on est à proximité d'autres services (un gazoduc, par exemple), il faut respecter certaines distances minimales : 30 cm lorsqu'il y a un croisement et 1,5 m lorsque les parcours sont parallèles.



Une fois terminé le remblayage des câbles, on rétablit l'état initial des surfaces, en utilisant comme dernière couche (les 30 premiers centimètres) le sol arable qui a été mis de côté lorsqu'on a creusé la tranchée.

Les jonctions de câble sont enfouies dans les baies de jonction, ce qui constitue la méthode la plus économique. Les baies sont sensiblement plus larges que la tranchée elle-même (de 1,8 à 2,4 m), ce qui augmente la largeur de l'emprise.

Les postes de liaison aréosouterraine relient le réseau aérien au souterrain et peuvent servir à la compensation. En général, il faut compenser tous les 21 km (ligne à 120 kV) ou tous les 16 km (ligne à 315 kV). Ces postes de compensation occupent au minimum 924 m² (120 kV) ou 1 296 m² (315 kV).



Comparaison des lignes aériennes et des lignes souterraines

Aspects techniques

- **Lignes biternes** : Contrairement à une ligne aérienne biterne, qui supporte deux circuits (un de chaque côté du pylône), la ligne souterraine ne comporte qu'un seul circuit (formé de trois câbles) par tranchée. Pour avoir deux circuits, il faut creuser deux tranchées distancées de 10 m ou jumeler les câbles dans une tranchée plus large.

- **Postes de compensation** : Afin de maintenir la capacité de transport d'une ligne souterraine sur de longues distances, il faut construire des postes de compensation tous les 16 ou 21 km (voir plus haut). Pour les mêmes tensions de 120 ou de 315 kV, le réseau aérien actuel d'Hydro-Québec ne nécessite généralement pas de compensation, car les lignes ne sont pas suffisamment longues.

- **Capacité de transport** : À toutes les tensions, les lignes souterraines ont une capacité de transport inférieure aux lignes aériennes pour la même grosseur de câble. Tandis que les lignes aériennes sont isolées par l'air extérieur, les lignes souterraines sont isolées par divers matériaux isolants, dont la capacité de dissiper la chaleur est inférieure à celle de l'air. Pour transporter la même quantité d'énergie, il faut augmenter soit la grosseur des câbles soit leur nombre : on doit donc ajouter des tranchées ou les creuser plus larges.



- **Surcharge** : Parce qu'ils sont refroidis par l'air, les câbles aériens supportent facilement une surcharge durant l'hiver. Au contraire, les câbles souterrains ne peuvent accepter sans risque une surcharge de plus de deux heures, parce que l'échauffement qui en résulterait aurait pour effet de diminuer la durée de vie des câbles.
- **Bris de câbles** : Alors que les lignes aériennes sont surtout sensibles à la foudre, au vent et au verglas, les bris de câbles souterrains sont principalement causés par des travaux d'excavation ou des vagues de chaleur. Par exemple : Auckland, capitale de la Nouvelle-Zélande, a manqué récemment d'électricité pendant 54 jours, à cause d'une panne de son réseau souterrain à haute tension : quatre lignes à 110 kV sont tombées l'une après l'autre. La raison probable : un été exceptionnellement chaud et sec, qu'on attribue au passage d'El Niño, aurait asséché et chauffé le sol, ce qui aurait endommagé les câbles. Pour rétablir le réseau, il a fallu installer une ligne aérienne de secours !
- **Localisation des bris** : Même si les bris de câble sont moins fréquents en souterrain qu'en aérien, leur localisation est plus difficile et la durée de réparation est plus longue : plusieurs jours, voire plusieurs semaines dans le cas d'un bris important. Il faut noter que l'alimentation des clients n'en serait pas nécessairement compromise, surtout si les lignes sont bouclées dans les secteurs plus vulnérables (ainsi, quand une ligne est endommagée, une autre prend la relève). Toutefois, il resterait un inconvénient majeur : la perturbation des activités agricoles à proximité des réparations.
- **Durée de vie** : La durée de vie d'une ligne souterraine, limitée par l'usure à long terme des câbles, est évaluée à une quarantaine d'années, et celle d'une ligne sur pylônes, à plus de 60 ans.

Aspects économiques

Principal inconvénient des lignes souterraines : leur coût très élevé. Deux éléments principaux entrent ici en jeu : le coût des câbles et les besoins accrus en travaux d'installation et de génie civil.

Plusieurs facteurs influent sur les coûts :

- Le niveau de tension
- La capacité de transport
- La distance à parcourir
- La topographie du terrain
- Le coût du terrain
- Les obstacles majeurs (tels que les cours d'eau à franchir)

À une tension de 120 kV, le coût d'une ligne souterraine est en moyenne 7 fois celui d'une ligne aérienne (ce rapport varie de 3,4 à 16 fois). Plus la tension est élevée, plus le rapport entre les deux options augmente. Dans le cas d'une ligne à 315 kV, le rapport moyen est de 13 fois (de 5,1 à 21,1).



Aspects environnementaux

Nous abordons ici les principaux impacts permanents occasionnés par la présence d'équipements. Nous avons laissé de côté les impacts temporaires dus à la construction (compaction des sols, perturbation du sol arable et des activités agricoles, modification des systèmes de drainage...), puisqu'ils sont comparables dans les deux cas.

- **Emprise** : Pour une ligne souterraine biterne, l'emprise n'est que de 14 ou de 16 m selon la tension, alors qu'elle peut atteindre 30 à 40 m pour une ligne aérienne. Toutefois, comme on peut cultiver dans l'emprise, l'impact est peu important, quel que soit le type de ligne.

- **Perte de surface agricole** : Lorsqu'on compare l'encombrement au sol des équipements, on constate que les puits d'accès des baies de jonction occupent une surface beaucoup moins grande que les pylônes (même s'il s'agit de pylônes à encombrement réduit, qu'on utilise lorsqu'ils sont alignés). De plus, les baies de jonction sont distancées de 800 à 1000 m, alors que les pylônes se trouvent tous les 280 à 380 m.

Cependant, ces avantages sont atténués par la présence des postes. Ainsi, dans le cas d'une ligne souterraine à 315 kV, il faut installer un poste de compensation d'au moins 1 296 m² tous les 16 km. Signalons par contre qu'en choisissant bien l'emplacement des postes, on peut diminuer grandement la perte de surface agricole. (Ce qui est également vrai pour les pylônes.)

On installe aussi un poste chaque fois qu'il faut relier la ligne au réseau aérien. Si, par exemple, on construisait une ligne souterraine de deux kilomètres, il faudrait un poste aérosouterrain à chacune des extrémités de la ligne. La construction de courtes lignes souterraines n'est donc pas nécessairement avantageuse sur le plan de l'environnement.

- **Impacts visuels** : Malgré les efforts déployés dans la conception et la localisation des pylônes, ils modifient tout de même le paysage. L'impact visuel des lignes souterraines est faible et ponctuel, puisqu'il se limite aux postes aérosouterrains. Toutefois, compte tenu de la surface qu'ils occupent, il importe de dissimuler ces postes le plus possible en choisissant leur emplacement avec soin.
- **Champs magnétiques** : Sur tous les types de ligne et à toutes les tensions, les valeurs observées sont très faibles par rapport aux recommandations de l'International Radiation Protection Association (IRPA).



Aspects techniques

	Ligne aérienne	Ligne souterraine
Tension maximale en exploitation dans le monde	1100 kV	550 kV
Longueur maximale sans compensation		
• 120 kV	-	21 km
• 315 kV	-	16 km
Surcharge	Acceptable en hiver	Ne peut dépasser une certaine limite de temps
Causes des bris	Foudre, vent, verglas	Travaux d'excavation ; chaleur
Localisation des bris	Facile	Difficile
Délais moyens de réparation		
• bris mineur	1 jour	5 jours
• bris majeur	7 jours	20 jours
Vie utile	Bois : 35 ans Acier : 60 ans et plus	Câbles secs : 40 ans Câbles à l'huile : 40 à 50 ans

Aspects économiques

	Ligne aérienne	Ligne souterraine
Coût de la ligne souterraine par rapport à celui de la ligne aérienne		
• 120 kV	1	En moyenne : 7 fois (éventail de 3,4 à 16 fois)
• 315 kV	1	En moyenne : 13 fois (éventail de 5,1 à 21,1 fois)

Aspects **environnementaux**

	Ligne aérienne	Ligne souterraine
Largeur de l'emprise		
• 120 kV	± 30 m	± 14 m
• 315 kV	± 40 m	± 16 m
Impact minimal sur l'occupation du sol		
Type de structure	Pylônes d'alignement à encombrement réduit	Puits d'accès ; postes de compensation
Surface occupée		
• 120 kV	4 m ²	0,2 m ² ; 924 m ²
• 315 kV	49 m ²	0,2 m ² ; 1296 m ²
Portée moyenne		
• 120 kV	± 280 m	± 1000 m ; 21 km
• 315 kV	± 380 m	± 800 m ; 16 km
Impact sur le paysage	Pylônes	Postes de liaison aérosouterraine et postes de compensation

Comparaison entre ligne aérienne et ligne souterraine en milieu agricole

(lignes biternes à courant alternatif)



Hydro-Québec comprend le besoin de diminuer les impacts du transport d'électricité en milieu agricole. À première vue, la mise en terre des lignes peut sembler une façon intéressante d'y arriver. Mais certains aspects techniques restreignent l'emploi des lignes souterraines, surtout sur de longues distances : la nécessité d'installer des postes de liaison aérosouterraine ou de compensation; la localisation parfois difficile des bris ; les délais associés au rétablissement des pannes.

Toutefois, pour l'instant, ce sont les coûts prohibitifs qui constituent le principal empêchement. Aussi les lignes souterraines ne sont envisageables que là où les lignes aériennes sont impossibles à construire, en raison de la densité de la population ou du manque d'espace (par exemple dans le centre-ville de Montréal). Ces conditions ne se retrouvent pas dans le milieu agricole. Il n'est donc pas justifié d'y construire des lignes souterraines.

Hydro-Québec s'est engagée à offrir à sa clientèle des services de qualité au meilleur coût possible, et le choix des lignes aériennes constitue la meilleure solution au moindre coût.

© Hydro-Québec, 1998
98G389

