

Intégration harmonieuse des lignes de transport

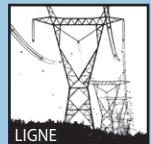


9



Sommaire

Mise en contexte	1
Bilan historique	3
Cadre réglementaire et encadrements internes.....	3
Ampleur et portée des études réalisées.....	4
Résultats	15
Critères de localisation ou d'intégration au milieu	15
Analyse visuelle et paysagère et mesures d'atténuation	23
Design des pylônes	26
Les enseignements	
À retenir	44
À éviter.....	45
À poursuivre	45
Vocabulaire.....	46
Bibliographie	48



**Qualité du
cadre de vie**

Pour des raisons historiques, les appellations (noms de lignes et de postes ainsi que vocabulaire méthodologique) et les règles d'écriture utilisées dans cette synthèse sont celles qui figurent dans les sources ayant servi à sa réalisation. Pour plus de précisions, lire l'avant-propos.

Photos de la couverture

En haut : Ligne à 315 kV qui traverse le quartier environnant le parc Roger à Brossard

En bas : Ligne à 120 kV sur pylône de béton à Bellefeuille

Photo de l'endos

Ligne à 315 kV Hertel-Viger et ligne à 120 kV, Laprairie-Viger qui traversent le fleuve sur de petits îlots entre le pont Victoria et le pont Champlain. Remarquable intégration du fait que les pylônes, sur l'eau, évoquent des mâts de navires.



Passage en crête des lignes à 735 kV dans Charlevoix

Mise en contexte

Le réseau d'Hydro-Québec comporte plus de 33 000 km de lignes à des tensions de 44 à 765 kV. Étant donné que celles-ci parcourent une très grande partie du territoire québécois, il importe de trouver les meilleures solutions possibles pour assurer leur intégration harmonieuse dans les différents milieux qu'elles traversent tant au moment de la conception qu'à celui de l'exploitation, lorsque d'importants travaux de réfection, de réhabilitation ou de reconstruction s'avèrent nécessaires.

L'intégration harmonieuse d'une ligne constitue un enjeu primordial dans l'exercice de localisation, car elle entraîne des défis importants, surtout en milieu organisé. Ce thème a une grande parenté avec celui du paysage, sans toutefois s'y restreindre, du fait que l'intégration d'une ligne exige d'aller au-delà des considérations paysagères en tant que telles et à tenir compte, par exemple, de l'organisation spatiale, de la structure du territoire, de la présence d'autres infrastructures linéaires, des impacts visuels, de la proximité des habitations et du choix des supports.

Au cours des années 1960, les lignes construites à l'île d'Orléans ont provoqué des tollés de protestation ; aucune loi ni aucun règlement n'ont pu empêcher leur implantation. À cette époque, les projets de ligne à haute tension étaient réalisés sans qu'on se préoccupe a priori des questions liées à l'intégration. On élaborait des tracés de ligne de manière à obtenir le coût le plus bas entre deux points à relier tout en évitant les obstacles techniques majeurs. Ainsi, le tracé était souvent une ligne droite et le passage en crête était privilégié dans les milieux montagneux, cette solution

étant la plus efficace sur le plan technicoéconomique. De cette façon, on pouvait traverser le territoire en favorisant la plus courte distance, ce qui permettait de diminuer le nombre total de pylônes et aussi le nombre de pylônes d'angle. Quelques-uns des projets élaborés durant cette période ont conduit à des impacts visuels permanents sur le paysage, notamment dans Charlevoix.

À partir de 1974, à la suite de la mise en vigueur de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE), Hydro-Québec a entrepris des évaluations environnementales qui devaient corroborer les études de localisation. Celles-ci, réalisées en une ou deux phases selon le projet, de la sélection d'un corridor à l'élaboration des tracés, s'effectuent désormais tant sur la base de l'analyse des éléments technicoéconomiques que sur celle des éléments environnementaux sensibles à l'implantation d'une ligne en considération des impacts appréhendés sur différents milieux. Il en résulte des tracés plus sinuieux qu'auparavant. Dès ces premiers projets de lignes à 735 kV soumis à l'évaluation environnementale et à la consultation, des attentes précises en regard de l'intégration des lignes ont été formulées par les publics concernés.

Pour la première fois, en 1980, le *Manuel du service d'Études de tracé* identifie les questions d'intégration comme une préoccupation environnementale dont on doit tenir compte dans l'exercice de localisation d'une ligne. Par la suite, la notion d'intégration va évoluer, tant dans les démarches générales d'évaluation environnementale réalisées en 1985 et en 1990 que dans les méthodes spécialisées qui s'y rattachent.

En parallèle à l'évolution de la démarche environnementale, Hydro-Québec a signé en 1986 une entente avec l'Union des producteurs agricoles (UPA), laquelle a été révisée en 1999. En milieu agricole, l'UPA devient l'interlocuteur privilégié. Cette entente constitue une base pour l'intégration en milieu agricole et agroforestier.

En 1992, Hydro-Québec a développé une méthode d'étude du paysage qui propose un cadre pratique d'évaluation misant essentiellement sur une stratégie d'intégration optimale des équipements dans le milieu.

En 1999, TransÉnergie, une division d'Hydro-Québec¹ a fait de l'intégration harmonieuse de ses installations dans le milieu l'un de ses engagements dans sa première déclaration de principes environnementaux :

« TransÉnergie favorise une intégration harmonieuse de ses installations dans le milieu selon des principes de développement durable, tout en assurant la pérennité et la croissance optimale de ses actifs de même que sa position concurrentielle. » (voir la figure 1).

De 2000 à 2010, Hydro-Québec TransÉnergie (HQT) a effectué une importante revue de littérature de toutes les études de suivi environnemental, de tous les rapports du Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE) et de bon nombre d'études de recherche et développement. Celle-ci visait à déceler tous les irritants qui nuisent à l'intégration harmonieuse d'une ligne afin qu'on puisse concevoir des exigences de projet qui permettront de mieux réaliser la conception des équipements en regard de cet enjeu.

Figure 1 :
Déclaration de principes environnementaux
TransÉnergie, une division d'Hydro-Québec,
en 1999



1. En 2002, TransÉnergie, une division d'Hydro-Québec a été renommée Hydro-Québec TransÉnergie, sur le même modèle que les autres divisions de l'entreprise créées à ce moment-là.

Bilan historique

Cadre réglementaire et encadrements internes

Lois et règlements

Compte tenu du fait que la problématique d'intégration des installations de transport est intimement liée à la démarche de localisation et d'évaluation environnementale ainsi qu'à la problématique du paysage, il faut se référer aux synthèses *Évaluation environnementale* et *Paysage* pour connaître l'étendue du cadre réglementaire en lien avec cet enjeu.

Rappelons toutefois que depuis la mise en vigueur de la LQE en 1972, un premier Règlement général relatif à l'administration de la Loi de la qualité de l'environnement, adopté en 1975, exigeait, en vertu de l'article 22 de la Loi, une étude d'impact pour tous les projets de poste dont la tension était supérieure à 315 kV.

Par contre, au cours de la même période, les projets de lignes et de postes de la première phase du réseau de transport de la Baie-James (RTBJ) situés en territoire conventionné n'ont pas nécessité une étude d'impact en vertu de la LQE, puisqu'ils faisaient partie de l'ensemble des projets pré-autorisés déjà prévus au chapitre 8 de la Convention de la Baie James et du Nord québécois (CBJNQ) signée en novembre 1975. Ces projets étaient présentés à l'annexe 1 du même chapitre.

Depuis 1981, en vertu de l'article 2k du Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement (L.R.Q. c. Q-2, r. 23) adopté le 30 décembre 1980, la construction ou la relocalisation dans le Québec méridional d'un poste de manœuvre ou de transformation de 315 kV et plus nécessite une étude d'impact selon l'article 31.1 de la LQE, qui a été ajouté à la loi en 1978. Ces projets peuvent faire l'objet d'audiences publiques sous la responsabilité du BAPE si un citoyen ou un groupe de citoyens en fait la demande.

Même si un projet de ligne ne requiert pas une étude d'impact, il peut nécessiter une autorisation en vertu de l'article 22 de la LQE. Une évaluation environnementale similaire à une étude d'impact est alors transmise à l'un des bureaux régionaux du ministère responsable de l'environnement, selon l'emplacement du projet.

Pour ce qui est du territoire visé par la CBJNQ, deux autres régimes prévalent pour les projets autres que ceux de la phase 1 du RTBJ, à savoir les chapitres 22 et 23 de la Convention. Ceux-ci ont été enchâssés dans la LQE au chapitre II (art. 131 et ss.). Ces régimes, soit l'un portant du 49^e parallèle au 55^e (Cris) et l'autre, du 55^e et au Nord (Inuit), ne procèdent pas des mêmes mécanismes. D'abord, contrairement aux projets du Sud, il existe des listes, par règlements, de projets assujettis ; ces régimes sont basés sur les deux annexes au chapitre. Il y a ainsi des projets « nécessairement assujettis » et d'autres « nécessairement soustraits ». Autrement, comme pour les postes par exemple, on peut les assujettir de façon discrétionnaire, sur la base d'une demande qu'Hydro-Québec doit soumettre si le projet n'est pas visé par les règlements.

Encadrements internes

Depuis la création de TransÉnergie, l'intégration des installations devient un objectif à atteindre. En plus d'en faire un de ses engagements dans la première publication de la *Déclaration de principes environnementaux* parue en 1999, HQT a fixé un objectif en regard de l'intégration dans son Plan directeur en environnement 2010-2013 : « Gérer la sensibilité des milieux au bruit et à l'intégration visuelle des postes et des lignes ».

De plus, la norme Intégration de l'environnement aux activités reliées aux installations de lignes et de postes d'Hydro-Québec TransÉnergie (TET-ENV-N-EVAL002) assure la réalisation de l'évaluation environnementale aux quatre étapes de la vie d'une installation, de sa planification jusqu'à son exploitation. Cette norme est en lien direct avec la directive corporative Acceptabilité environnementale et accueil favorable des nouveaux projets, travaux de réhabilitation et activités d'exploitation et de maintenance (DIR-21), puisqu'elle en traduit les exigences en regard des activités de HQT.

Ampleur et portée des études réalisées

L'intégration harmonieuse des lignes est un enjeu majeur qui a donné lieu à plusieurs études de recherche et développement, de suivi environnemental et de méthodes réparties en trois axes de développement et d'application, soit :

1.

Les critères de localisation, aussi appelés critères d'intégration au milieu

L'intégration optimale des lignes est un concept qui a d'abord été développé par l'établissement de plusieurs critères de localisation, aussi appelés critères d'intégration au milieu, lesquels sont associés à la délimitation des corridors et à l'élaboration des tracés à l'étape d'avant-projet (voir la synthèse *Évaluation environnementale*). Ces critères, qui se sont raffinés et multipliés au fil des développements méthodologiques en évaluation environnementale, visent avant tout à favoriser une insertion harmonieuse de la ligne dans les milieux d'implantation par la prise en compte des milieux biophysique et humain ou du paysage. Ces critères demeurent toutefois relatifs, car leur pertinence est tributaire des conditions générales et spécifiques des milieux traversés.

2.

L'analyse visuelle ou paysagère ainsi que les mesures d'atténuation

L'analyse visuelle, appelée plus tard analyse paysagère, permet une compréhension des enjeux qui se rapportent aux aspects visuels et paysagers à l'intérieur d'une zone d'étude, favorisant l'intégration d'une installation. Plusieurs développements méthodologiques ont été mis à l'essai dans le cadre de nombreux projets, menant à l'adoption d'une démarche normalisée. Afin de valider les impacts visuels réels de certains projets par rapport à ceux appréhendés lors de l'analyse visuelle ou paysagère et d'évaluer certaines mesures d'atténuation, on a réalisé des suivis environnementaux sur le paysage. Enfin, des études de recherche et développement ont permis de mieux cerner certaines problématiques liées à ces aspects visuels et paysagers.

3.

Le design des pylônes

On a aussi exploré le concept d'intégration optimale des lignes en s'interrogeant sur les meilleurs design de supports en relation avec le milieu d'insertion. On a d'abord étudié la performance de certains types de pylônes par rapport à la vocation d'un milieu. On s'est ensuite penché sur les critères de conception des pylônes afin de déterminer les qualités esthétiques et fonctionnelles qu'un équipement doit posséder

pour être intégré harmonieusement à certains milieux. Enfin, on a développé des démarches de design pour optimiser l'intégration des lignes.

Années 1970

Dès 1974, cinq projets de ligne de transport susceptibles d'être assujettis à une étude d'impact en vertu de la LQE sont amorcés. En effet, à cette époque, on est en attente de la réglementation qui doit cibler les projets devant faire l'objet d'une étude d'impact, mais on présume déjà que les lignes à 735 kV ou plus ne seront pas exclues. Il s'agit des projets suivants :

- Châteauguay-Frontière canado-américaine (ligne à 765 kV) ;
- Châteauguay-Chénier (ligne à 735 kV) ;
- Canton Mousseau-Chénier, tronçon méridional des deux premières lignes du RTBJ (deux lignes à 735 kV) ;
- Chamouchouane-Saguenay (ligne à 735 kV) ;
- tronçon La Vérendrye-Duvernay de la Troisième ligne à 735 kV du RTBJ.

En 1975, le Règlement général relatif à l'administration de la Loi de la qualité de l'environnement confirme cet assujettissement. Pour ces raisons, ces projets font tous l'objet d'une étude d'impact, mais seul le tronçon La Vérendrye-Duvernay est soumis à des audiences du BAPE en 1980. À la fin de cette décennie, on amorce la conception de plusieurs projets de lignes à 315 kV dans la région métropolitaine pour lesquels, malgré leur non-assujettissement à la LQE, on a fait le choix d'utiliser des pylônes plus esthétiques afin de favoriser une intégration harmonieuse. Soulignons enfin que c'est au cours de cette même décennie qu'on effectuera le plus grand nombre de projets de lignes souterraines afin de faciliter leur intégration en milieu urbain densément peuplé (voir la synthèse *Milieu urbain*).



Tronçon La Vérendrye-Duvernay de la
Troisième ligne à 735 kV du RTBJ, secteur de Rawdon

■ Critères de localisation

Toutes les études d'impact de lignes à 735 kV des cinq premiers projets assujettis justifient déjà l'élaboration de leurs tracés en fonction de critères de localisation. Ces critères sont plus ou moins bien exposés d'une étude à l'autre, mais la plupart sont récurrents.

■ Analyse visuelle ou paysagère

À l'exception du projet Châteauguay–Frontière canado-américaine, chacune de ces études fait l'objet d'une analyse visuelle selon une approche ad hoc expliquée à même le rapport d'impact. Le projet de ligne à 735 kV Chamouchouane-Saguenay se démarque à ce sujet, car on peut constater, à la lecture d'un rapport d'étape, qu'on a déployé un effort considérable pour mettre au point une méthode qui facilite l'intégration d'une ligne dans le territoire non pas en la dissimulant mais plutôt en profitant des caractéristiques intrinsèques de l'organisation spatiale du territoire (voir la synthèse *Paysage*).

■ Design des pylônes

On conçoit trois de ces projets (Châteauguay-Chénier, Châteauguay–Frontière canado-américaine et Canton Mousseau-Chénier) en mettant de l'avant le pylône en V, un nouveau type de pylône à treillis haubané. Ce choix est effectué pour des considérations esthétiques (plus léger et plus transparent) ainsi que pour des considérations pratiques, tel le faible encombrement au sol qui devait permettre de réduire les pertes de récolte en terres agricoles. Malgré la bonne volonté d'Hydro-Québec, ces lignes sont très contestées et soulèvent la colère des populations concernées, tant pour ce qui est du tracé de la ligne que du type de pylône utilisé. Afin de répondre adéquatement à ces contestations, on mène quelques études pour évaluer la performance de ce type de pylône en milieu agricole et pour comparer sa performance à celle d'un pylône à treillis à 735 kV traditionnel (Côté, Duvieusart et associés, 1975a, 1975b, 1977a, 1977b et 1978).

En région métropolitaine, à la fin de cette décennie, on conçoit trois lignes à 315 kV sur pylônes tubulaires. Bien qu'elles ne soient pas encore assujetties à une étude d'impact en vertu du règlement de 1975, elles sont les premières à profiter des design de pylônes tubulaires visant une meilleure intégration dans le tissu urbain. Il s'agit de la ligne d'alimentation du poste Brossard, de la ligne Anjou–Notre-Dame et de la ligne Hertel-Viger (voir la synthèse *Milieu urbain*).

Années 1980

Au cours des années 1980, un certain nombre d'événements ont mené à l'établissement de démarches plus structurées pour l'intégration des lignes.

Au tout début de la décennie, le service Études de tracé consigne le savoir-faire acquis au cours des projets précédents dans le *Manuel du service* (Hydro-Québec, 1980) et réalise les nombreux projets de lignes de son carnet de commande avec la collaboration de plusieurs spécialistes de domaines connexes à l'environnement (géographes, urbanistes et architectes) qu'il vient tout juste d'embaucher. Toutefois, c'est la direction Environnement qui effectue les études spécialisées telles que celles sur le paysage ou sur le milieu biophysique, qui sont par la suite intégrées au rapport d'avant-projet. Une dualité règne entre les deux groupes et, trop souvent, il y a réellement double emploi. C'est pourquoi, en mai 1981, après de nombreux conflits, le service Études de tracé est finalement intégré à la direction Environnement (Fleury, 1999), ce qui permet de mieux rationaliser le déroulement des études de localisation et le partage des responsabilités entre les différents spécialistes.

Peu de temps après, soit en janvier 1982, avec le changement de présidence à la tête d'Hydro-Québec, le programme d'équipements est revu très à la baisse puisque les prévisions en matière de besoins énergétiques au Québec semblent beaucoup trop optimistes, l'entreprise ayant accumulé beaucoup de surplus énergétiques. Bon nombre de projets de lignes et de postes sont abandonnés ou reportés. Désireuse d'écouler les surplus, l'entreprise s'engage à construire une ligne à courant continu de la Baie-James jusqu'à la Nouvelle-Angleterre pour exporter 2 000 MW vers le réseau du New England Power Pool (Fleury, 1999), ce qui permet de planifier les projets des lignes Des Cantons-Nicolet (735 kV), Des Cantons–Nouvelle-Angleterre (± 450 kV) et du poste des Cantons (735-230 kV) et par la suite Radisson-Nicolet-Des Cantons (RNDC) (± 450 kV) ainsi que le pont convertisseur au poste Nicolet. Tous ces projets font l'objet d'études d'impact, d'audiences publiques, puis de suivis environnementaux.

En septembre 1985, on met en place deux nouvelles unités d'environnement dans les régions Maisonneuve et Montmorency, en puisant à même le personnel de la direction Environnement, pour répondre aux besoins des évaluations environnementales des projets de lignes et de postes de répartition, la très grande majorité desquels ne sont pas soumis à une étude d'impact.

Ainsi, pour les projets de transport, la direction Environnement se concentre sur les études préliminaires et les plans directeurs régionaux, sur les études d'impact des projets majeurs assujettis à l'article 31.1 de la LQE ainsi que sur le développement méthodologique visant à rendre plus systématique l'étude d'impact et les évaluations environnementales de tous types de projets de ligne.

Un peu plus tard, à la fin de cette décennie, d'autres grands projets de lignes à 735 kV sont planifiés et mis en route : la Douzième ligne, la Treizième ligne, Des Cantons-Lévis de même que le projet de ligne à 450 kV c.c. Interconnexion Des Cantons-Maine.

■ Critères de localisation

Le *Manuel du service d'Études de tracé* a été conçu en tant que guide qui vise à favoriser une bonne localisation d'équipements, l'objectif principal étant de « concevoir le tracé des lignes du programme d'équipements d'Hydro-Québec de façon à minimiser leurs coûts tout en les intégrant le mieux possible au milieu ». Il contient les principaux critères de localisation.

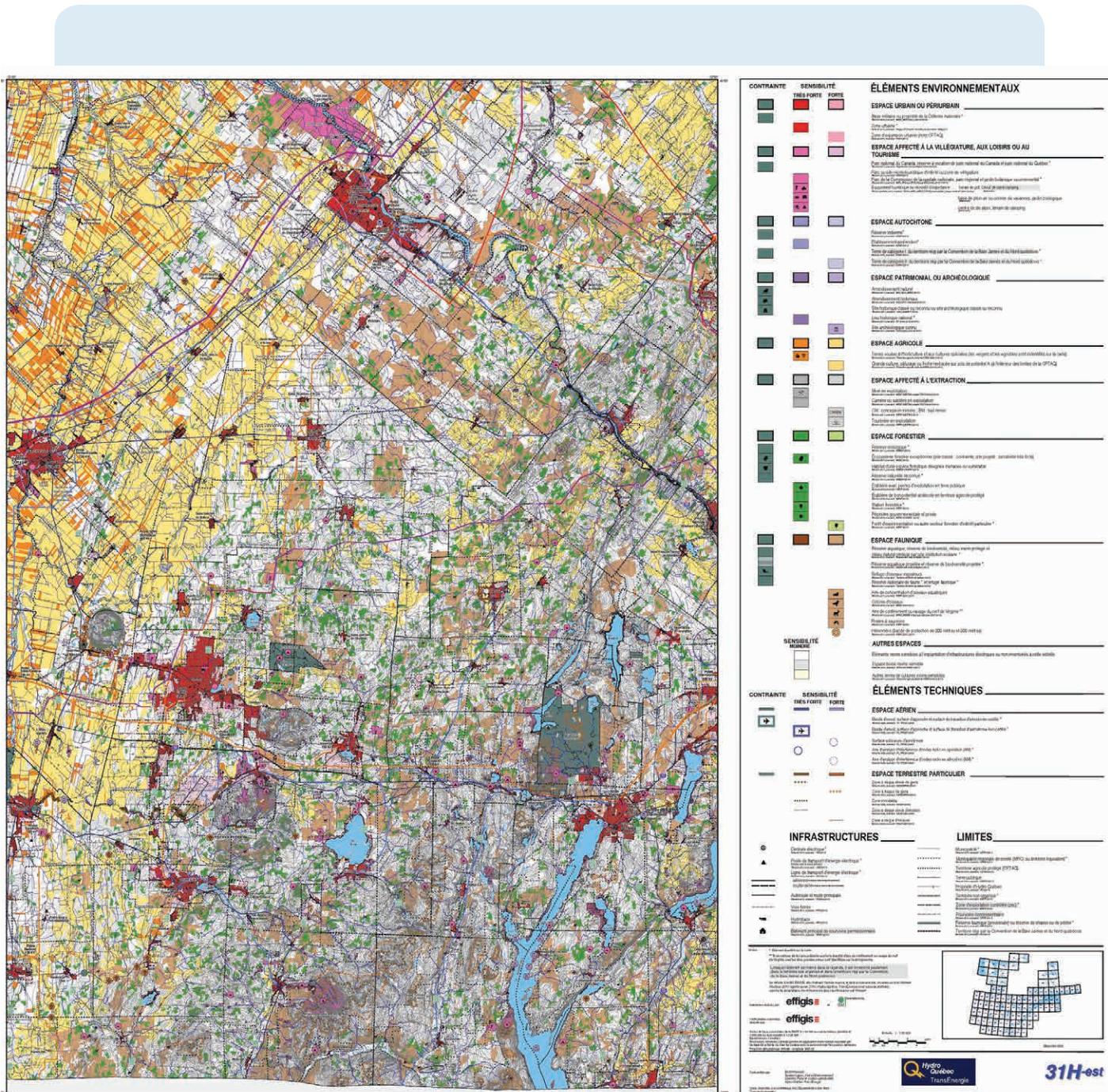
En 1983, afin d'assurer une cohérence des inventaires d'un projet à l'autre, on entreprend la couverture cartographique Éléments environnementaux sensibles à l'implantation d'infrastructures électriques (ÉESIIÉ) (voir la figure 2). Celle-ci permet de mettre en évidence les éléments les plus sensibles qu'il faut tenter d'éviter dans la mesure du possible dans le cadre de n'importe quel projet tout en estompant les éléments les moins sensibles de sorte que d'un seul coup d'œil, les zones d'implantation les plus favorables apparaissent. Ces cartes devaient faciliter grandement l'élaboration d'un tracé qui respecte l'un des principaux critères de localisation déjà établi : éviter les éléments sensibles (Létourneau, 1984).

La même année, une première étude sur la problématique de la juxtaposition des lignes de transport sur le milieu humain (Richard, 1983) est réalisée. Elle a pour objectif de définir, pour chacun des milieux étudiés — à savoir les milieux agricole, urbain et de villégiature —, les avantages et les inconvénients sur le plan des impacts humains de la juxtaposition d'une nouvelle ligne à une autre ligne ou à un corridor de lignes existantes par rapport à l'ouverture d'un nouveau corridor.

En 1985, la *Méthodologie d'études d'impact Lignes et Postes* amorcée en 1983 est officiellement mise en vigueur. Elle propose deux types de critères de localisation : des critères généraux valables pour l'ensemble des projets et des critères spécifiques permettant de respecter la sensibilité propre à chacun des milieux traversés.

Ce sont les projets RNDC et Des Cantons-Lévis et poste Appalaches (DCLA) réalisés à la fin des années 1980 qui marqueront la transition entre la méthode de 1985 et celle parue ultérieurement en 1990, toutes deux ayant donné lieu à l'élaboration d'un guide méthodologique. Ces projets s'appuient sur des critères qui s'inspirent de la méthode de 1985. On y reprend les critères généraux d'élaboration des corridors et des tracés tout en les bonifiant. On précise dans les critères d'intégration qu'il est important de tenir également compte des préoccupations du milieu, c'est-à-dire des demandes des populations soulevées lors des séances d'information et de consultation. Cela est d'autant plus particulier que cette dimension ne figure généralement pas dans ce type de critères. On y favorise aussi le regroupement des équipements existants tout en suggérant d'éviter de réunir plus de deux lignes à 735 kV pour des raisons de sécurité du réseau.

Figure 2 : Feuillet 31H-Est de la couverture cartographique Éléments environnementaux sensibles à l'implantation d'infrastructures électriques



■ Analyse visuelle ou paysagère

En 1981, un premier guide méthodologique d'analyse du paysage est développé (Jean-Pierre Pelletier et Associés, 1981a et 1981b). Cette initiative démontre qu'il importe à cette époque d'abandonner les études visuelles ou paysagères ad hoc souvent très disparates d'une étude à l'autre et de normaliser une démarche permettant une compréhension du paysage d'un territoire donné. Toutefois, dans le cadre d'une revue de littérature effectuée sur les avant-projets de lignes qui ont suivi, on n'a pas trouvé d'étude qui aurait adopté cette démarche.

Par contre, l'analyse visuelle de quelques projets, dont celui de RNDC, est réalisée au moyen du guide 9, intitulé *Guide d'inventaire et d'analyse des champs et horizons visuels, de la Méthodologie d'études d'impact Lignes et Postes* de 1985. Ces premières approches méthodologiques visent généralement une analyse strictement visuelle d'un territoire.

Cependant, le guide 9 et le guide méthodologique du projet RNDC n'ont pu servir à l'analyse du paysage de la vallée du Saint-Laurent pour ce qui est de la traversée du fleuve par la future ligne. Il a fallu une étude ad hoc intitulée *Avis environnemental – Études des modes de traversée du fleuve dans le secteur de Bois-des-Hurons* pour prendre en considération les aspects visuels particuliers du fleuve et énoncer certaines considérations intéressantes sur l'esthétique d'une ligne et de la traversée du fleuve par une ligne (voir les synthèses *Paysage et Traversées du Saint-Laurent et d'autres cours d'eau*).

La même année, une recherche appliquée portant sur l'étude de cas de lignes de différentes tensions allant de 120 kV à 735 kV (Poirier, 1985) présente les facteurs qui favorisent ou entravent l'absorption et l'intégration des équipements au paysage. Elle définit également de nouveaux principes directeurs sur la base des observations effectuées (voir la synthèse *Paysage*).

■ Design des pylônes

Dans le cadre du même projet RNDC, on a conçu plusieurs épures de pylônes pour évaluer leur potentiel en milieu agricole. Les agriculteurs touchés par le tracé ont opté pour l'implantation de nouveaux pylônes à quatre pieds à encombrement réduit de façon à ce que la ligne soit mieux intégrée plutôt que de pylônes de type monopode qui, bien qu'ils soient moins encombrants, ont une portée moins grande et auraient donc été plus nombreux. Certains agriculteurs ont préféré

que les pylônes soient implantés en bordure de leur lot, alors que d'autres ont voulu qu'ils soient au centre afin qu'ils soient plus faciles à contourner (Fréchette, 1989).



Pylône au milieu du lot (projet RNDC)

De même, en 1989, une étude préliminaire de forme de pylônes est réalisée dans le cadre du projet de ligne Des Cantons-Lévis. On y retrouve une multitude d'épures de pylônes à 735 kV, dont celle du premier portique tubulaire à 735 kV qui a finalement été implanté en milieu de villégiature, dans la vallée du lac William.

Années 1990

Le début de la décennie 1990 est marqué par une autre réduction très importante du nombre de projets d'installations de transport, particulièrement en ce qui a trait au réseau principal. On termine les études d'impact pour les rapports d'avant-projet des projets majeurs² déjà très avancés à la fin des années 1980, tels ceux de la Douzième ligne et de DCLA, pour obtenir les autorisations gouvernementales requises et pour défendre ces projets devant le BAPE. On abandonne toutefois la Treizième ligne et l'Interconnexion Des Cantons-Maine à la fin de leur avant-projet.

2. Assujettis à l'article 31.1 de la LQE.

Dès la fin de l'année 1990 paraît la nouvelle édition de la méthode Lignes et Postes, intitulée *Méthode d'évaluation environnementale Lignes et Postes – Démarche d'évaluation environnementale – Techniques et outils*. Celle-ci est présentée comme une mise à jour de la méthode de 1985 qui couvre toutes les étapes d'un projet d'installation, de la planification à l'exploitation, et qui intègre à l'avant-projet les particularités du guide méthodologique de RNDC ainsi que de sa mise en application. En fait, il s'agit de la reconstitution d'une démarche plus structurée qui a un double objectif : la localisation optimale du projet et l'évaluation des impacts. Ce but se traduit donc par la recherche d'une intégration optimale de l'installation.

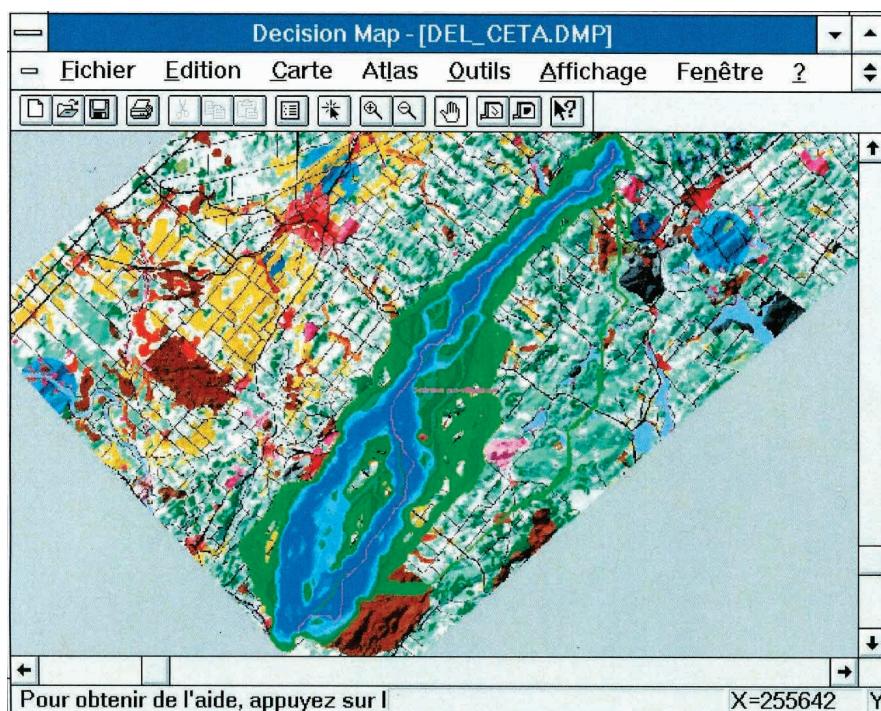
La parution de cet ouvrage entraîne le développement, de 1991 à 1996, des méthodes spécialisées qui feront partie intégrante de l'ensemble de la démarche.

Tout au long de la décennie, on développe en parallèle le procédé informatisé OPTRAC (optimisation de tracé), devenu par la suite SIAD OPTRAC+. Celui-ci vise aussi l'intégration la plus harmonieuse possible d'une ligne en offrant la possibilité de générer différents corridors et tracés sur les mêmes bases méthodologiques que la

démarche d'évaluation environnementale récemment révisée. Il permettait d'analyser immédiatement les répercussions du choix afin de privilégier certains enjeux et critères de localisation (voir la synthèse *Évaluation environnementale*). Le projet de ligne Des Cantons-Lévis (voir la figure 3), puis celui de la ligne Arnaud-Sainte-Marguerite, dont l'avant-projet a été terminé en 1993, ont tous les deux servi de banc d'essai pour ce procédé informatisé.

C'est aussi au cours de cette décennie qu'on mène des études de recherche et développement pour approfondir le bien-fondé du critère de localisation relatif à la juxtaposition des lignes qui était souvent préconisé dans le cadre des projets et pour établir les premiers jalons d'une connaissance sur la contribution du design en regard de l'intégration des installations de transport. Enfin, on effectue également d'importants suivis environnementaux pour évaluer les impacts appréhendés et les mesures d'atténuation des projets réalisés. La plupart des suivis relatifs aux engagements pris dans le cadre des projets de ligne RNDC, Douzième ligne et Des Cantons-Lévis seront accomplis au cours de cette décennie.

Figure 3 : Projet Des Cantons-Lévis à 735 kV – banc d'essai d'OPTRAC : corridor (en bleu) généré par procédé informatisé



En janvier 1998, quelques mois après la restructuration de l'entreprise et la création de TransÉnergie, une division d'Hydro-Québec, une tempête de verglas sans précédent détruit une partie importante du réseau électrique dans le sud du Québec. On planifie alors rapidement plusieurs projets de lignes et de postes afin de rétablir le réseau de transport et d'accroître la sécurité d'alimentation en Outaouais, en Montérégie, sur la rive sud de Montréal, sur l'île de Montréal et à Québec. Au démarrage de ces projets, il est convenu qu'en raison de l'urgence de rétablir le réseau, ceux-ci seront soustraits à la procédure habituelle d'évaluation et d'examen des impacts. Les projets de lignes à 735 kV des Cantons-Hertel, et les projets de ligne à 315 kV Aqueduc-Atwater-Viger et Grand-Brûlé-Vignan de même que le remplacement des deux lignes à 230 kV Laurentides-Québec et La Suète Québec sont rapidement conçus et mis en chantier. Toutefois, on subdivise la ligne des Cantons-Hertel en deux tronçons pour en accélérer la réalisation, soit des Cantons-point Saint-Césaire et Hertel-point Saint-Césaire. Le premier tronçon échappe à toutes audiences, alors que le deuxième tronçon est d'abord soumis à des premières audiences d'un comité ad hoc³ mis sur pied spécifiquement pour l'analyse de ce projet, puis à de véritables audiences du BAPE.



Ligne à 315 kV Aqueduc-Atwater-Viger

Le projet Grand-Brûlé-Vignan sera abandonné après avoir fait l'objet d'audiences publiques devant le BAPE.

■ Critères de localisation

La nouvelle méthode de 1990 ainsi que toutes les méthodes spécialisées sous-jacentes, soit la méthode pour le milieu agricole (Thibaudeau et coll., 1996), la méthode en milieu urbain (Hydro-Québec, 1996) et la méthode du paysage (Le Groupe Viau et coll., 1992), comportent toutes des recommandations qui influent sur l'intégration des lignes. En effet, elles contiennent des critères d'intégration au milieu ou des critères de localisation spécifiques aux milieux concernés.

De plus, quatre études concernant la juxtaposition des lignes ont été menées de 1991 à 1995 :

- *Les effets de la juxtaposition et de la multiplication des lignes de transport et de répartition : revue analytique de la documentation* (Urbatique, 1991) ;
- *Les effets de la juxtaposition et de la multiplication des lignes de transport et de répartition sur l'aménagement du territoire : revue synthèse de la documentation* (Hydro-Québec, 1992) ;
- *Les effets environnementaux de la juxtaposition et de la multiplication de lignes de transport et de répartition sur l'aménagement du territoire : étude de cas* (Urbatique et Hydro-Québec, 1993) ;
- *Les effets potentiels de la juxtaposition et de la multiplication des lignes de transport et de répartition sur l'aménagement du territoire ; guide d'analyse* (Élie et coll., 1995).

Ces études, très explicites par leurs intitulés, se concentrent plus particulièrement sur les effets, positifs ou négatifs, de la pratique de la juxtaposition des lignes et de leur multiplication dans le territoire. Il ne semble toutefois pas se dégager de consensus quant au fait de préconiser une stratégie par rapport à l'autre en ce qui a trait à la juxtaposition et à la multiplication des lignes. Le suivi des impacts sur le paysage de la Douzième ligne (Massé et Moisan, 1995), apporte aussi des précisions sur la question de la juxtaposition.

3. Appelé comité Blanchette.

■ Analyse visuelle ou paysagère

Au cours de cette décennie, la *Méthode d'étude du paysage pour les projets de lignes et de postes de transport et de répartition* (Le Groupe Vial et coll., 1992), méthode spécialisée qui a été conçue pour faire partie intégrante de la nouvelle démarche d'évaluation environnementale Lignes et Postes, devient la méthode normalisée pour l'analyse paysagère de tous les projets. Elle est amendée en 1996 par un document complémentaire réalisé à la suite d'une expérience d'informatisation de la méthode d'étude du paysage dans le cadre du développement du procédé informatisé OPTRAC qui a permis de mettre en évidence certaines de ses lacunes (voir les synthèses *Évaluation environnementale et Paysage*). Cette méthode d'étude du paysage s'est fortement inspirée tant des constats issus d'un atelier de réflexion sur l'analyse visuelle et le paysage qui avait réuni, en 1989, des spécialistes du milieu universitaire, de l'entreprise privée, des ministères québécois, de la Ville de Montréal et d'Hydro-Québec que des principaux enseignements du rapport du *Suivi environnemental des impacts visuels – Parties centre et sud – Ligne à 450 kV c.c. Radisson-Nicolet-Des Cantons* (Le Groupe conseil Entraco Inc., 1991). Elle marque le passage de l'analyse strictement visuelle des installations dans un milieu à l'analyse paysagère où sont prises en charge les dimensions concrètes, symboliques et visuelles du paysage, laquelle, de ce fait, est beaucoup plus englobante.

La méthode d'étude du paysage pour les projets de lignes et de postes de transport et de répartition est encore utilisée en 2012, mais son application, d'une étude à l'autre, peut donner des rendus très différents, et les amendements proposés dans le document complémentaire de 1996 ne semblent pas toujours connus ni appliqués dans plusieurs études subséquentes à sa parution. Le document complémentaire ayant paru au moment de grands bouleversements administratifs au sein de l'entreprise, il se peut que sa diffusion ait été plutôt restreinte.

Les trois suivis environnementaux sur le paysage effectués au cours de cette décennie ont apporté d'autres enseignements à l'analyse paysagère. Le suivi du paysage de RNDC a fortement inspiré la démarche actuelle. Le suivi du paysage sur la Douzième ligne (Massé et Moisan, 1995) a permis de conclure que la

méthode d'étude du paysage, conçue pour le Québec méridional, s'appliquait difficilement au milieu nordique. Celui sur la ligne Des Cantons-Lévis (Le Groupe conseil Entraco Inc., 1997) a permis de vérifier la justesse des impacts appréhendés au cours des études d'avant-projet ainsi que de mesurer l'efficacité et la performance des mesures d'atténuation préconisées.

■ Design des pylônes

Au cours de cette décennie, on s'intéresse de façon plus rigoureuse au rôle du design d'un pylône dans l'intégration d'une ligne.

L'Entente Hydro-Québec–Union des producteurs agricoles (HQ–UPA, 1986) (voir la synthèse *Milieu agricole*) a suscité des préoccupations quant à la performance des pylônes en milieu agricole, et les études menées à la fin des années 1980 n'ont pas apporté toutes les réponses attendues. On poursuit ainsi les études de performance des pylônes. En 1991 paraît une étude intitulée *Évaluation de la performance environnementale de pylônes à encombrement réduit en milieu agricole* (Ferdais et Renaud, 1991). Celle-ci vise à qualifier les aspects environnementaux (utilisation du sol et aspect visuel) de divers modèles proposés pour un pylône à 120 kV à encombrement réduit en milieu agricole. L'évaluation de la performance a porté sur six types de pylônes : le pylône normal à treillis, le pylône à treillis à base réduite, le pylône à consoles isolantes, le pylône à membrures creuses et à connexions à moment, le pylône tubulaire et le BOC normalisé à Hydro-Québec. Dans le cadre du projet DCLA, on a aussi conçu des pylônes à treillis à encombrement réduit à 735 kV afin d'appliquer les recommandations préconisées dans l'Entente HQ–UPA. Plus tard au cours de la décennie, on a effectué une étude de suivi environnemental intitulée *Étude de différents types de pylônes sur les terres cultivées de la ligne à 735 kV Des Cantons-Lévis-Appalaches (DCLA)* (Binet et coll., 1998) afin d'évaluer la performance des différents pylônes à 735 kV implantés en milieu agricole. Par ailleurs, à l'occasion du suivi environnemental du paysage (Le Groupe conseil Entraco Inc., 1997), dans le cadre du même projet, on s'est aussi penché sur la performance des pylônes utilisés et leur design, évaluant tant les pylônes à treillis traditionnels que les nouveaux portiques tubulaires.

En parallèle à ces études concernant la conception de pylônes à encombrement réduit permettant de limiter la perte de superficies agricoles et de faciliter leur contournement par la machinerie agricole et d'autres types de pylônes qui visent à atténuer l'impact visuel, on mène une autre étude plus théorique pour mieux comprendre le rôle du design de pylône dans l'intégration d'une ligne. Cette recherche intitulée *La contribution du design à l'intégration dans l'environnement des ouvrages de transport d'énergie électrique – rapport d'analyse*⁴ (Aménatech Inc. et coll., 1996) cible principalement le design, les caractéristiques techniques et visuelles des équipements ainsi que la façon dont ces caractéristiques influencent les possibilités d'intégration. Cette étude s'est appuyée sur une revue documentaire de plus de 350 titres et sur les résultats d'une enquête menée auprès d'une centaine d'entreprises d'électricité en Amérique du Nord, en Europe et au Japon.

Années 2000

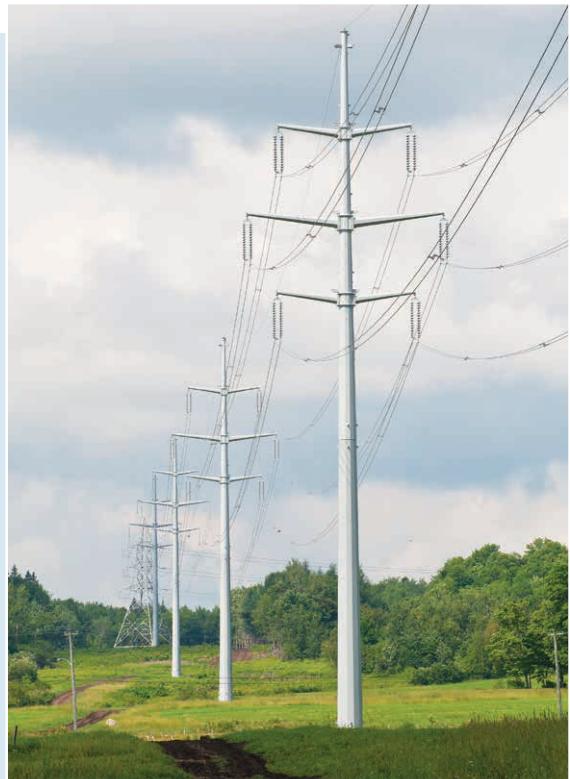
Le début de la décennie 2000 est surtout marqué par la mobilisation des ressources pour les projets d'installations réalisés après la tempête de verglas de janvier 1998. L'équipe Environnement de HQT reçoit le mandat de faire le bilan des projets du verglas du point de vue environnemental. À la lumière des rapports du BAPE et des comités ad hoc ainsi que des comptes rendus des conseillers en communication (relations avec le milieu) assignés à ces projets, on établit qu'il existe plusieurs lacunes. Cet exercice mène à l'élaboration d'un programme en études d'impact qui donne lieu à la réalisation de plusieurs études de recherche et développement de 2000 à 2008. Il visait, entre autres, à réviser les critères de localisation à l'aide d'études de cas pour juger des bonnes ou des mauvaises applications de ces critères (Genest, 2006), à approfondir les connaissances sur les aspects visuels (Gariépy et coll., 2004) et les problèmes de bruit (André et Gagné, 2002) liés à la proximité des installations à des résidences, à établir des critères de conception de pylônes selon les différents milieux d'implantation (Leclerc et coll., 2000 ; Findeli et coll., 2005) ainsi qu'à analyser les enjeux soulevés dans les projets de lignes et de postes soumis au BAPE (Roy, 2007) afin d'en faire ressortir les enjeux environnementaux émergents et d'en tirer des enseignements pour améliorer la réalisation des projets futurs.

4. Une synthèse de cette étude a été publiée conjointement par Hydro-Québec et Électricité de France sous le titre de *L'intégration dans l'environnement des ouvrages de transport d'énergie électrique : contribution du design*.

Au même moment, la mise en place d'un système de gestion environnementale basée sur la norme ISO 14001 conduit HQT à se doter d'un cadre plus formel pour coordonner les activités environnementales liées à son processus d'affaires Transporter l'énergie. L'accréditation est obtenue en 2002 ; en 2012, HQT en assure toujours le maintien. C'est dans ce contexte que sont mises en évidence les différentes activités environnementales nécessaires pour répondre à toutes les étapes de conception, de réalisation et d'exploitation des installations de transport. Ainsi, par souci d'intégration des préoccupations environnementales dès la planification des projets, on développe différents outils et encadrements pour mieux cerner les principaux enjeux et valider les scénarios proposés. De même, pour les besoins de la conception et de la réalisation des projets de lignes et de postes, on élaborer des normes et des procédures tout au long de la décennie afin de préciser les exigences générales et particulières de conception qui doivent être intégrées au cahier des charges pour le volet environnemental.

Responsable du suivi environnemental, HQT fait paraître dès 2000 une brochure faisant la synthèse des suivis environnementaux du projet DCLA intitulée *Enseignements du suivi environnemental : Ligne à 735 kV des Cantons-Lévis et poste des Appalaches à 735-230 kV*. Jusqu'en 2007, un autre grand suivi environnemental se poursuit. Il touche plusieurs problématiques relatives au projet de ligne à 735 kV des Cantons-Hertel et plus spécifiquement au tronçon Hertel–point Saint-Césaire. En 2008, HQT fait la synthèse de ce suivi environnemental et produit la brochure *Ligne à 735 kV des Cantons-Hertel et poste de la Montérégie à 735 kV-120 kV : Boucle montérégienne – Enseignements du suivi environnemental* (Létourneau et coll., 2008).

Après les projets du verglas, le programme d'équipements d'Hydro-Québec ayant trait aux lignes se concentre en très grande partie sur l'intégration de plusieurs parcs éoliens au réseau de transport et à plusieurs projets de réfection ou de reconstruction pour lesquels on ne peut s'appuyer sur aucune démarche rigoureuse afin d'assurer une intégration harmonieuse. À la toute fin de la décennie, on amorce deux projets qui seront soumis aux audiences publiques du BAPE tels que l'alimentation du poste Anne-Hébert et le raccordement du complexe de la Romaine, lequel exige la réalisation de quatre lignes de transport : l'une à 315 kV et les trois autres à 735 kV mais que l'on prévoit exploiter à 315 kV.



*Ligne d'alimentation à 315 kV du poste Anne-Hébert
(315-25 kV)*



*Construction d'une ligne de raccordement
du complexe de la Romaine
au réseau d'Hydro-Québec (2012)*

■ Critères de localisation

Par l'examen des projets du verglas et d'autres projets antérieurs, on constate que les critères de localisation étaient souvent utilisés sans discernement, c'est-à-dire qu'ils ne servaient pas véritablement à soutenir un enjeu ou à renforcer la structure du territoire. Dans certains projets, les critères mis en évidence ont servi à justifier des choix de tracés, mais ils n'ont pas nécessairement été retenus pour faciliter une meilleure intégration des lignes dans un territoire donné. Chacun des critères énoncés dans l'une ou l'autre des méthodes élaborées au cours des années 1990 aurait dû faire l'objet d'une analyse avant d'être sélectionné pour appuyer une démarche de localisation dans le cadre d'un projet. Tout dépendant du type de projet et de sa zone d'étude, le même critère peut avoir des effets négatifs ou positifs. C'est pourquoi on constate qu'il aurait été nécessaire d'effectuer un examen attentif du territoire pour déterminer les caractéristiques de l'organisation spatiale et de relever les véritables enjeux associés au projet dans ce territoire. Cet exercice est d'autant plus nécessaire quand la zone d'étude du projet est vaste. En 2006, on s'est intéressé aux avantages et aux inconvénients de plusieurs de ces critères dans le cadre d'un projet de recherche et développement, mais l'étude est malheureusement restée inachevée. L'exercice a été repris en 2010 dans le cadre de l'élaboration des exigences de conception pour les lignes et a donné lieu à une refonte plus ordonnée des critères de localisation de lignes.

De plus, dans le cadre de l'étude de suivi environnemental sur la structure du territoire et le paysage (Létourneau et coll., 2007) relative au tronçon entre le poste Hertel et le point Saint-Césaire, dont le tracé de ligne retenu s'appuie entièrement sur le jumelage de la ligne à l'autoroute 10⁵ sur 37 kilomètres, on a analysé les conséquences de ce choix sur le territoire. Il fallait documenter ce cas afin d'en dégager des enseignements plus précis.

■ Analyse visuelle ou paysagère

L'*Étude de suivi environnemental sur la structure du territoire et du paysage* de la ligne Hertel-point Saint-Césaire a apporté une autre dimension à l'analyse paysagère. En effet, elle a été réalisée à partir d'un certain nombre de paramètres d'analyse, tant pour la structure du territoire (lisibilité, puissance, logique et cohérence) que pour le paysage (intégrité, identité et perception), qu'on a spécifiquement définis pour ce suivi afin de mieux cerner les aspects multidimensionnels de l'impact de la ligne et d'en chercher les causes déterminantes.

5. Ce critère n'était même pas retenu dans la méthode Lignes et Postes de 1990.

Il s'avère que cette approche présente plusieurs points en commun avec l'approche préconisée dans l'analyse paysagère de la ligne à 735 kV Chamouchouane-Saguenay qui a été réalisée en 1975, mais cette dernière était méconnue à l'époque de la réalisation du suivi⁶. L'analyse a permis de mettre en lumière d'autres éléments relatifs à l'intégration harmonieuse d'une ligne qui peuvent renforcer la structure du territoire de manière à améliorer les représentations mentales qu'on s'en fait⁷.

En 2008, le rapport *Élaboration et mise en œuvre d'une ligne de transport : conditions de cohérence du projet de paysage*, issu des travaux de la Chaire en paysage et environnement de l'Université de Montréal (CPEUM), amorce une réflexion en marge des évaluations environnementales traditionnelles. En abordant le projet de ligne sous l'angle du projet de paysage, cette approche s'inscrirait à la fois dans le processus même des projets et de leur planification ainsi que dans la mise en forme finale.

■ Design des pylônes

Au cours de cette décennie, deux importantes études sont menées sur le design des pylônes. Elles sont toutes deux dictées par une recommandation contenue dans le rapport du comité Blanchette paru en 1998 dans le cadre du projet Hertel–Saint-Césaire. Celui-ci recommandait l'utilisation du pylône tubulaire en tant que mesure d'atténuation à l'impact visuel occasionné par l'implantation de la ligne le long de la route, mais il recommandait qu'Hydro-Québec poursuive des études à plus long terme afin de concevoir des pylônes plus appropriés et moins chers que les tubulaires⁸.

À la suite de cette recommandation, HQT s'est engagée à amorcer l'étude de nouveaux types de pylônes à 735 kV pour les projets futurs. L'objectif de cette première étude était d'effectuer une analyse de type survol afin de cerner la problématique d'intégration des pylônes à 735 kV en milieu organisé. Compte tenu que le tronçon Hertel–point Saint-Césaire a été par la suite soumis à la procédure régulière d'évaluation et d'examen des impacts, de nouvelles audiences ont été organisées par le BAPE.

Il a été exigé que l'étude en cours soit déposée à l'été 2000, avant la seconde partie de ces audiences. Ainsi, dans l'étude *Accompagnement d'expertise en design industriel : Orientations pour l'étude de conception de pylônes esthétiques à encombrement réduit* (Leclerc et coll., 2000), la CPEUM a analysé cinq familles de pylônes, version tubulaire et version treillis. Ces familles avaient fait l'objet d'une sélection et d'une description dans un rapport produit auparavant par l'équipe de conception de lignes (Lemieux et Binette, 1999). Cette analyse a été faite en fonction de cinq milieux types. HQT a produit un rapport synthèse (Allard et Létourneau, 2000) qui dresse un bilan de l'étude technique de conception et de l'étude d'expertise en design pour faire connaître sa position quant aux nouveaux types de pylônes. Ce rapport a été déposé auprès du BAPE à la date prévue. Le pylône retenu pour le projet est le résultat d'un compromis qui s'écartait un peu des résultats de l'étude menée par la Chaire.

Afin de donner suite à la recommandation du rapport du comité Blanchette, une seconde étude de recherche et développement relative au design de pylônes, beaucoup plus exhaustive, a été menée subséquemment par la CPEUM (Findeli et coll., 2005). Celle-ci s'est penchée sur l'établissement des critères de design pour les équipements de transport d'énergie à partir de la documentation disponible sur des précédentes démarches de design de pylônes réalisées dans le monde entier. Elle a fait l'objet d'une étude de caractérisation et de repérage au Québec, d'une enquête par différentiel sémantique de différentes épures de pylônes auprès de 99 personnes, d'une enquête qualitative auprès de 12 personnes ainsi que d'un atelier d'analyse de design de pylônes. Le rapport en trois volumes est enrichi d'une base de données contenant plus d'une centaine de modèles de pylônes.

Enfin, l'*Étude de suivi environnemental sur la structure du territoire et le paysage* (Létourneau et coll., 2007) s'est aussi intéressée à l'impact du nouveau portique à treillis et aux quatre portiques tubulaires utilisés pour l'implantation de la ligne entre le poste Hertel et le point Saint-Césaire.

-
6. Les deux études s'appuient en partie sur les concepts de Kevin Lynch.
 7. Concept d'imagibilité selon l'étude de Kevin Lynch.
 8. Rapport Blanchette, p. 103 et 71.

Résultats

Critères de localisation ou d'intégration au milieu

Depuis les premières études de localisation et d'impact, comme en témoigne l'étude d'environnement pour la localisation de lignes de transport d'énergie à 735 kV entre les postes Châteauguay et Chénier parue en 1976, le choix des critères de localisation est une étape importante de la démarche de localisation d'une ligne. Toutes les études subséquentes présentent les critères pertinents pour le projet à l'étude. Cependant, ces critères ont été consignés dans différents ouvrages méthodologiques de façon plus systématique.

Critères énoncés dans le Manuel du service d'Études de tracé (1980)

Dans le *Manuel du service*, on préconise des pratiques restrictives ou incitatives permettant de protéger certains éléments du milieu naturel ou humain ou visuel. De même, on énonce des critères d'intégration au milieu plus précis tels que le respect de l'orientation cadastrale, la protection de la qualité des paysages et la protection du patrimoine.

Il est également précisé que l'élaboration du tracé doit tenir compte des éléments d'inventaires des milieux naturel, humain et visuel selon trois catégories :

- contrainte (élément incompatible avec le passage d'une ligne, élément qui empêche le passage d'une ligne) ;
- résistance (élément qui freine à un degré plus ou moins important le passage d'une ligne) ;
- compatibilité (élément conciliable avec le passage d'une ligne).

On y souligne aussi que l'application des critères de conception des lignes n'est pas systématique. L'importance ou la pertinence de chacun de ces critères doit être relativisée en fonction des milieux traversés.

Critères de la Méthodologie d'études d'impact

Lignes et Postes (1985)

Les critères généraux de la méthode de 1985 sont généralement associés à :

- la sélection d'espaces de moindre sensibilité et résistance ;
- la configuration d'un tracé le plus court et le plus direct entre deux points étant celui le plus satisfaisant sur les plans technique, économique et environnemental ;
- l'exploitation des éléments structurants (routes, chemins de fer, corridors d'infrastructures et limites territoriales, administratives ou agricoles), des interfaces du territoire (espaces contacts entre différents types d'utilisation du sol), de la topographie et des terres publiques.

Cette méthode souligne également que pour la configuration du tracé, il est nécessaire de prendre en considération les obstacles, la géographie et l'organisation du territoire visé par le projet. Cela a notamment pour conséquence qu'on s'écarte d'une ligne totalement droite et qu'on arrive davantage à un tracé à la ligne brisée. On recommande néanmoins de limiter l'usage des pylônes d'angle, qui ne sont pas avantageux sur les plans technique, économique et esthétique ni sur le plan de l'encombrement.

Quant aux critères particuliers, ils sont les suivants :

- en milieu agricole :
 - favoriser l'orientation cadastrale et les lignes de lot ;
 - limiter le nombre de pylônes sur les terres et s'éloigner des bâtiments agricoles ;
- en milieux forestier et faunique :
 - tenir compte des plans de gestion de la forêt ;
 - éviter les zones définies de ravages de cerfs de Virginie.

Par ailleurs, la méthode souligne que les critères de localisation ne doivent pas être confondus avec les mesures d'insertion aujourd'hui appelées mesures d'atténuation. Ces dernières favorisent également une meilleure intégration d'un tracé au milieu par des moyens visant à éliminer ou à réduire les impacts d'un tracé.

Critères de la démarche d'évaluation environnementale

Lignes et Postes (1990)

La méthode de 1990 a retenu comme critères courants les critères généraux de la méthode de 1985 aux phases 1 et 2 des avant-projets ainsi que les critères particuliers. En somme, dans l'élaboration des corridors et des tracés, il s'agit de sélectionner des espaces de moindre sensibilité et de moindre résistance, de configurer un tracé qui soit le plus court possible et d'exploiter les éléments structurants du territoire. Dans cette méthode, on ajoute certains critères pour éviter des problèmes de nature technique et d'autres plus spécifiques pour minimiser les impacts visuels. Ainsi, on préconise de :

- favoriser une ligne oblique dans les pentes et les terrains boisés pour réduire l'impact visuel occasionné par le déboisement ;
- éviter les sommets les plus élevés pour limiter l'impact sur le paysage ;
- traverser les routes à angle droit en profitant des espaces boisés pour limiter l'impact visuel ;
- réduire le nombre de traversées de cours d'eau afin d'éviter l'utilisation des pylônes de traversée.

Sur le plan technique, d'autres critères se sont ajoutés, tel l'évitement du jumelage d'une ligne à courant alternatif à une ligne à courant continu.

Par ailleurs, la méthode stipule d'évaluer attentivement l'intérêt du jumelage ou de la juxtaposition des lignes électriques pour chaque projet par rapport aux impacts cumulatifs que cette pratique peut générer, et ce, plus particulièrement sur le plan visuel. Dans les années 1990, les critères de juxtaposition des lignes ont été parmi ceux que l'on a le plus étudiés afin de mieux orienter et comprendre cette pratique.

Critères sur la juxtaposition des lignes

L'étude sur la problématique de la juxtaposition des lignes de transport sur le milieu humain (Richard, 1983) tire certaines conclusions quant aux milieux agricole, urbain et de villégiature. En ce qui concerne le milieu agricole, on constate que les difficultés d'exploitation des terres agricoles liées à la présence des équipements s'accroissent à mesure qu'on ajoute une nouvelle ligne à une ou plusieurs lignes existantes. C'est pourquoi on a avantage à restreindre la juxtaposition à deux lignes par lot (lot moyen de 170 m x 1 700 m) et à quatre lignes au total sur des lots contigus. En milieu urbain, on privilie, si possible, la juxtaposition d'une nouvelle ligne à une ligne existante, car la largeur d'emprise à acquérir est moindre que pour l'ouverture d'un nouveau corridor. Cependant, on conseille d'optimiser les emprises existantes en remplaçant les lignes existantes par des lignes de plus grande capacité sur des supports tubulaires plus esthétiques et en recherchant la juxtaposition à d'autres infrastructures linéaires telles que des voies ferrées et des parcs industriels linéaires. Quant au milieu de villégiature, on préconise l'ouverture d'un nouveau corridor si la ligne existante est mal située, mais on recommande de jumeler la nouvelle ligne à une ligne existante si cette dernière est bien intégrée. Enfin, on apporte d'autres précisions : il est préférable de juxtaposer des lignes de même tension et de structures identiques et symétriques. Si les lignes sont de tensions différentes, les structures devraient être symétriques et les portées, de même longueur.

Des quatre études réalisées entre 1991 et 1995, il ne semble pas se dégager de consensus quant au fait de préconiser une stratégie par rapport à l'autre en ce qui a trait à la juxtaposition et à la multiplication des lignes.



Jumelage des lignes à 735 kV Boucherville-Nicolet et Hertel-Nicolet en retrait de l'autoroute 20

Certains principes généraux se dégagent de certaines études, mais il faut les relativiser en fonction de leurs avantages et de leurs inconvénients sur le plan visuel, social et technicoéconomique, tout en se préoccupant des répercussions à long terme sur un seuil potentiel de saturation à l'échelle locale, régionale et nationale. Néanmoins, ces études énoncent quelques recommandations sur les pratiques à adopter en fonction des milieux d'implantation.

L'étude de 1991 intitulée *Les effets de la juxtaposition et de la multiplication des lignes de transport et de répartition : revue analytique de la documentation* (Urbatique, 1991) a révélé qu'il semble y avoir plus d'avantages à pratiquer la juxtaposition en milieu urbain, alors qu'il semble y avoir plus d'inconvénients en milieu agricole et de villégiature. En milieu naturel, les inconvénients touchent principalement la faune et la flore. Sur le plan technicoéconomique, les avantages sont la réduction des coûts d'acquisition, de construction et d'entretien. Les inconvénients touchent la fiabilité et la sécurité du réseau.

L'étude de 1992 intitulée *Les effets de la juxtaposition et de la multiplication des lignes de transport et de répartition sur l'aménagement du territoire : revue synthèse de la documentation* (Hydro-Québec, 1992) souligne quant à elle qu'un territoire possède une certaine capacité d'accueil que les ajouts successifs d'équipements viennent compromettre et qu'un seuil de saturation peut être atteint de différentes manières selon le type de milieu.

L'étude de 1993 intitulée *Les effets environnementaux de la juxtaposition et de la multiplication des lignes de transport et de répartition sur l'aménagement du territoire : étude de cas* (Urbatique et Hydro-Québec, 1993) avait pour principal objectif de définir différents critères permettant de circonscrire le territoire le plus approprié et suffisamment complexe pour qu'on puisse y réaliser une étude de cas sur la juxtaposition des lignes qui permettrait de juger des propositions concrètes de juxtaposition et de multiplication de lignes. En appliquant les critères développés dans cette étude, on a finalement retenu la municipalité régionale de comté (MRC) de Beauharnois-Salaberry.

Pour sa part, l'étude de 1995 intitulée *Les effets potentiels de la juxtaposition et de la multiplication des lignes de transport et de répartition sur l'aménagement du territoire : guide d'analyse* (Élie et coll., 1995) va développer l'idée qu'en cas de possibilité de juxtaposition, la pertinence de cette option devrait être étudiée selon

deux principaux paramètres : les effets visuels et les effets fonctionnels. Les effets visuels sont déterminés par l'encombrement visuel tandis que les effets fonctionnels sont définis par l'encombrement physique du territoire résultant de la présence des équipements et de l'emprise. L'importance des effets générés par l'encombrement visuel ou physique des équipements et de l'emprise est évaluée selon le degré de perturbation du milieu et le degré de perception (voir les définitions dans la section Vocabulaire). On complète ensuite le rapport d'étude par l'étude du territoire pilote sélectionné dans l'étude précédente, soit la MRC de Beauharnois-Salaberry, afin de valider le développement méthodologique du guide d'analyse. Cette étude s'appuie en outre sur la *Méthode spécialisée d'évaluation du mode de valorisation des éléments environnementaux* (Option Aménagement et coll., 1995) réalisée en 1994, laquelle décrit les principales préoccupations recensées : risque sur la santé et la sécurité, effet de barrière, valeur des propriétés, bruit lié au fonctionnement de l'équipement, lieux culturels et historiques, espaces à vocation récréative, passage sur les terrains privés ainsi que tourisme et activités économiques (agriculture, foresterie, mines, etc.).

Critères issus des méthodes spécialisées

■ Milieu agricole

Dans la *Méthode d'évaluation environnementale Lignes et Postes* de 1990, la définition des critères de localisation relatifs au milieu agricole s'appuie sur ceux préconisés dans l'Entente HQ–UPA. Ainsi, les critères incitatifs ou restrictifs qui y sont élaborés sont repris dans la méthode spécialisée pour le milieu agricole de manière à servir à l'élaboration d'un tracé. Ces critères préconisent de :

- favoriser la localisation d'un poste et d'une ligne électrique à la limite de la zone agricole protégée en vertu de la *Loi sur la protection du territoire agricole*⁹ (L.R.Q. c. P-41.1), sur des terres au potentiel plus limité ou dans les boisés de faible qualité ;
- suivre l'orientation cadastrale, les lignes de lot ou de concession et les emprises existantes ;
- protéger les érablières, les vergers, les plantations, les forêts sous aménagement, les coupe-vent et les autres boisés de qualité forte ou moyenne, ainsi que les terres drainées souterrainement ;
- limiter le nombre de pylônes en milieu cultivé ;
- s'éloigner des bâtiments agricoles et des piscicultures ;
- éviter les zones sensibles à l'érosion.

9. Cette loi s'appelle aujourd'hui la *Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles*.

■ Paysage

Les critères généraux de localisation relatifs au paysage présentés dans la méthode spécialisée pour le paysage (Le Groupe Viau et coll., 1992) reposent sur l'évitement des unités de paysage présentant une contrainte légale ou une résistance très forte ou forte par rapport à l'implantation d'une ligne, c'est-à-dire des zones d'enjeux significatifs du territoire caractérisées par une faible capacité d'intégration et faisant l'objet d'une forte valorisation par la population. Dans la méthode, on ajoute que lorsque l'évitement des unités de paysage contraignantes n'est pas possible, il faut favoriser le respect des critères particuliers de localisation.

Ces critères particuliers de localisation sont les suivants :

- favoriser l'implantation de l'équipement dans les milieux dont la capacité d'absorption est forte ; exploiter, lorsque possible, les milieux tels que les vallées ou les dépressions des territoires possédant des coteaux, des collines et des monts qui en favorisent l'absorption, de même que les espaces où le couvert forestier est abondant et dense ;
- favoriser l'implantation de la ligne dans les milieux dont la capacité d'insertion est forte ; en ce qui a trait aux lignes, exploiter les éléments structurants de l'organisation du territoire, tels que les limites territoriales et cadastrales, les infrastructures linéaires (excluant les routes) et les vallées qui sont significatives sur le plan de l'organisation spatiale et visuelle ;
- favoriser la juxtaposition des lignes le long des emprises électriques existantes, dans la mesure où une étude de saturation visuelle l'aura permise ; il s'agit alors de s'assurer que la hauteur, la portée et le type de structures des nouvelles lignes peuvent s'harmoniser avec les composantes du milieu existant ;
- intégrer la ligne en tenant compte des formes majeures du relief ; en zone de relief marqué (collines, hautes collines et monts), privilégier un tracé sinueux qui s'adapte harmonieusement à la configuration des composantes du paysage ; en terrain plat, privilégier un tracé rectiligne qui s'appuie sur la configuration des importantes infrastructures linéaires du milieu ;
- éviter de localiser l'équipement dans les secteurs visuellement très exposés des unités de paysage, soit à l'intérieur des clairières et des champs agricoles, sur les lignes de crête des sommets dominants, de même que sur les versants exposés des pentes significatives ;

- éviter de localiser l'équipement à l'intérieur des champs visuels offerts depuis les lieux à vocation privilégiée, ou depuis les lieux d'observation stratégique dirigés vers les éléments particuliers du paysage (les points de repère régionaux ou locaux et les lieux ou zones d'intérêt visuel) ;
- éviter d'introduire l'équipement à l'intérieur des champs visuels où sa présence risque de créer un contraste important avec le caractère et l'échelle des composantes du paysage ;
- éviter les champs visuels dont les composantes possèdent un caractère privilégiant l'intégrité du paysage et dont l'échelle est incompatible avec celle d'un équipement ;
- éviter que le profil des équipements apparaisse en silhouette dans le ciel ; s'assurer que le profil vertical des équipements concorde avec celui du relief de façon à ne pas altérer la silhouette du paysage.

La méthode d'étude spécialisée du paysage pour les projets de lignes et de postes de transport et de répartition s'est fortement inspirée des principaux enseignements tirés du rapport *Suivi environnemental des impacts visuels – Parties centre et sud – Ligne à 450 kV c.c. Radisson-Nicolelet-Des Cantons* (Le Groupe conseil Entraco Inc., 1991). Les annexes 2 et 3 de la méthode reprennent les principes de localisation relevés dans le suivi.

En plus d'y trouver de nombreux exemples illustrés des pratiques d'intégration à préconiser, ce suivi propose des principes de localisation des lignes selon les paysages traversés :

- localiser le plus possible la ligne à la limite de deux unités de paysage ;
- localiser le plus possible la ligne à la lisière d'un boisé ou d'un champ agricole ;
- éviter d'effectuer un changement d'alignement dans l'axe visuel d'une route ;
- éviter toute déviation, même la plus minime, dans l'alignement du tracé visible d'un lieu valorisé ;
- éviter de localiser une ligne en bordure immédiate d'une route et parallèle à celle-ci ;
- privilégier l'implantation d'une ligne dans un paysage diversifié ;
- privilégier l'emprunt de corridors d'énergie existants seulement dans la mesure où ceux-ci s'intègrent déjà bien aux caractéristiques du paysage environnant.

Ces principes généraux sont appropriés pour l'ensemble des paysages, mais particulièrement pour les paysages à relief plat.

Pour les paysages à relief vallonneux ou montagneux, le suivi ajoute d'autres critères. Ainsi, il est souhaitable de prendre les mesures suivantes :

- s'assurer que l'alignement du tracé suit le plus possible une ligne dominante du paysage ;
- éviter de positionner un tracé perpendiculairement aux courbes de niveau ;
- éviter le plus possible de positionner le tracé sur des lignes de crête ou des points hauts du paysage ;
- s'assurer que le tracé d'une ligne en surplomb soit positionné à l'extérieur du champ visuel perceptible à partir de points de vue privilégiés ou de lieux valorisés ;
- éviter, dans la mesure du possible, toute superposition visuelle de deux tangentes sur des sommets visibles ;
- éviter le plus possible la juxtaposition d'équipements linéaires sur des sommets visibles.

■ Milieu urbain

Les critères généraux de localisation des lignes en milieu urbain issus de la méthode spécialisée de 1996 pour le milieu urbain (Hydro-Québec, 1996) s'appuient sur les caractéristiques fonctionnelles, morphologiques, visuelles, naturelles et sociales du milieu urbain. Ils privilégient les secteurs où les enjeux d'implantation de la ligne sont moyens, faibles ou très faibles, c'est-à-dire :

- les secteurs d'enjeux qui ont une forte capacité d'intégration fonctionnelle, caractérisés par la présence actuelle ou projetée de fonctions ou d'activités compatibles avec la présence d'une ligne (fonctions d'utilités publiques, fonctions industrielles, en excluant les parcs de haute technologie, etc.) et dans le respect des activités qui y sont pratiquées ;
- les secteurs d'enjeux qui ont une grande capacité d'intégration morphologique, caractérisés par la présence actuelle ou projetée d'un ensemble de composantes compatibles avec une ligne, de par la forme, l'orientation et les dimensions des îlots, du cadre bâti et des espaces libres ;
- les secteurs caractérisés par la présence actuelle ou projetée d'un milieu à forte capacité d'absorption visuelle ;
- les secteurs d'enjeux qui ont une forte capacité d'intégration en raison de leurs caractéristiques naturelles ;
- les milieux qui sont peu valorisés, ne possédant pas de lieux ou de zones reconnus.

Critères de localisation élaborés dans le cadre des exigences d'Hydro-Québec TransÉnergie

En 2010, dans le cadre de l'élaboration des exigences générales de conception des projets de lignes de transport, on a sélectionné, parmi l'ensemble des critères retenus dans différentes méthodes, les critères les plus significatifs. Cet exercice a permis de dresser une liste indicative des critères environnementaux et techniques de localisation de lignes (voir l'encadré à la page suivante). On y rappelle que la sélection des critères de localisation doit tenir compte des considérations techniques du projet, des caractéristiques particulières de la ligne à l'étude et du milieu d'insertion ainsi que de la structure du territoire.

On précise qu'il faut faire la sélection judicieusement en retenant uniquement les critères qui respectent le mieux les enjeux environnementaux prioritaires pour le projet et en évitant d'avoir des critères antagonistes. Les critères de localisation sélectionnés sont généralement applicables pour l'ensemble de la zone d'étude ou du corridor à moins qu'un critère ne soit pertinent uniquement pour une portion de la zone d'étude.

On recommande de justifier cette sélection des points de vue environnemental et technique en rattachant les choix à un ou plusieurs enjeux environnementaux prioritaires retenus. Les critères doivent être exposés aux intervenants en aménagement du territoire (p. ex. représentants d'une MRC, de municipalités, de ministères et d'organismes du milieu). Les critères retenus pour les fins d'un projet particulier doivent être respectés au cours des étapes ultérieures du projet pour assurer la cohérence de la position d'Hydro-Québec.

Il faut s'assurer que tous les éléments du milieu de même que les composantes structurales du territoire et du paysage associées aux critères de localisation retenus sont inventoriés, analysés et, le cas échéant, cartographiés (voir l'encadré ci-après).

Liste indicative de critères environnementaux et techniques de localisation de lignes (2010)

Avant de choisir les critères de localisation pertinents au projet, il importe d'avoir une idée d'ensemble des caractéristiques de la zone d'étude afin de prédeterminer les types de pylônes susceptibles de favoriser une bonne intégration de la ligne dans son milieu. Dès l'étape de planification ou au tout début de l'avant-projet, il importe d'avoir une vue d'ensemble

des types de pylônes pouvant être utilisés dans le cadre du projet et de participer au choix final du type de pylônes. Cette activité est essentielle afin qu'on puisse choisir les critères de localisation les plus pertinents du projet à l'étude parce que certains design s'avèrent plus propices que d'autres en regard de ces critères.

PHASES 1 ET 2 DE L'AVANT-PROJET

1. Rechercher l'axe le plus droit possible entre les points de départ et d'arrivée ainsi que les points de passage obligé

- Les points de passage obligé liés à un élément naturel (p. ex. fleuve ou montagne) ou technique ou à un élément ciblé doivent être identifiés et justifiés.
- En territoire agricole, il faut rechercher un tracé de ligne de transport plus court et de moindre impact tout en respectant les principes de l'Entente Hydro-Québec–Union des producteurs agricoles.
- La ligne droite est celle qui occasionne le moins d'impact parce qu'elle est plus courte.
- La recherche de la ligne droite contribue à restreindre les changements d'orientation du tracé ainsi que le nombre de pylônes d'angle, qui occupent de larges superficies et impliquent des coûts supérieurs.
- Une ligne droite contribue à réduire l'impact visuel.

2. Rechercher les axes majeurs de structuration du territoire pour assurer l'intégration de la ligne

- Il faut procéder à une analyse des éléments qui structurent le territoire (p. ex. découpage cadastral, limites administratives, grandes propriétés, équipements linéaires, cours d'eau et points de repère).
- L'opportunité de se servir de la ligne pour en faire un nouvel élément structurant doit être évaluée.
- Il est important de respecter l'intégrité, l'identité et la cohérence du territoire.

3. Rechercher des corridors ou des tracés qui traversent les éléments environnementaux de moindre sensibilité tout en favorisant un axe plutôt rectiligne

- Les détours induis pour éviter des éléments sensibles peuvent entraîner beaucoup plus d'impacts.

4. Juxtaposer la nouvelle ligne à une ou plusieurs lignes existantes seulement si c'est pertinent

- L'intérêt de juxtaposer des lignes électriques doit être évalué pour chaque projet en raison des impacts cumulatifs que cela peut comporter, notamment au plan visuel ou technique. Il est entre autres important de considérer :
 - le nombre d'infrastructures existantes ;
 - l'harmonie des structures entre elles (la hauteur, la portée et le type de structures) ;
 - le jumelage possible des structures ;
 - l'harmonie de la ligne avec les composantes du milieu existant ;
 - une limite de deux lignes de transport à 735 kV dans un même corridor ;
 - l'incompatibilité de jumeler une ligne à 735 kV avec une ligne à courant continu à 450 kV.

5. Ne juxtaposer la nouvelle ligne à une autre infrastructure linéaire existante que si les avantages sont indéniables

- Il faut évaluer l'intérêt de juxtaposer une ligne électrique à un autre type d'infrastructure linéaire existante pour chaque projet en tenant compte des considérations paysagères, environnementales et techniques.

Considérations environnementales et paysagères

Juxtaposition d'une ligne à une route ou une autoroute

- En milieu nordique, la juxtaposition de la ligne est souvent favorable du fait que cela évite une nouvelle ouverture du territoire et facilite les accès au moment de la construction et de la maintenance.
- En milieu organisé, la juxtaposition d'une ligne à une route peut entraîner une aggravation de l'effet barrière, voire la création d'un *no man's land*.
- En milieu organisé, la juxtaposition de la ligne à une route ou une autoroute entraîne souvent d'importants impacts visuels pour les automobilistes, car la ligne est au premier plan visuel et le gabarit du pylône semble amplifié ; ce phénomène est aggravé lorsqu'il s'agit d'une route panoramique, car il entrave la vue sur des paysages valorisés.

Considérations techniques

Juxtaposition d'une ligne à un pipeline

- Toute juxtaposition d'une ligne à un gazoduc ou un oléoduc doit au préalable respecter les principes et pratiques de la coordination électrique entre pipelines et lignes CAN/CSA-C22.3 n° 6-M91 et parfois, lorsqu'il s'agit d'une infrastructure interprovinciale, respecter les règlements de l'Office national de l'énergie. Les exigences de ces encadrements peuvent avoir des répercussions sur la maintenance des lignes.

Juxtaposition d'une ligne à un chemin de fer

- L'induction de la ligne peut avoir des effets sur les systèmes électriques de l'installation ferroviaire. Certaines distances doivent être respectées.

Juxtaposition d'une ligne à courant alternatif avec une ligne à courant continu

- Le jumelage d'une ligne à courant alternatif avec une ligne à courant continu doit être évité le plus possible en raison des problèmes d'induction.

6. Éviter, dans la mesure du possible, le croisement des lignes, routes et pipelines

Considérations techniques

- Le croisement de lignes occasionne des mises hors tension sur le réseau au moment de la construction, diminue la fiabilité du réseau et augmente les coûts de construction.
- Le croisement d'une ligne et d'un pipeline doit être construit de telle manière que l'angle entre la ligne et l'axe du pipeline soit le plus près de 90°, et jamais inférieur à 45°.
- La traversée par une ligne d'une route ou d'une autoroute exige des renforcements des supports de part et d'autre de la route ; on doit réduire au minimum le nombre de telles traversées. De plus, le ministère des Transports du Québec recommande qu'elles soient à angle droit.

PHASE 2 DE L'AVANT-PROJET

- 1. Favoriser un tracé qui traverse les éléments environnementaux de moindre résistance tout en recherchant une ligne plutôt droite**
 - Éviter un tracé en zigzag qui cherche à éviter systématiquement tous les éléments sensibles.
 - Rechercher un tracé qui répond d'emblée à l'intérêt commun de la collectivité plutôt qu'à celui de quelques individus.
- 2. Éviter de localiser la nouvelle ligne à l'intérieur d'un champ visuel d'intérêt**
 - Ce critère est pertinent particulièrement lorsque le paysage a un caractère bucolique ou un intérêt patrimonial.
 - Éviter les lieux à vocation privilégiée ou visibles depuis les lieux d'observation stratégiques ou structurants du paysage, comme les points de repère régionaux ou locaux, de même que les lieux ou zones d'intérêt visuel (route panoramique, belvédère, halte routière ou observatoire).
 - Privilégier autant que possible les milieux situés au pied des coteaux, des collines et des monts qui favorisent l'absorption ; éviter tout passage en crête.
 - Rechercher les espaces où le couvert forestier est abondant et dense.
- 3. Soutenir une logique paysagère et privilégier les limites ou les éléments du milieu à caractère structurant (si l'objectif est de contribuer à la structuration du territoire)**

La logique paysagère peut être définie comme une association harmonieuse entre un objet ou un système objet et les composantes du paysage dans lequel est inséré cet objet ou ce système objet.

 - Rechercher à planter un type de support dont les caractéristiques morphologiques et symboliques présentent une certaine similarité ou complémentarité avec les éléments naturels ou anthropiques du milieu d'insertion afin de soutenir une logique paysagère.
 - Cibler les axes structurants sur le plan de l'organisation spatiale et visuelle du milieu (p. ex. rivière, limite territoriale ou cadastrale significative, route ou autre infrastructure linéaire).
 - Utiliser les limites ou les zones de transition entre les paysages types.
- 4. Éloigner le plus possible la ligne des habitations**
 - Localiser, si possible, les supports à une distance minimale équivalente à plus de deux fois leur hauteur par rapport aux habitations afin d'assurer le respect de l'échelle du milieu.
 - Considérer l'acquisition ou le déplacement d'une habitation située sur un tracé ou à proximité de celui-ci pour éviter un contournement ou l'abandon d'un tracé potentiel d'intérêt.
- 5. Éviter, dans la mesure du possible, les zones de contraintes techniques**

Ce critère de localisation doit être adapté en fonction de certaines contraintes techniques du projet. Par exemple, la charge de glace tolérée par un support peut se traduire par l'exclusion de certaines zones de verglas. Selon les contraintes techniques, le critère pourrait viser à éviter les pentes fortes (30 %), les zones sensibles aux glissements de terrain qui mettent en danger la sécurité du réseau, les tourbières profondes, etc.

Analyse visuelle et paysagère et mesures d'atténuation

Le bilan historique présenté dans cette synthèse a fait état des différentes approches développées au cours des quatre décennies dans le but d'appréhender les impacts visuels. On a constaté qu'elles ont évolué d'une analyse strictement visuelle de l'intégration des équipements dans un milieu vers une analyse paysagère où sont prises en charge les dimensions concrètes, symboliques et visuelles du paysage. De ce fait, l'analyse paysagère est généralement considérée comme étant plus complète. À partir des analyses visuelles ou paysagères, on a proposé plusieurs mesures d'atténuation pour répondre aux enjeux d'intégration des lignes dans le territoire.

À la suite des développements méthodologiques qui ont d'abord permis l'analyse visuelle, puis l'analyse paysagère, on a pu, au moyen de quatre suivis environnementaux importants, valider les méthodes utilisées pour appréhender les impacts ainsi que les mesures d'atténuation préconisées dans les rapports d'avant-projet en ce qui a trait aux impacts visuels ou sur le paysage :

- *Suivi environnemental des impacts visuels – Parties centre et sud – Ligne à 450 kV c.c. Radisson-Nicolet-Des Cantons* (Le Groupe conseil Entraco Inc., 1991) ;
- *Suivi des impacts sur le paysage de la Douzième ligne du réseau de transport et de son rattachement au poste de la Jacques-Cartier* (Massé et Moisan, 1995) ;
- *Suivi environnemental du paysage – Ligne à 735 kV DCLA et poste des Appalaches à 735-230 kV* (Le Groupe conseil Entraco Inc., 1997) ;
- *Étude de suivi environnemental sur la structure du territoire et le paysage. Ligne à 735 kV des Cantons-Hertel, tronçon Hertel-Saint-Césaire* (Létourneau et coll., 2007).

Les principaux résultats du développement méthodologique concernant l'analyse visuelle et paysagère ainsi que des suivis environnementaux sur le paysage sont présentés dans la synthèse *Paysage*. Cependant, certains résultats particuliers concernant l'intégration d'une ligne issus de ces développements et suivis méritent d'être soulignés ici, car ils sont plus spécifiques à la problématique d'intégration d'une ligne.

Mesures d'atténuation issues de la méthode d'étude du paysage

La méthode d'étude du paysage fait partie intégrante de la démarche d'évaluation environnementale Lignes et Postes et, à ce titre, il importe que, d'une part, la localisation optimale du tracé tienne compte des unités de paysage qui présentent de fortes résistances et, d'autre part, que le tracé soit évalué sur la base de la sensibilité et de la résistance des unités de paysage traversées, de leur capacité d'intégration intrinsèque et du degré de valorisation que le milieu leur accorde. Suivant cette logique, les impacts visuels du tracé final sont analysés selon le degré de résistance de l'unité de paysage ainsi que le degré d'intégration et de perception de l'équipement à l'échelle des champs visuels perçus par les observateurs. De ces analyses, on détermine les mesures d'atténuation les plus adéquates à adopter. Différents types de mesures d'atténuation associées à la localisation et à la hauteur des structures, aux caractéristiques des équipements et aux traitements des emprises sont ainsi proposées dans la méthode. Ces différentes mesures permettant une meilleure intégration des lignes se déclinent comme suit.

- Mesures ayant trait à la localisation et à la hauteur des structures
 - Privilégier des pylônes de hauteur réduite sur les sommets des montagnes ou des collines, lorsque l'observateur est situé à un niveau inférieur ou égal aux équipements ou s'il y a un gain sur l'absorption des équipements (par un fond de scène ou un écran) et sur la diminution d'un contraste d'échelle. Dans les zones montagneuses, prévoir l'implantation des pylônes de façon à ce que les conducteurs suivent la configuration du relief.
 - Réduire le nombre de pylônes en favorisant des équipements à portée plus grande lorsque l'ensemble des lieux d'observation d'un paysage est caractérisé par un degré d'ouverture étendu et de profondeur importante (présence de plan intermédiaire ou d'arrière-plan) et que la position de l'observateur est généralement dominante.
 - En milieu autoroutier, choisir l'emplacement des pylônes le plus loin possible de la route et les répartir de façon à éviter qu'ils se situent dans l'axe visuel du corridor routier.
 - Dans le cas où il y a juxtaposition de lignes, harmoniser, lorsque les tensions de ligne le permettent, la hauteur, le type de pylônes et leur répartition.

■ Mesures ayant trait aux caractéristiques des équipements

- Favoriser l'emploi de pylônes de couleur appropriée.
- Favoriser l'emploi de pylônes à base réduite, en milieu ouvert, afin de minimiser l'encombrement visuel au sol.
- Favoriser l'utilisation de conducteurs non réfléchissants, notamment lorsque les pylônes sont en avant-plan d'un fond de scène boisé.

■ Mesures ayant trait au traitement de l'emprise

- Conserver un écran boisé dans l'emprise à la traversée des routes, le maximum de végétation possible dans les emprises, notamment entre les pylônes et les points d'observation ou les lieux à vocation privilégiée, ainsi que des massifs de végétaux afin d'absorber visuellement les équipements, et procéder à un déboisement curvilinear lorsque l'emprise traverse perpendiculairement un versant visible.

En complément, la méthode spécialisée en milieu urbain propose elle aussi qu'on examine les impacts visuels et paysagers d'une ligne en analysant à la fois les potentiels et les contraintes d'intégration à partir des composantes du projet et du milieu. Ainsi, on vise à mesurer le degré de compatibilité de l'équipement dans ce type de milieu par l'étude des caractéristiques fonctionnelles, morphologiques, paysagères, naturelles et sociales de la zone d'étude.

Constats issus des suivis environnementaux sur le paysage

■ Suivi environnemental des impacts visuels – Parties centre et sud – Ligne à 450 kV c.c. Radisson-Nicolet-Des Cantons

Cette étude a révélé une carence importante dans l'analyse visuelle du projet. Les paramètres d'analyse, telles la distance et la visibilité, sont dorénavant jugés insuffisants pour assurer une évaluation adéquate de l'impact visuel des équipements. On constate que l'évaluation des impacts visuels devrait reposer sur la capacité du milieu à intégrer les équipements dans le paysage. Ainsi, il devient nécessaire de dépasser les approches de dissimulation des équipements et de préconiser une meilleure intégration de ceux-ci dans le paysage par l'étude des relations entre les caractéristiques physiques et symboliques des équipements à planter et les caractéristiques du milieu récepteur. L'étude a proposé qu'on fasse une meilleure évaluation des mesures d'atténuation des impacts visuels sur la base de visites de terrain de façon à établir plus efficacement la validité des mesures retenues. On a également recommandé l'utilisation des techniques de simulations visuelles pour anticiper les impacts visuels et pour valider la pertinence des mesures d'atténuation préconisées lors des études d'impacts.

■ Suivi des impacts sur le paysage de la Douzième ligne du réseau de transport et de son rattachement au poste de la Jacques-Cartier

Dans ce suivi, le seul enseignement relatif à l'intégration d'une ligne concerne la juxtaposition. On conclut que la juxtaposition de lignes n'est pas garante d'une bonne intégration visuelle puisque celle-ci est conditionnelle à la bonne intégration de la ligne déjà en place : « si la première ligne est mal située, la juxtaposition d'une nouvelle ligne risque d'aggraver fortement les impacts visuels ».

■ Suivi environnemental du paysage – Ligne à 735 kV des Cantons-Lévis et poste des Appalaches à 735-230 kV

Ce suivi, qui a été effectué sur six sites d'étude, a permis d'établir que le degré de perturbation qu'a la nouvelle ligne sur le paysage varie de moyen à faible, sauf sur une distance équivalent à 14 % de la longueur de la ligne, où l'impact sur le paysage est considéré comme fort. Pour cette section de la ligne, l'étude a permis de dégager un certain nombre de facteurs qui ont rendu son intégration difficile. Parmi ceux-ci :

- Le gabarit imposant des nouveaux pylônes à 735 kV comparativement à celui des pylônes de la ligne à 230 kV qui venait d'être démantelée a accru la visibilité de la ligne ; le contraste d'échelle avec les éléments du paysage et l'emprise élargie a accentué la cicatrice dans les milieux boisés à contre-pente.
- La perturbation due au gabarit des équipements est plus prononcée lorsque l'emplacement des équipements initiaux est mal choisi, par exemple sur des points hauts du paysage ou en avant-plan de champs visuels offrant des vues sur les équipements, ce qui risque de se produire dans le cas de la réutilisation d'une emprise existante.
- Le déséquilibre des formes des pylônes d'angle rigides à treillis, dont l'apparence est très différente des pylônes d'alignement rigides à treillis, crée un effet de désordre visuel. Dans le cadre de futurs projets, il faudra donc chercher à conserver une harmonie dans l'alignement des pylônes en favorisant un tracé plutôt rectiligne avec le moins d'angles possible et en concevant des pylônes qui présentent plus de similarités formelles entre eux au sein d'une même famille.

■ Suivi environnemental sur la structure du territoire et le paysage – Ligne à 735 kV des Cantons-Hertel, tronçon Hertel-point Saint-Césaire

Ce suivi a permis de mettre en lumière d'autres éléments de l'intégration harmonieuse d'une ligne au territoire en misant sur l'analyse multidimensionnelle de l'impact visuel, notamment en tenant compte de la structure du territoire.

Ainsi, on a abordé l'intégration par l'analyse de la structure du territoire et de son organisation spatiale afin d'explorer la dimension symbolique du paysage au moyen de paramètres tels que l'intégrité, l'identité et la perception du territoire et du paysage. D'ailleurs, on souligne la nécessité d'amorcer une analyse en tenant compte de ces paramètres au début de tout processus de localisation et d'évaluation environnementale des projets.

L'impact réel de la ligne sur le paysage a en effet été analysé quant à son intégrité, c'est-à-dire son effet sur le paysage rural de la Montérégie, dont l'autoroute permettait de profiter de panoramas bucoliques privilégiés avant l'implantation de la ligne. Bordant l'autoroute sur 37 kilomètres tout en changeant cinq fois de côté, la ligne est au premier plan visuel des automobilistes et fait écran au paysage unique des collines qui ponctuent la plaine. De plus, comme l'autoroute serpente dans cette plaine, la ligne révèle les sinuosités de la route qui étaient auparavant imperceptibles, car la route n'avait pas de troisième dimension ; la ligne lui en a donné une. Alors que le paysage était fortement marqué par le ciel et par l'horizon avant la mise en place de la ligne, celle-ci interfère maintenant entre l'observateur et l'horizon. Gigantesque et au premier plan visuel, elle dévie le regard qui portait auparavant vers le lointain. Elle marque le temps en introduisant en avant-plan un système objet à caractère très industriel dans un paysage qui était jusqu'alors intemporel. On constate ainsi que la ligne a un effet négatif sur l'intégrité du paysage montérégien, d'autant plus que l'autoroute 10 offrait un accès privilégié pour en profiter.



Au premier plan depuis l'autoroute, la ligne à 735 kV Hertel-point Saint-Césaire a un effet négatif sur l'intégrité et l'identité du paysage montérégien.

L'effet de la ligne sur l'identité du paysage a aussi été analysé. En effet, l'unicité de la plaine montérégienne repose sur la présence des collines ; c'est ce qui la distingue des autres régions se situant dans la plaine du Saint-Laurent. Avant l'implantation de la ligne, les meilleurs points de vue pour découvrir successivement les collines étaient à partir de l'autoroute 10 puisqu'en circulant sur les autoroutes 20 et 30 ou sur les routes 112 et 116, le paysage des montérégienennes était déjà altéré. On peut donc en conclure que la ligne, implantée au premier plan visuel de l'autoroute, déprécie fortement le symbole identitaire de la Montérégie, car ses structures très imposantes accaparent le regard et banalisent le paysage des collines montérégienennes en arrière-scène (voir la figure 5 à la page 30).

L'analyse a aussi porté sur la perception du paysage par rapport aux modifications importantes que la ligne a apportées. Contrairement à l'autoroute 10, qui a eu beaucoup plus d'impact sur l'organisation et l'utilisation du territoire que sur le paysage, la ligne a eu des impacts multidimensionnels sur le paysage en raison de son tracé sinueux, de sa hauteur, de la verticalité de ses supports et de ses caractéristiques intrinsèques. De ce fait, son implantation a créé une nouvelle unité de paysage. Le ruban de l'autoroute est devenu un corridor auquel s'accroche la ligne, dont les pylônes sont des structures verticales imposantes. Avec ses pylônes en succession et ses conducteurs, ce corridor élargi forme une nouvelle unité paysagère, car sous l'effet de la vitesse de déplacement, l'implantation des pylônes en enfilade resserre en quelque sorte le cône de vision de l'automobiliste.

De plus, la ligne occasionne un double impact visuel. En effet, on avait choisi de positionner la ligne le long de l'autoroute dans le but, entre autres, de réduire son impact visuel pour les résidents en reléguant l'impact fort aux automobilistes. Dans les faits, l'impact perçu par les automobilistes est très fort, mais l'impact pour les résidents n'a pas pour autant été réduit. Étant située dans une plaine, la ligne, peu importe où elle aurait pu être positionnée ailleurs à l'intérieur des terres, aurait eu un impact de même niveau. De plus, ce double impact est amplifié par l'aspect désordonné du déploiement de la ligne. En raison des contraintes imposées par la sinuosité de la route, à plusieurs endroits et même de loin, on a l'impression qu'il y a plusieurs lignes tant il y a concentration de pylônes dans le même champ visuel (voir la figure 5 à la page 30). Cette situation permet de dresser le constat qu'en milieu ouvert et plat, le fait que la ligne longe l'autoroute n'épargne pas les résidents.

Le rapport recommande qu'on vise un tracé le plus rectiligne possible et incite à une grande prudence quant à la juxtaposition d'une ligne à une route ou à une autoroute. Il préconise également qu'on se préoccupe du type de pylône dès le démarrage du projet. Aussi, au moment de la consultation du public, on devrait souligner davantage l'enjeu collectif de l'intégration harmonieuse de l'équipement afin d'élargir le débat au-delà des revendications individuelles.

Autres perspectives d'intégration au paysage

■ Aspects visuels et proximité

L'étude intitulée *Qualité de vie et aspects visuels d'une ligne de transport d'énergie en milieu organisé – Revue de littérature et étude exploratoire de l'appropriation de l'emprise* (Gariépy et coll., 2004) a porté sur le concept de proximité, qui se réfère essentiellement à l'environnement immédiat tel qu'il est vécu et perçu par un individu. La proximité est associée à deux dimensions fondamentales, la distance et l'identité, auxquelles sont reliés des sous-concepts : perception, visibilité, phénomène du « pas dans ma cour »¹⁰ et qualité de vie. S'appuyant essentiellement sur une recension d'écrits, cette clarification conceptuelle a servi à démontrer que la proximité est une réalité complexe de nature à la fois objective et subjective. De là, il est quasi impossible de la réduire à l'application d'un indicateur objectif et stable sur lequel reposeraient l'évaluation du rapport de proximité entre l'humain et un équipement. En outre, la façon dont se déroule un projet d'implantation d'une ligne jouerait un rôle dominant dans la perception des personnes quant au rapport qualitatif de proximité entretenu relativement à la présence d'un équipement. L'ensemble des études consultées dans le cadre de cette recherche semble d'ailleurs converger vers cette constatation. L'appropriation de l'emprise de ligne par différents gestes d'aménagement, pratiques ou activités effectués par les populations est aussi considérée comme un facteur déterminant dans la qualification du rapport de proximité. Afin d'approfondir ces aspects, il pourrait être utile de se référer aux synthèses *Perception des lignes de transport et Utilisation polyvalente des emprises des lignes de transport*.

■ Ligne de transport et projet de paysage

L'étude de la CPEUM *Élaboration et mise en oeuvre d'une ligne de transport : conditions de cohérence du projet de paysage* a exploré la possibilité de concevoir

une ligne comme un projet de paysage. Celui-ci ne se conçoit pas uniquement comme une démarche d'aménagement paysager. Il devrait retenir trois dimensions d'analyse : le contexte physicospatial à l'échelle locale et régionale, les valorisations et représentations sociales et culturelles entretenues à l'égard du territoire projeté ainsi que les conditions politiques du projet en vue de son acceptabilité publique¹¹.

Dans cette étude, on a également analysé les questions de linéarité ainsi que d'acceptabilité publique et politique des lignes. Il est ressorti une distinction entre la linéarité perçue à l'échelle cartographique et celle vécue au moment de l'expérience paysagère. Il faut prendre en compte les modes d'observation du territoire, la possibilité de voir les équipements (en continu, de manière discontinue ou fragmentée) ainsi que l'attention visuelle portée à l'endroit des équipements pour évaluer adéquatement la relation subjective entre l'équipement et son milieu d'insertion et, par conséquent, les impacts visuels appréhendés de la ligne. De même, les conditions physicospatiales sont indissociables des préoccupations socioculturelles qui tendent à influencer l'attention visuelle portée à l'endroit des équipements. Les phénomènes d'accoutumance et de familiarité de même que les valeurs accordées au territoire, les événements et les informations viendraient fortement alimenter les perceptions. Finalement, la justification du projet et la transparence du processus paraissent à nouveau comme des éléments incontournables de l'acceptabilité publique des projets et de leur dimension politique.

Design des pylônes

De manière générale, on peut aborder les préoccupations d'intégration environnementale d'une ligne dès la conception de ses équipements. Idéalement, il faut amorcer ce travail en amont du processus de localisation afin d'améliorer la performance environnementale des installations ainsi que de dégager des recommandations sur la conception des nouveaux équipements et l'amélioration des équipements existants. À l'international, plusieurs exemples de design de pylône et de leurs éléments démontrent qu'il existe des solutions innovantes et prometteuses. Ainsi, l'apparence d'une ligne par le choix approprié de ses supports et de ses autres éléments contribue à une bonne intégration.

11. Les auteurs soulignent, par cette notion d'acceptabilité publique, la portée collective du projet de paysage, le paysage étant considéré comme un bien collectif à prendre en charge à la fois sur les plans physicospatial, social et politique.

10. Mieux connu en anglais sous le nom de NIMBY,
pour *Not In My Back Yard*.

Toutefois, bien qu'elle puisse être intéressante en soi, l'apparence d'un équipement doit nécessairement être évaluée dans son rapport au milieu d'implantation pour concourir à une intégration harmonieuse.

Parmi l'ensemble des études d'Hydro-Québec qui se sont penchées au fil des ans sur le design des pylônes, certaines ont évalué la performance de types de pylônes particuliers dans le cadre de projets ou de suivis spécifiques. D'autres études plus exhaustives ont permis qu'on définisse une liste de critères de design applicables pour la conception d'un pylône approprié à un milieu en particulier. Plusieurs études mettent en évidence la nécessité d'aborder le choix ou la conception d'un type de pylône comme une démarche qu'on amorce dès le début du projet et surtout pas comme une mesure d'atténuation de dernier recours. De plus, tout porte à croire que le choix d'un design de pylône fait en amont du projet pourrait aussi orienter l'exercice de localisation.

Études sur la performance de certains types de pylônes
Au cours des 40 dernières années, on a conçu de nouveaux design de pylônes pour améliorer l'intégration des lignes dans certains milieux. On pense tout d'abord aux pylônes tubulaires à 315 kV, qui ont été les premiers modèles issus de ce souci d'une meilleure esthétique, d'où leur appellation AVA (aspect visuel amélioré). Ces pylônes tubulaires ont été implantés en primeur dans la région montréalaise à la fin des années 1970 et au début des années 1980 à l'initiative d'Hydro-Québec alors que l'entreprise n'avait à répondre à aucun engagement lié à une directive ministérielle ni à des demandes d'autorisations gouvernementales. En effet, c'est au cours des années 1970 que l'environnement est devenu un enjeu important, et plusieurs ingénieurs ont voulu emboîter le pas pour minimiser les impacts (voir la synthèse *Milieu urbain*).



Première ligne à 315 kV sur pylônes tubulaires AVA
(7 pylônes) : alimentation du poste Brossard
conçue à la fin des années 1970

D'autres types de pylônes ont aussi été conçus en réponse à des demandes spécifiques venant de la consultation publique, de contestations, de l'UPA ou encore des exigences du projet ; quelques-uns ont fait l'objet d'une analyse de performance relative à l'intégration au milieu.

■ Performance de certains types de pylônes en milieu agricole

Pylône haubané en V

Les agriculteurs ont été les premiers à demander à Hydro-Québec d'adapter à leurs besoins les pylônes implantés en terres agricoles. On a donc conçu le pylône haubané en V dans les premiers projets de lignes à 735 kV des années 1970 dans le but de réduire la perte de superficie agricole et d'alléger la structure pour la rendre plus esthétique et moins apparente.

À la suite des contestations des agriculteurs dans le cadre des projets de lignes Châteauguay-Chénier et Châteauguay-Frontière canado-américaine, une première étude sur la performance des pylônes haubanés à 735 et 765 kV en milieu agricole a été réalisée (Côté, Duvieusart et associés, 1975b).



Pylône à 735 kV haubané en V

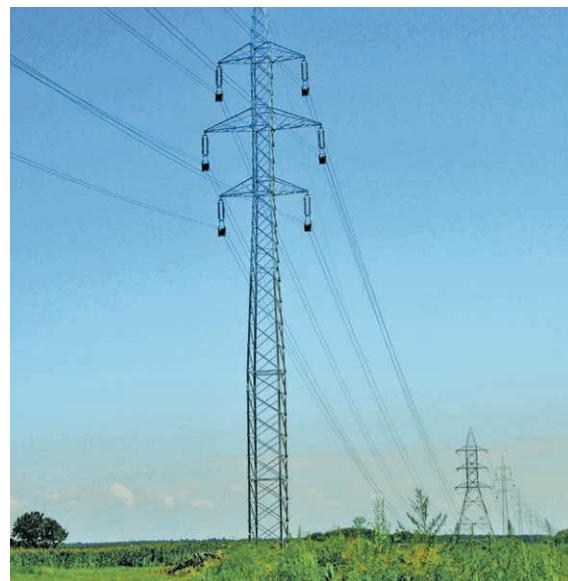
Par une simulation effectuée dans un champ de maïs fourrager à l'aide de l'équipement de récolte habituellement utilisé pour cette culture, on a comparé deux types de pylônes (pylonne haubané en V et pylonne rigide à quatre pieds) selon différentes dispositions afin de déterminer le type de pylonne et le positionnement présentant le moins d'inconvénients pour l'agriculture. L'étude conclut que la superficie perdue était huit fois moindre avec le pylonne haubané en V qu'avec le pylonne rigide traditionnel, d'autant que le premier était plus facile à contourner. Les pylônes haubanés en V ont ainsi été considérés comme nettement supérieurs aux pylônes rigides en milieu agricole, surtout s'ils étaient implantés au trécarré des terres. Cette performance a toutefois été réfutée dans le cadre d'études subséquentes ainsi que par les agriculteurs, principalement en raison des difficultés de contournement et de la perte de temps qui est associée au contournement des haubans par une machinerie agricole de plus en plus grosse (voir la synthèse *Milieu agricole*).



*La perte de surface agricole est minime avec le pylonne à 735 kV haubané en V, mais ce rendu exige beaucoup d'efforts et de patience – Lignes à 735 kV
Canton Mousseau-Chénier (partie méridionale de la Première et Deuxième ligne du RTB)*

Monopode à treillis (BOC) et tubulaire : meilleurs pylônes à encombrement réduit

Le suivi environnemental des pylônes en milieu agricole réalisé à la fin des années 1980 (Fréchette, 1989) a présenté les caractéristiques et les conséquences de l'utilisation de quatre types de pylônes en milieu agricole ainsi que les impacts de leur positionnement sur le sol agricole. À partir des rencontres avec les intervenants d'Hydro-Québec et les producteurs agricoles touchés par quatre lignes électriques sélectionnées, on a conclu que l'utilisation du nouveau pylonne monopode à treillis (BOC) semble répondre adéquatement aux critères de moindre impact en agriculture. Ce type de pylonne présente un intérêt dans la mesure où on peut l'utiliser en faisant de longues portées de façon à en diminuer le nombre.



Le pylonne de type BOC permet de longues portées, ce qui réduit le nombre de pylônes nécessaire.

Une autre étude menée deux ans plus tard (Ferdais et Renaud, 1991) formule quelques recommandations sur la performance environnementale de certains pylônes à 120 kV. Six propositions de pylônes ont été étudiées, soit le pylonne normal à treillis, le pylonne à treillis à base réduite, le pylonne à consoles isolantes, le pylonne à membrures creuses et à connexions à moment, le pylonne tubulaire ainsi que le pylonne BOC à titre d'élément de comparaison. L'étude a conclu que les pylônes monopodes à treillis de type BOC ainsi que les pylônes tubulaires sont les plus appropriés en milieu agricole : les BOC en raison de leur capacité à supporter de longues portées et les tubulaires en raison de leur très faible encombrement au sol.



Pylône tubulaire, facile à contourner en milieu agricole et dont la base a un faible encombrement au sol – Ligne à 315 kV pour alimenter le poste Anne-Hébert

Pylône à fondations sur pieux avec bases de béton

À l'occasion d'un autre suivi en milieu agricole effectué dans le cadre du projet RNDC (Fréchette, 1990), on s'est interrogé sur le bien-fondé d'utiliser des fondations sur pieux avec bases de béton surélevées de 50 cm et plus au-dessus du sol. En effet, en plus d'occasionner un plus grand compactage des sols pendant la construction, ces fondations causent un impact visuel, elles entraînent plus de pertes de surfaces cultivables et elles gênent les manœuvres de la machinerie agricole. On conclut donc qu'il ne faudrait pas faire de telles fondations en milieu agricole. On souligne également qu'Hydro-Québec a déjà développé des types de fondation pouvant être enfoncées en profondeur (de 2,5 à 3,5 mètres) et qui ne ressortent pas du sol. On devrait davantage rechercher ce type de fondation pour minimiser les impacts sur l'agriculture.



Pylône de la ligne RNDC dont les fondations de béton font 1,5 m de hauteur

■ Portique tubulaire en milieu de villégiature

À la suite de protestations des résidents dans le cadre du projet DCLA, Hydro-Québec a proposé d'implanter des portiques tubulaires dans la vallée du lac William afin d'atténuer l'impact visuel dans ce milieu de villégiature.

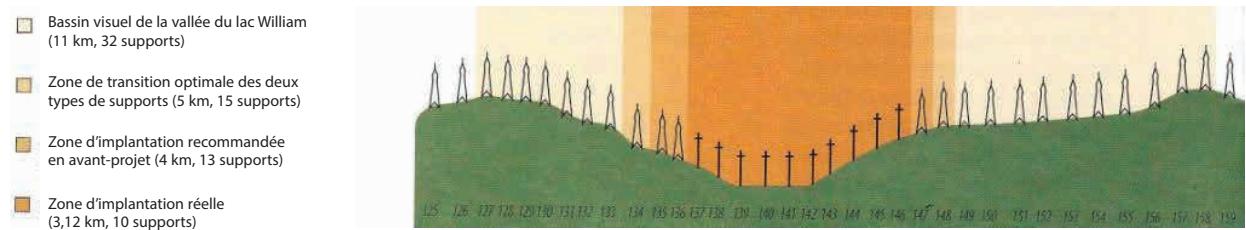


Portiques tubulaires à 735 kV dans la vallée du lac William

L'efficacité de cette mesure d'atténuation a fait l'objet d'un point du suivi environnemental du paysage de ce projet.

On a constaté qu'il aurait fallu 32 portiques tubulaires pour traverser l'ensemble visuel de la vallée, alors que seuls 10 pylônes ont été installés (voir la figure 4). Selon les observations faites au cours de l'étude de suivi, un ajout de 5 pylônes auraient au moins permis d'assurer une meilleure transition avec les pylônes traditionnels (voir la figure 4).

Figure 4 : Bassin visuel de la vallée au sud du lac William



Malgré cela, cette mesure d'atténuation a été très appréciée. L'aspect esthétique des portiques tubulaires a joué un rôle important dans l'acceptabilité de la ligne dans ce milieu de villégiature.

■ Portique à treillis et portique tubulaire en milieu autoroutier

Dans le cadre du projet des Cantons-Hertel, le pylône à 735 kV traditionnel à treillis a été retenu. Ce projet faisant suite au verglas de 1998, on a commandé en urgence tous les pylônes de ce type pour réaliser la nouvelle ligne. Ces pylônes ont été implantés dans le premier tronçon entre le poste des Cantons et le point Saint-Césaire. La construction du second tronçon entre le poste Hertel et le point Saint-Césaire ayant été retardée à cause d'un moratoire, il a été exigé qu'on conçoive de nouveaux pylônes puisqu'on disposait d'un peu plus de temps.. On espérait qu'Hydro-Québec implante des portiques tubulaires tels que ceux déjà prévus pour la traversée de la rivière Richelieu ou des monopodes tubulaires, mais en raison des coûts qu'exigeaient une telle décision, il a été convenu avec le ministère de l'Environnement qu'on utiliserait les nouveaux portiques à treillis illustrés dans le rapport présentant l'étude comparative de différentes

épures (Allard et Létourneau, 2000), déposé avant la seconde partie des audiences.

Les portiques à treillis ont un gabarit imposant ; certains d'entre eux peuvent atteindre plus de 50 mètres de hauteur. Comme le tracé du deuxième tronçon longeait l'autoroute, en épousait les sinuosités tout en changeant cinq fois de côté, il fallait plusieurs structures de la même famille pour répondre aux différentes situations (antichute en cascades, d'arrêt et d'angle).

Ces portiques à treillis sont esthétiques dans leur version d'alignement et sont peu encombrants au sol. De fait, s'ils avaient été implantés sur un tracé plutôt rectiligne, loin de l'autoroute et à l'intérieur des terres agricoles, on aurait pu profiter de leur transparence, ce qui aurait rendu la ligne peu perceptible. En arrière-plan, ces structures à treillis auraient pu se fondre dans le décor, mais tel n'a pas été le cas. Implantés au premier plan et sur un tracé tout en zigzag, ces portiques de différents gabarits et de différentes tailles forment une ligne qui épouse les sinuosités, donnant l'impression qu'il y a un véritable champ de pylônes à l'horizon et que plusieurs lignes s'entrecroisent (voir la figure 5).

Figure 5 : Illustration de l'effet désordonné des portiques à treillis juxtaposés à l'autoroute sinueuse





Les portiques tubulaires à la traversée de la rivière Richelieu déprécient les portiques à treillis par contraste.

■ Portique tubulaire en milieu autoroutier et patrimonial

Dans le cadre du même projet, il avait été convenu que quatre portiques tubulaires seraient implantés le long de l'autoroute à la traversée de la rivière Richelieu, alors qu'au moment de cette décision, des pylônes à treillis traditionnels étaient prévus pour le reste de la ligne. On avait opté pour cette mesure d'atténuation afin de respecter le caractère patrimonial de cette unité de paysage riveraine. Ce choix n'a pas été remis en question lors du changement de type de pylône pour l'ensemble du tronçon. Ainsi, la traversée de la rivière avec des portiques tubulaires d'alignement est élégante, mais ceux-ci déprécient davantage les portiques à treillis qui les précèdent et leur succèdent. En effet, les portiques tubulaires introduisent une nouvelle discordance et font regretter que la ligne n'ait pas été entièrement réalisée avec ceux-ci.

Critères et démarches de design

Les préoccupations d'intégration environnementale ont été transposées dans la problématique de conception des équipements. Trois grandes études se sont penchées sur le rôle du design pour faciliter l'intégration harmonieuse d'une ligne. Au cours des années 1990, on a entrepris une étude intitulée *La contribution du design à l'intégration dans l'environnement des ouvrages de transport d'énergie électrique – rapport d'analyse* (Aménatech inc. et coll., 1996).

Celle-ci comporte plusieurs volets permettant de dégager des critères de conception relatifs aux qualités esthétiques des ouvrages ainsi que des critères visant à faciliter leur intégration dans le milieu. Dans la décennie 2000, à la suite de la recommandation du comité Blanchette, deux importantes études ont été entreprises dans le cadre du programme en études d'impact de HQT : la première portait sur des nouvelles familles de pylônes à encombrement réduit à 735 kV en regard de différents milieux, et la seconde s'est penchée de manière plus approfondie sur l'élaboration de critères de design des équipements de transport d'énergie.

■ Élaboration des premiers critères de design

L'étude de 1996 part du constat que tous les équipements occasionnent des impacts dans les milieux où ils sont implantés. Elle s'intéresse principalement au rôle que peut jouer le design pour soutenir les efforts d'intégration liés à la localisation optimale des équipements. Les principes de localisation s'articulent généralement autour de deux possibilités : l'absorption d'un équipement par le paysage, ce qui permet de le dissimuler, ou l'insertion d'un équipement en fonction de sa compatibilité avec les éléments du paysage. Or, l'intégration dépend également de l'apparence des installations. Cette étude préconise l'adoption d'une approche axée sur le design des équipements et de leurs éléments pour en faciliter l'intégration dans un milieu. Cette perspective s'inscrit dans une démarche globale de conception qui implique qu'on réunisse tous les intervenants liés au projet dès le départ (ingénieurs, designers, fabricants, spécialistes du marketing, etc.).

Ainsi, les critères de conception présentés dans cette étude se regroupent en deux catégories. Des critères généraux de la qualité esthétique de l'installation et des critères relatifs aux milieux déterminent les conditions favorisant une meilleure intégration des équipements au milieu. L'étude s'est appuyée sur plusieurs modèles de pylônes et de leurs éléments issus d'une recension internationale. Voici les critères présentés :

CRITÈRES RELATIFS À LA QUALITÉ ESTHÉTIQUE DE L'ÉQUIPEMENT

Des critères généraux déterminent les conditions favorisant une meilleure qualité visuelle de l'équipement en soi, sans égard au contexte.

Proportions et dimensions

- proportions et dimensions harmonieuses d'ensemble de l'équipement favorisant une sobriété et une simplicité de forme
- proportions et dimensions harmonieuses d'ensemble de la ligne (similarité dans les formes d'une même famille de pylônes)
- réduction de la largeur et de la hauteur

Forme et disposition des éléments

- ressemblance formelle des équipements entre eux
- symétrie et sobriété formelle des équipements et de leurs éléments
- cohérence d'ensemble des éléments des équipements

CRITÈRES RELATIFS AUX MILIEUX

Trois critères généraux ont été retenus pour une meilleure intégration des équipements, peu importe le milieu.

- pylônes de moindre hauteur à proximité d'éléments naturels ou construits
- dimensions réduites à la base si les pylônes peuvent être vus à de faibles distances
- similarité dans les équipements et leurs éléments lorsque des lignes sont juxtaposées

D'autres critères ont été identifiés sur la base des particularités propres à différents milieux.

Milieu périurbain

- réduction de la hauteur et de la portée des pylônes
- réduction de la largeur de l'emprise par un armement en double drapeau
- réduction de l'encombrement aérien et au sol
- pylône tubulaire
- attention particulière aux détails, à la couleur et à la surface
- prise en compte des vues rapprochées et éloignées

Milieu agricole

- dimensions de la base en lien avec les activités agricoles
- positionnement en fonction du lotissement et des types de cultures
- rehaussement des pylônes en zone de grande culture mécanisée
- pylône à treillis en raison de sa transparence, non haubané et à empattement réduit

Milieu boisé

- réduction de la taille des pylônes aux dépens d'un élargissement de l'emprise lorsque la dissimulation est nécessaire
- pylônes en bois ou encore de couleur foncée (brun ou vert)
- pylônes à treillis pour les tensions élevées en raison de leur texture et de leur transparence
- portiques en bois à la forme basse pour exploiter le modelé du terrain

Milieux de villégiature et patrimonial

- pylônes aux dimensions réduites
- pylônes esthétiques et effets architecturaux axés sur la couleur, le matériau ou la forme
- portiques en bois à la forme basse favorisant l'intégration au relief

Traversée de cours d'eau

- mise en valeur du pylône comme élément architectural en raison de sa forte hauteur
- évitement du balisage des pylônes à la peinture – choix de balises lumineuses
- exploration de la conception de pylônes à tube d'acier plus léger et à la forme plus transparente

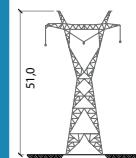
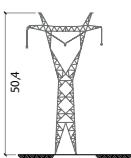
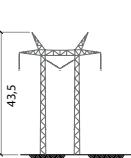
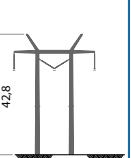
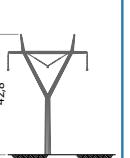
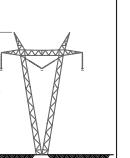
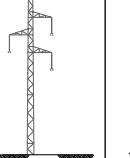
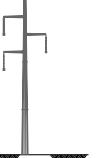
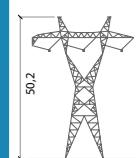
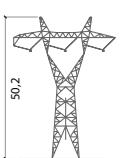
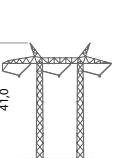
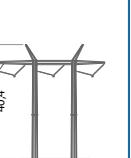
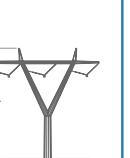
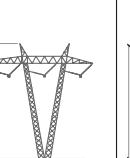
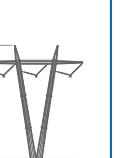
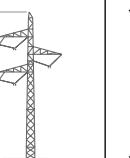
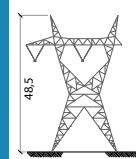
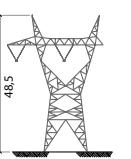
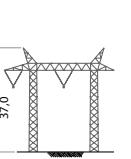
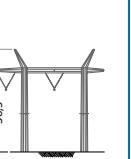
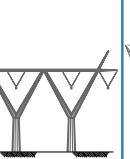
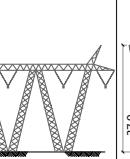
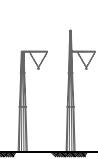
Par ailleurs, il est important de retenir que ces critères ne peuvent garantir à eux seuls une intégration harmonieuse des équipements dans le cadre d'un projet. Ils doivent être révisés à la lumière du contexte particulier de chaque projet.

- Nouvelles familles de pylônes à encombrement réduit à 735 kV : orientations pour la conception
- Cette recherche a pris la forme de deux études et trois rapports.

La première étude a été menée par des ingénieurs de lignes, qui ont documenté cinq familles de pylônes à 735 kV (Lemieux et Binette, 1999). Ils ont réalisé une analyse technique de la conception, de la fabrication et de la construction de cinq familles de pylônes (voir la figure 6). Elle a donné lieu à un premier rapport qui s'intitule *Nouvelles familles de pylônes à 735 kV en milieu organisé. Étude préliminaire*.

Mis à part la famille 1, le pylône traditionnel à treillis à encombrement réduit n'ayant pas de version tubulaire, et la famille 3, qui n'a pas de version à treillis, toutes les autres familles ont été étudiées à la fois dans une version treillis et dans une version tubulaire. Chaque famille comprend un pylône d'alignement, un pylône d'angle de 5°-30° et un pylône d'arrêt. Il fallait pouvoir visualiser l'ensemble des pylônes d'une même famille, car une ligne, par son déploiement spatial, est composée de plusieurs pylônes qui présentent des configurations plus ou moins semblables selon la topographie ou la direction du tracé.

Figure 6 : Cinq familles de pylônes étudiées

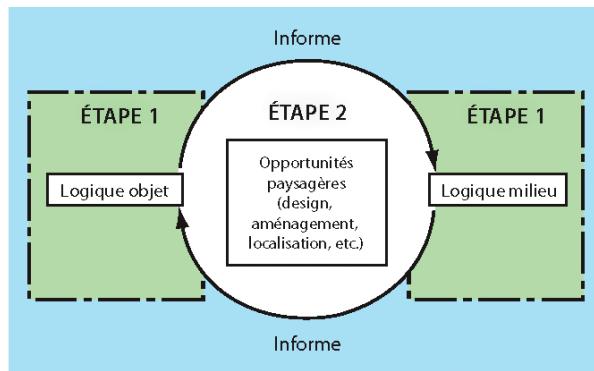
FAMILLE NORMALISÉE	FAMILLE 1		FAMILLE 2		FAMILLE 3		FAMILLE 4		FAMILLE 5	
	Option treillis	Option tubulaire	Option tubulaire	Option treillis	Option tubulaire	Option treillis	Option tubulaire	Option treillis	Option tubulaire	
PYLÔNE D'ALIGNEMENT										
PYLÔNE D'ANGLE 5°- 30°										
PYLÔNE D'ARRÊT 0° - 90°								NON EVALUÉ		

La deuxième étude menée par la CPEUM développe une approche analytique des mêmes familles de pylônes en regard de différents milieux de façon à dégager une logique paysagère. Cette logique paysagère découle de la mise en relation de deux différentes lectures, soit celle de la logique objet (pylonne), et par conséquent du système objet (ligne composée d'une famille de pylônes), et celle de la logique milieu. La rencontre des deux logiques, que les chercheurs ont nommé la congruence paysagère, c'est-à-dire les potentialités des équipements versus des milieux, devrait faire émerger des opportunités d'aménagement adaptées à la fois à un milieu particulier et aux caractéristiques d'un équipement (voir la figure 7).

Cette approche permet d'orienter le choix de nouveaux design de pylônes selon les milieux traversés par la ligne, c'est-à-dire de proposer des opportunités paysagères.

L'étude a porté sur les caractéristiques de cinq milieux types : le milieu urbain, le milieu périurbain et rural, le milieu de villégiature, le milieu autoroutier ainsi que le milieu environnant une traversée de rivière. On a ensuite mis les cinq familles de pylônes en relation avec les cinq milieux. Elle a fait l'objet d'un deuxième rapport qui s'intitule *Accompagnement d'expertise en design industriel : Orientations pour l'étude de conception de pylônes esthétiques à encombrement réduit (735 kV)* (Leclerc et coll., 2000).

Figure 7 : Modèle théorique de la construction d'une logique paysagère



Le modèle théorique de la logique paysagère s'appuie sur les démarches suivantes :

Lecture de la logique objet et du système objet (étape 1)

La démarche de lecture de la logique objet repose sur l'analyse des potentialités inhérentes à ces objets en tant qu'éléments qui favorisent ou non une intégration à l'un ou l'autre milieu. Trois axes de caractérisation ont été définis :

- le premier analyse la qualité intrinsèque de l'objet (pylonne) et du système objet (ligne) par rapport à sa forme, à sa matière et à sa symbolique ;
- le deuxième évalue le système objet inscrit dans un milieu en considérant les affinités d'implantation, les rapports d'échelle d'une ligne conçue à partir d'une famille de pylônes par rapport au milieu d'implantation et par rapport aux valorisations présentes dans ces milieux ;
- le troisième avance des hypothèses d'inscription spatiale d'une ligne formée d'une famille de pylônes donnée par rapport à différents milieux, compte tenu de ses potentialités.

Lecture de la logique milieu (étape 1)

La démarche de lecture de la logique milieu présente une caractérisation faite à partir d'une analyse des composantes sensibles des milieux, soit les aspects esthétiques et significatifs des milieux ainsi que des vécus auxquels ils se réfèrent. Elle s'appuie sur plusieurs variables d'analyse, dont la caractérisation selon leur morphologie (trame, échelle spatiale et caractéristiques des bâtiments), selon leurs fonctions (vocation, signification, uniformité et mixité) et selon le type d'expériences observées.

À partir de cette caractérisation, la lecture de la logique milieu permet, dans un premier temps, qu'on évalue chacun de ces milieux par rapport à leur potentiel d'inscription spatiale du pylon traditionnel à treillis. Elle permet dans un deuxième temps qu'on détermine les affinités et les complémentarités des autres familles de pylônes par rapport aux différents milieux, compte tenu des singularités de leurs caractéristiques.

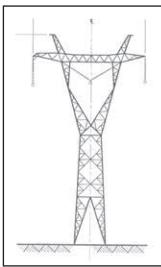
Opportunités paysagères (étape 2)

La mise en relation des deux lectures (objet et milieu) conduit à une troisième démarche qui permet d'apporter certaines précisions quant à la pertinence d'implanter un type d'équipement dans un milieu donné en faisant ressortir les similitudes, les affinités ou les complémentarités de certains objets par rapport à certains milieux, ou encore en associant des éléments qui permettent de produire un effet de contraste afin d'assurer une mise en valeur. Cette évaluation conduit à la proposition des opportunités paysagères.

Familles de pylônes et opportunités paysagères

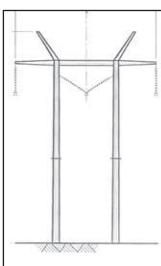
Cette étude exploratoire a d'abord révélé que l'implantation de toutes les familles de pylônes, dans leur version à treillis, s'avère de plus en plus difficile dans la plupart des milieux analysés, sauf près des secteurs traditionnels à prédominance industrielle ou encore en milieu agricole, car l'objet en tant que tel symbolise le début de la société industrielle.

Famille 1 : Pylône traditionnel à treillis à base étroite



Les pylônes de cette famille ont une forme anthropomorphique et un caractère industriel qui entraînent un effet de surcharge lorsqu'on est à proximité, mais qui est atténué lorsqu'on les voit de loin. Cet effet de surcharge provient essentiellement de la disposition des membrures dans le treillis orientées dans plusieurs directions. Une ligne de pylône à treillis attire plus souvent l'attention en raison des disparités occasionnées par les dimensions et les formes très variables de ses pylônes. Elle paraît encombrante en milieu urbain et périurbain ou en milieu de villégiature. Elle ne favorise pas un effet structurant le long d'une route ou d'une autoroute. Elle est plus cohérente en milieu agricole, mais elle occasionne des difficultés de manœuvre. Aux abords d'une rivière, elle entraîne souvent une divergence sur le plan symbolique.

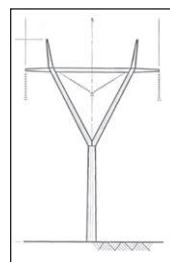
Famille 2 : Portique



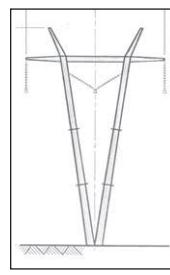
La forme du portique est un archétype de l'architecture. On peut l'associer à une porte sur le plan des significations. Il existe un lien formel entre le portique et un pont, une porte de ville ou un viaduc. Dans sa version tubulaire, il présente une forme pure et épurée. L'effet de hauteur d'une ligne de cette famille est minimisé en raison de la traverse qui chapeaute les deux mâts. Cependant, selon l'angle que le tracé de ligne impose, la géométrie du portique ainsi que son aspect peuvent grandement varier ; ce dernier peut être tantôt élancé, tantôt trapu et massif.

Cette famille peut convenir en milieu périurbain ou en milieu de villégiature en raison de son profil surbaissé et de sa forme signifiante sur le plan architectural, surtout dans les lieux à caractère patrimonial. Cette considération tient aussi pour la traversée de cours d'eau. En milieu urbain, on pourrait redouter son implantation en raison de l'encombrement aérien causé par sa tête large qui risque d'augmenter la confusion visuelle.

Familles 3 et 4 : Pylônes en Y et en V sans haubans

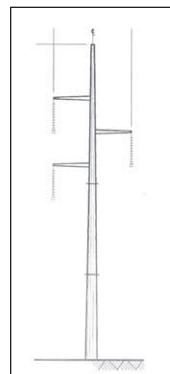


Les pylônes autoportants de ces deux familles présentent beaucoup de similitudes, mais le pylône en Y, composé de lignes verticales, horizontales et obliques, a une forme plus complexe. Ces pylônes ont des formes singulières qui s'apparentent difficilement à celles que l'on retrouve dans les milieux étudiés.



L'utilisation de ces deux familles devient aussi problématique lorsqu'on doit avoir recours à des pylônes d'arrêt. Chaque fois, la forme est dédoublée en W et devient très encombrante. En outre, la famille en Y risque de présenter encore plus de disparités, car la hauteur et l'ouverture du V des pylônes peuvent varier significativement selon la topographie ou l'angle requis. En raison de la singularité des formes des pylônes de ces deux familles, leur implantation semble incohérente dans presque tous les milieux, sauf peut-être dans un milieu trop uniforme pour faire contraste.

Famille 5 : Pylône à armement en delta¹²



Ce pylône a une forme très simple, épurée. Il exprime la verticalité malgré les consoles horizontales qui s'y greffent. Cependant, pour une tension à 735 kV, sa hauteur prend des proportions imposantes. Il atteint en moyenne 59 mètres, ce qui est beaucoup plus haut que le pylône traditionnel à treillis, d'une hauteur moyenne de 51 mètres. Toutefois, sa forme conique le rend de plus en plus effilé en hauteur et le fait paraître beaucoup plus léger. De plus, l'armement en delta permet un allégement de la tête plus marqué que tous les autres pylônes dont les conducteurs sont en nappe horizontale. Avec cette configuration, les conducteurs ne sont pas tous à la même hauteur et sont ainsi moins apparents ; ils créent un rythme dans la composition d'ensemble.

12. On appelle aussi ce type de pylône « pylône à armement triangulaire » ou « pylône à armement alterne ». L'étude de Lemieux et Binette utilise le terme « à armement triangulaire » et la CPEUM utilise le terme « à armement en delta », tandis que le *Vocabulaire illustré des lignes aériennes de transport et de distribution d'électricité* d'Hydro-Québec qualifie ce pylône d'*« armement alterne »*. On a retenu, dans ce contexte, *pylône à armement en delta*, car on présente ici l'étude de la CPEUM.

On peut comparer ce support du point de vue formel et symbolique à un mât de bateau ou à un tronc d'arbre. Il présente aussi une complémentarité, par sa forme et ses matériaux, avec les équipements en bordure d'autoroute, tels les lampadaires. Cependant, les pylônes d'angle et d'arrêt sont très différents des pylônes d'alignement. Ils sont conçus en deux ou trois mâts, ce qui compromet l'esthétique de la ligne si le tracé de celle-ci comporte plusieurs angles. Cette famille s'insère de façon cohérente en milieu urbain et périurbain en raison de la pureté de ses lignes. Sa ressemblance avec les mâts de bateaux et les lampadaires lui confère une pertinence paysagère le long des cours d'eau, à la traversée des rivières et le long d'une route si celle-ci n'a pas de sinuosités marquées.

Enfin, l'étude a souligné la nécessité qu'on se penche sur la conception spécifique des pylônes d'angle et anti-cascade en insistant davantage sur les contraintes propres à leur utilisation et non sur leur conformité absolue à la forme du pylône d'alignement. Cette dernière recommandation tendrait à se dissocier des autres études, qui prônent la similarité entre les différents équipements d'une même famille de pylônes. Ici, on a insisté davantage sur la recherche d'une cohérence d'ensemble, sur une harmonie dans la diversité. On préconise également que l'évaluation esthétique devrait tenir compte de la perception du public.

Synthèse et recommandations

À la demande du BAPE dans le cadre du projet Hertel-Saint-Césaire, on a fait une synthèse des deux études décrites précédemment afin d'y présenter les constats, les recommandations et les conclusions de HQT quant au choix d'un nouveau pylône à 735 kV. Cette synthèse a été consignée dans un troisième rapport intitulé *Nouvelles familles de pylônes esthétiques à encombrement réduit à 735 kV* (Allard et Létourneau, 2000), qui a été déposé au BAPE en juillet 2000 avant la deuxième partie des audiences.

Les principaux constats de ce rapport sont :

- Le tubulaire monopode et, dans certains milieux, le portique répondent adéquatement à l'amélioration esthétique d'un pylône à 735 kV.

- Tout pylône à treillis traditionnel, peu importe sa forme, donne peu de satisfaction du point de vue esthétique. Toutefois, compte tenu du fait qu'il offre des avantages certains du point de vue de sa transparence, la recherche de nouveaux concepts d'entrelacement plus sobre et de facture plus contemporaine pourrait permettre d'en améliorer l'apparence puisqu'il est probablement plus facile qu'autrefois de produire des formes plus simples quoique sans doute plus coûteuses grâce aux techniques de fabrication actuelles.
- Les études des épures ont permis de bien orienter le choix des supports les plus prometteurs du point de vue esthétique.
- Les contraintes techniques liées aux pylônes d'angle, d'arrêt ou antichute en cascade devraient faire l'objet d'études techniques plus approfondies afin qu'on puisse apporter des solutions acceptables où l'esthétique n'est pas délaissé au détriment de la robustesse. Pour résoudre ce problème, on suggère également d'explorer d'autres avenues dont celle de créer un rythme dans les séquences d'alignement en intercalant entre ces séquences un pylône d'angle ou antichute en cascade de forme différente qui, par contraste, permettrait d'éviter la monotonie en créant un « tempo visuel ».
- Plusieurs considérations demeurent à explorer, comme les types de matériaux, les jeux de couleurs et autres aspects par rapport au moment de la journée et aux saisons.
- Dans le cadre d'un projet, une étude sur la perception des publics s'avérerait sans doute nécessaire pour valider ces hypothèses.

■ Inscription spatiale des équipements de transport d'énergie : révision des critères de design¹³

Dans le cadre de la recherche de la CPEUM parue en 2005 (Findeli et coll., 2005), on s'est de nouveau penché sur une démarche adaptée à la problématique des lignes de transport d'énergie tout en s'interrogeant sur la pertinence d'une démarche uniquement orientée vers la recherche de nouveaux design. On a en quelque sorte poursuivi l'étude effectuée en 2000 en abordant l'intégration des lignes au territoire comme un projet

13. Dans la présente section, on a tenté de résumer le plus fidèlement possible la recherche de la CPEUM, mais compte tenu qu'il s'agit d'une longue recherche qui a donné lieu à plusieurs rapports d'étape et à un rapport final en trois volumes, il est évident qu'on n'a pu explorer les nombreuses facettes de l'étude.

de paysage. Ce dernier impliquerait notamment qu'on mise sur la reconnaissance de la portée publique du paysage dans les projets et qu'on comprenne les processus de valorisation sociale du territoire de même que les connaissances des milieux et de la relation équipements-milieux. En somme, il s'agit de préconiser une démarche contextuelle pour l'intégration des lignes dans le paysage par le design.

Revue de littérature et proposition de démarche d'étude

Afin de faire le point sur les différentes études menées jusqu'alors dans ce domaine, on a procédé à une revue de littérature. Celle-ci a révélé que la plupart des études sur le sujet « design » vise essentiellement l'objet pylône sans égard au milieu. Plusieurs expériences étrangères ont été relatées, notamment en Suisse, en France, en Finlande, en Italie, en Angleterre et aux États-Unis. On s'est ensuite inspiré de la méthode utilisée par l'Université de Technologie de Compiègne dans le cadre d'une étude menée en 1978 pour Électricité de France afin d'orienter et de poursuivre la recherche en ayant comme objectif d'approfondir l'interprétation des données.

De cette étude, les éléments suivants ont été retenus :

- la méthode par différentiateur sémantique est utile pour interpréter les perceptions des équipements publics ;
- on ne peut saisir toute la complexité de la problématique au moyen d'une étude statistique ; celle-ci doit être complétée par des études plus interprétatives ;
- les conclusions quant au design des pylônes sont les suivantes : simple, neutre, rassurant, sobre et fonctionnel ;
- l'utilisation de différents types de pylônes accentue la rupture du rythme et de l'unité de la ligne ;
- le fait de réserver les pylônes esthétiques à certains endroits ne constitue pas une mesure esthétique, encore moins un effort d'intégration au paysage ;
- il faut aborder la question de la multiplication et de la répétition des pylônes dans le paysage par une étude de rythme global et non uniquement par le redesign des équipements, c'est pourquoi il est essentiel de considérer la ligne de transport dans son ensemble et de ne pas se limiter au pylône.

À la suite de l'ensemble des constats qui ressortent de la revue de littérature et particulièrement de ceux de l'université de Compiègne, on a formulé cinq questions, qui se regroupent en deux champs distincts (voir l'encadré ci-contre) :

Interprétation des perceptions du public envers les équipements (les pylônes et leur inscription dans le milieu)

1. Quelle méthode de caractérisation paysagère adopter ?
2. Comment le public perçoit-il les pylônes et quelle est l'appréciation esthétique qu'il porte sur ces objets et leur contexte ?
3. Comment peut-on interpréter ces observations en vue de la conception ?

Conception des équipements (design)

4. Quels sont les critères de conception à retenir pour le design des nouveaux pylônes et le projet de paysage ?
5. Comment structurer l'équipe et la démarche de design appropriées ?

À partir de ces cinq questions de recherche, on a défini quatre études sectorielles distinctes sur des méthodes diverses pour mener à bien la recherche et formuler les conclusions de même que les recommandations quant aux critères de conception.

Dans les trois premières études, on s'est penché sur la perception des équipements par les publics, alors que la quatrième étude a davantage été axée sur les pylônes et la méthode de recherche-projet.

Première étude sectorielle :

Caractérisation des équipements et repérage

Cette étude répond à la première question de recherche et elle conduit à l'élaboration d'une grille de lecture pouvant être utilisée pour caractériser et évaluer diverses situations paysagères se présentant au moment de l'implantation d'une ligne. Cette étude fait suite à la précédente étude de la CPEUM (Leclerc et coll., 2000).

Les objectifs visés et atteints par cette étude sont les suivants :

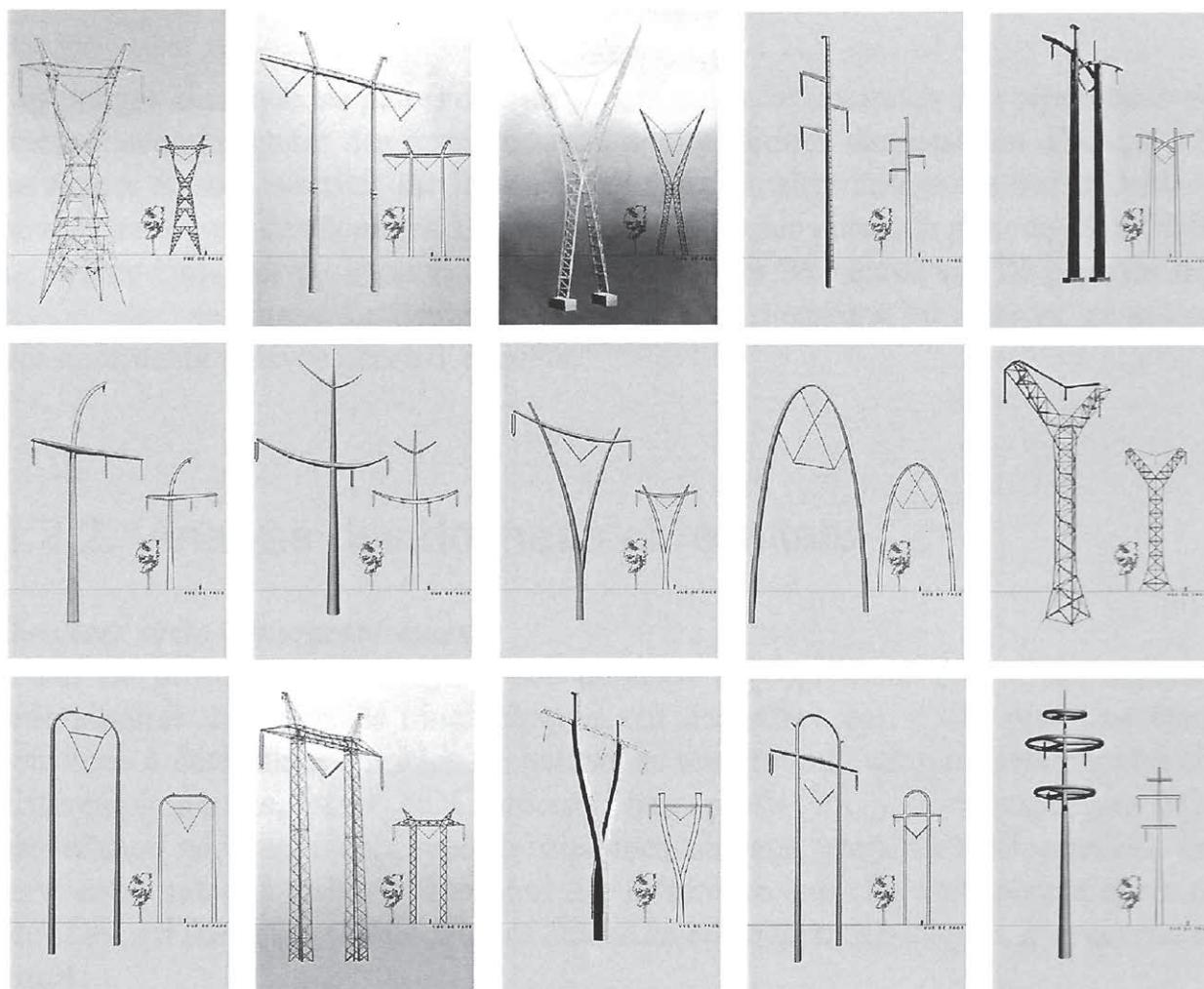
- valider la caractérisation générique des milieux de l'étude réalisée en 2000 ;
- illustrer la dynamique de la présence d'une ligne dans un milieu ainsi que son rôle fonctionnel, symbolique et social ;
- reconnaître les similitudes et les différences des types d'équipement de diverses tensions, tant par leur relation au paysage que par leurs éléments ;
- compléter la nomenclature technique et visuelle relative aux pylônes (rapports d'échelle, matière et éléments).

Deuxième étude sectorielle :
Étude par différentiateur sémantique
des perceptions du public

On a pu répondre à la seconde question de recherche en entreprenant une analyse par différenciation sémantique sur un ensemble de quinze pylônes réels et fictifs, utilisés par Hydro-Québec ou d'autres compagnies

d'électricité ou encore provenant d'un atelier de design réalisé à l'université dans le cadre de l'étude (voir la figure 8). Les intrants de l'étude ont été récoltés au moyen des réponses à une enquête réalisée à l'aide d'un questionnaire sur Internet pendant 3 semaines. Sur les 127 personnes ayant manifesté leur désir de répondre, 99 ont répondu.

Figure 8 : Épures de pylône retenues pour les fins de l'étude par différentiateur sémantique



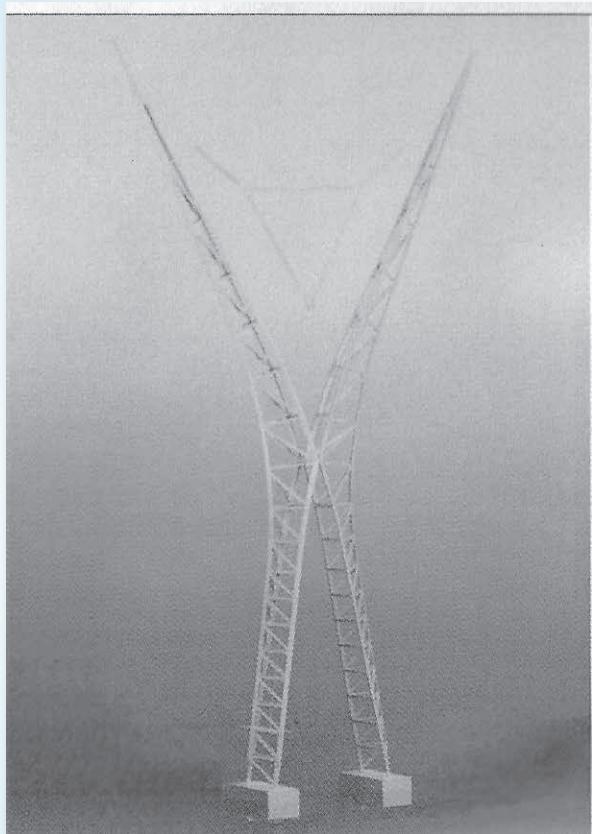
La démarche était la même que celle adoptée par les chercheurs de l'université de Compiègne. On a utilisé une méthode matricielle bien connue des spécialistes de sciences humaines et sociales.

Elle a permis de :

- caractériser et classer un ensemble d'objets selon un nombre élevé de variables ainsi que mettre en évidence les corrélations entre les choix des répondants faisant partie de l'échantillon statistique retenu. Comme en marketing, on mesure la charge connotative du produit ;

- constituer un ensemble de pylônes que les répondants qualifient à l'aide d'une liste de 22 paires d'adjectifs opposés et classent sur une échelle de 1 à 7 (voir la figure 9) ;
- qualifier la façon dont le traitement matriciel et statistique des données répartit l'ensemble des objets ou attribuer une signification à ce traitement.

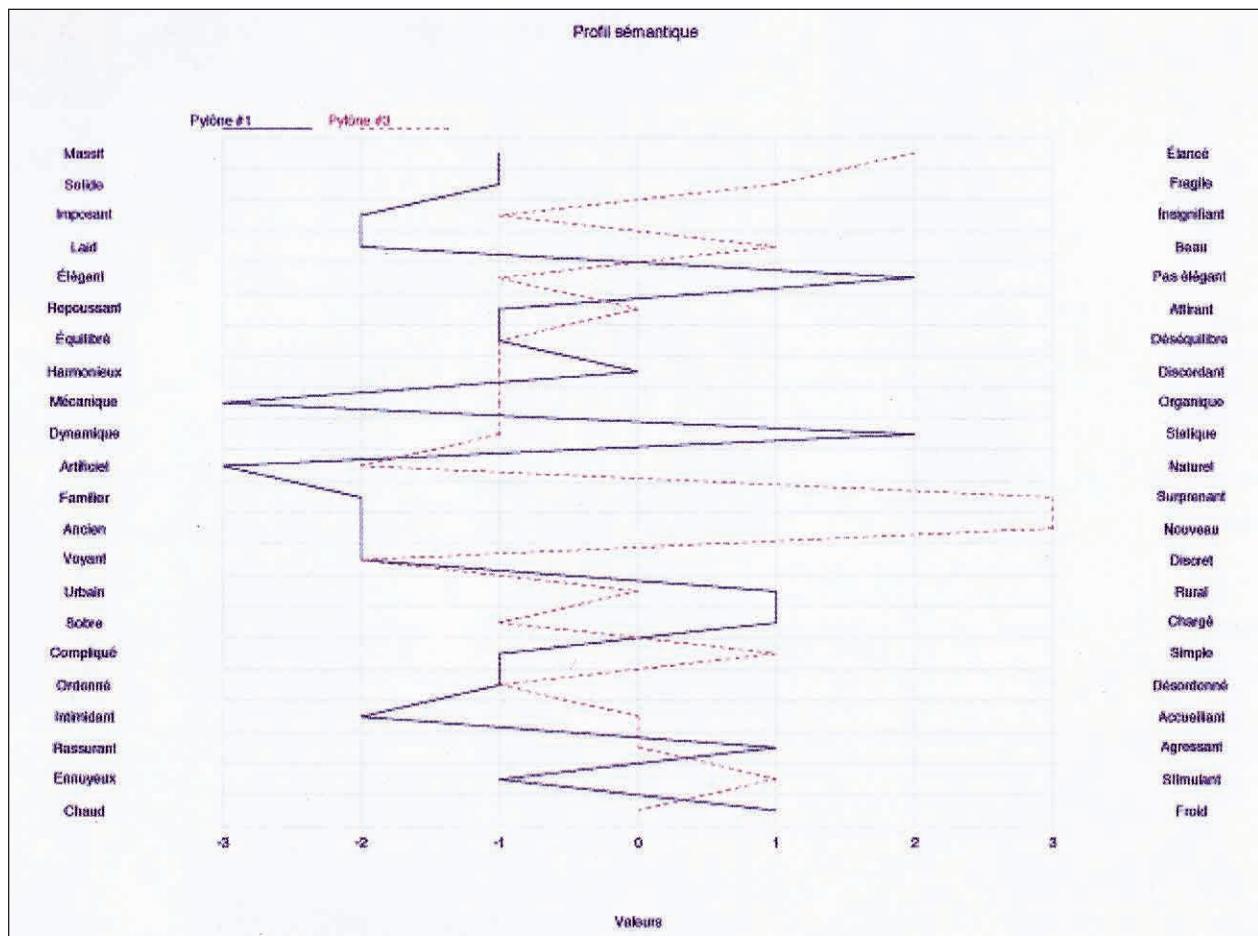
Figure 9 : Pylône de Foster & partners gagnant du concours ENEL 2000 (Italie), accompagné de la grille d'adjectifs qualitatifs et de leurs antonymes pour l'évaluation du pylône



	1	2	3	4	5	6	7	
Massif	1	2	3	4	5	6	7	Élancé
Solide	1	2	3	4	5	6	7	Fragile
Impressionnant	1	2	3	4	5	6	7	Insignifiant
Laid	1	2	3	4	5	6	7	Beau
Élégant	1	2	3	4	5	6	7	Pas élégant
Repoussant	1	2	3	4	5	6	7	Attristant
Équilibré	1	2	3	4	5	6	7	Déséquilibré
Harmonieux	1	2	3	4	5	6	7	Discordant
Mécanique	1	2	3	4	5	6	7	Organique
Dynamique	1	2	3	4	5	6	7	Statique
Artificiel	1	2	3	4	5	6	7	Naturel
Familier	1	2	3	4	5	6	7	Surprenant
Ancien	1	2	3	4	5	6	7	Nouveau
Voyant	1	2	3	4	5	6	7	Discret
Urbain	1	2	3	4	5	6	7	Rural
Sobre	1	2	3	4	5	6	7	Chargé
Complicated	1	2	3	4	5	6	7	Simple
Ordonné	1	2	3	4	5	6	7	Désordonné
Intimidant	1	2	3	4	5	6	7	Accueillant
Rassurant	1	2	3	4	5	6	7	Agressant
Ennuyeux	1	2	3	4	5	6	7	Stimulant
Chaud	1	2	3	4	5	6	7	Froid

Commentaires:

Figure 10 : Exemple de représentation graphique des résultats pour le pylône 1 à treillis traditionnel et le pylône 3 (ENEL)

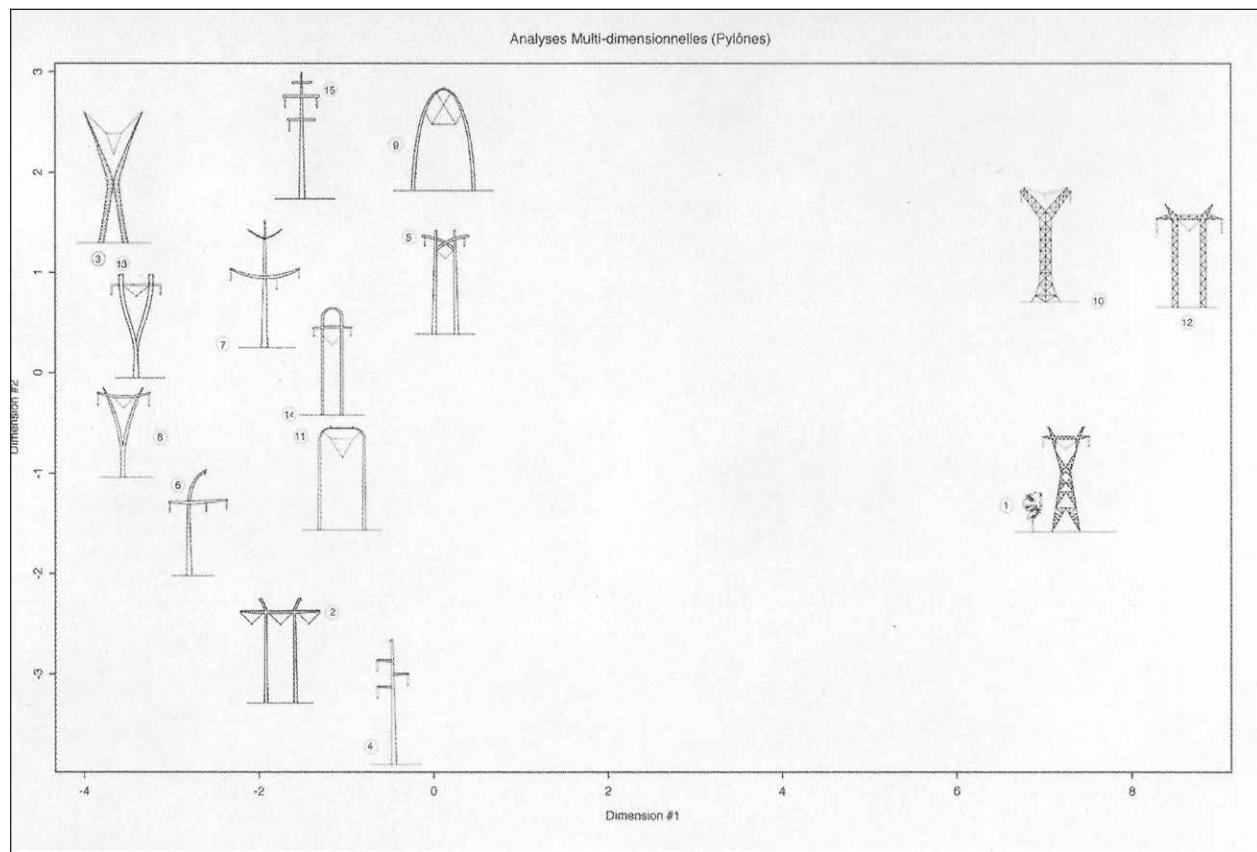


Les réponses pour chacun des pylônes et des adjectifs ont été représentées graphiquement (voir la figure 10). Pour comprendre la répartition des réponses, on a fait le calcul des statistiques de base (moyennes, médianes et autres quartiles).

Le but des analyses multivariées est d'extraire les relations entre les variables et d'établir des regroupements.

On définit ainsi une typologie par pylône, par adjectif et aussi par répondant. Les résultats sont très nets. La figure 11 illustre la façon dont les répondants ont réparti les quinze pylônes. Elle montre clairement que les trois pylônes à treillis forment un groupe à part, tandis que le reste des pylônes semble former un groupe hétérogène et dispersé (dimension horizontale).

Figure 11 : Analyse multidimensionnelle des quinze pylônes et mise en évidence de la facture treillis-non treillis



Troisième étude sectorielle : Approche interprétative des perceptions du public

Afin de répondre à la troisième question, une étude qualitative à partir de photographies sous forme d'enquête de type ethnographique (entretiens plus poussés permettant d'évaluer les représentations mentales et l'expérience paysagère) a été menée à l'aide d'entrevues variant d'une heure à une heure et demie auprès de douze répondants (cinq femmes et sept hommes) ayant des profils socioéconomiques très variés. Ceux-ci devaient commenter des photos d'équipements dans certains milieux. Elle avait pour but de :

- fournir des informations sur la perception esthétique générale des pylônes (représentation symbolique, sens, attitude et appréciation esthétique) ;
- comprendre les raisons qui conduisent les observateurs à juger les équipements de la sorte ainsi que les raisonnements sous-jacents ;
- nuancer les différents jugements de perception esthétique portés sur un équipement ;
- faire ressortir les considérations en jeu sur des aspects méconnus des fondements des préférences.

Les répondants ont indiqué qu'il est difficile de juger un pylône sans son contexte global, car une photo est plutôt limitative et peut produire une fausse impression. Il est plus facile de juger *in situ* des pylônes implantés en série. Le résultat le plus marqué de cette étude, c'est que le tubulaire fait « nouveau », alors que le treillis fait « vieux ». Les répondants conçoivent aisément qu'un pylône n'est jamais seul, car il est implanté en série. Ils reconnaissent qu'un pylône sert à transporter l'électricité et qu'en ce sens, l'utilité de l'équipement peut primer sur l'esthétique.

On constate que le pylône à treillis traditionnel demeure le pylône de référence pour la majorité des répondants ; c'est le pylône qui leur est familier. La traverse du support de type portique attire l'attention et n'est pas apprécié pour la largeur qu'elle donne à l'équipement. Le portique n'est jamais la solution préférée ; il est tout juste acceptable parce qu'il est mieux qu'un pylône à treillis traditionnel. Le pylône tubulaire à armement en delta est par ailleurs celui qui semble être préféré de tous.

Quatrième étude sectorielle : Laboratoire de design

Les deux dernières questions de recherche ayant trait à la conception des équipements, cela a mené à une recherche-projet dans les disciplines du design. C'est ainsi que l'atelier de conception d'équipement a vu le jour, car en règle générale, de nombreux éléments d'un phénomène sous investigation ne peuvent être connus qu'en situation concrète plutôt que de façon spéculative ou déductive.

L'objectif principal de cette activité était de mettre en évidence :

- l'intérêt de réunir simultanément dans un projet des représentants des divers métiers et spécialités concernés par la conception des équipements ;
- l'impact des conflits de rationalités propres à ces perspectives diverses sur l'appréciation esthétique des propositions générées en situation de design.

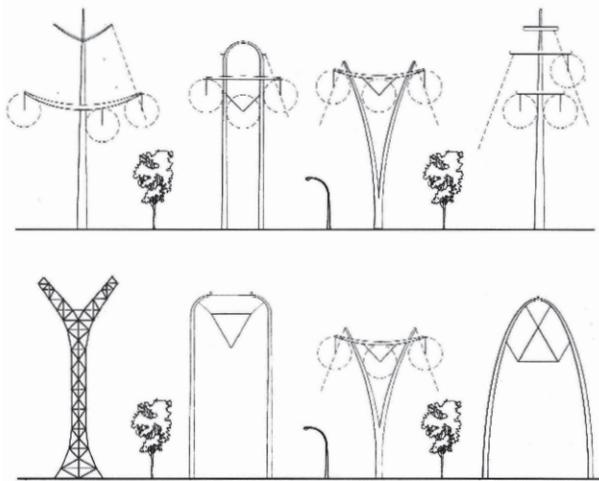
Les buts de l'ensemble de l'exercice étaient les suivants :

- former une équipe de conception multidisciplinaire dans le but de soulever les différents aspects de la conception technique d'une ligne de même que de la problématique de son implantation à travers le projet de design ;
- susciter une réflexion sur le projet de design en prenant appui sur la problématique paysagère ;
- questionner et repositionner le rôle de chacun des protagonistes dans le projet ;
- faire ressortir les critères de design qui sont d'usage dans la conception des équipements de transport, les revisiter et les réactualiser dans une perspective de projet de paysage ;
- illustrer chacun des principes de design par des esquisses d'équipements ou d'aménagement.

C'est ainsi que treize personnes (quatre ingénieurs et techniciens et deux environnementalistes d'Hydro-Québec, deux professeurs de design industriel et deux d'architecture du paysage ainsi que trois membres de l'équipe de recherche) se sont réunis six fois pendant trois heures sur une période de deux mois. Le projet s'est vite centré sur l'équipement à 735 kV en raison des difficultés techniques évidentes qu'il présentait et des questions particulières qu'il soulevait.

Diverses formes de pylônes ont été explorées, plusieurs simulations visuelles (tant statiques que dynamiques) ont été réalisées, diverses variations formelles ont été analysées et commentées pour qu'on puisse explorer de façon systématique les effets formels et esthétiques induits par les variations d'un élément à la fois (membrure, texture, facture, assemblage, etc.).

Figure 12 : Différentes épures de pylônes conçues dans le cadre du laboratoire de design



En ce qui concerne le processus de design, la recherche a souligné la nécessité d'introduire rapidement les professionnels du design (designers industriels, architectes et architectes de paysage) au moment de la planification d'un projet. La constitution à l'interne d'une équipe pluridisciplinaire devrait également être envisagée. Plus généralement, l'étude a proposé qu'on se penche sur le rôle du design et du projet de paysage sur l'image d'Hydro-Québec. Elle a notamment insisté sur l'importance de réfléchir aux coûts et au mode de calcul utilisé, particulièrement en ce qui concerne les coûts sociaux et environnementaux et le rôle que peut jouer le design pour les prendre en charge. Une réflexion sur les enjeux de l'esthétique publique devrait également être entreprise.

Conclusions et recommandations de l'étude

De nombreuses conclusions et recommandations ont été faites dans cette étude. On a jugé bon de sélectionner celles qui auraient avantage à être prises en compte pour atteindre l'intégration harmonieuse des futures lignes projetées par HQT.

DESIGN DES PYLÔNES	LIGNE DANS SON ENSEMBLE	PROJET DE PAYSAGE
<p>Constats :</p> <ul style="list-style-type: none">La perception des pylônes à treillis classiques ou améliorés est presque unanimement négative.On remarque une préférence marquée pour les formes simples, sobres, neutres et à encombrement visuel réduit.La forme prototypique du poteau ou du mât est largement préférée.Le surcroît de hauteur d'un équipement de type poteau n'est pas considéré comme négatif s'il est effilé. <p>Recommendations :</p> <ul style="list-style-type: none">Limiter la largeur de la tête du pylône et éviter dans la mesure du possible la disposition des conducteurs en nappe horizontale.Éviter les assemblages anguleux et leur préférer les arrondis.Orienter le choix des autres éléments formels (éléments tels isolateurs, consoles, etc.) en fonction des caractéristiques du milieu et des exigences du projet.Poursuivre les recherches pour trouver des solutions structurales et technologiques dans des matériaux autres que l'acier roulé et soudé.Élaborer les paramètres de conception définitifs en tenant compte de l'image publique que l'entreprise souhaite projeter.	<p>Constats :</p> <ul style="list-style-type: none">L'appréciation de l'esthétique d'une ligne est centrale dans la problématique d'acceptation sociale.L'utilisation de différents types de pylônes dans une même ligne accentue la rupture du rythme et réduit la cohérence de l'unité de la ligne. <p>Recommendations :</p> <ul style="list-style-type: none">Ne pas faire reposer l'intégration de la ligne uniquement sur des objectifs visant la dissimulation ou l'absorption.Viser un effet de contraste ou au contraire de cohérence selon les caractéristiques du milieu.Rechercher la conception d'une ligne régulière et répétitive, car plus elle sera conforme à sa nature technique, plus l'effet de contraste sera réussi.Aborder la conception d'une ligne par une étude du rythme global de la ligne plutôt qu'un redesign d'équipements, car le rythme de la ligne est aussi essentiel que la morphologie des pylônes.Pour obtenir un certain rythme dans la ligne, il faudrait disposer d'un champ d'au moins deux à trois kilomètres sans rupture visuelle et déployer cinq à sept séquences identiques. Plus longue sera la série, meilleur sera l'effet de rythme.Rechercher un rythme dans les milieux ouverts.	<p>Constats :</p> <ul style="list-style-type: none">Les lignes implantées à la suite d'un ensemble de compromis ne peuvent donner lieu à un projet de paysage, car dans ce cas, le professionnel n'exerce qu'un simple rôle de médiation et de mise en forme de projets dont les orientations émanent de toutes parts. <p>Recommendations :</p> <ul style="list-style-type: none">Concevoir le projet de paysage en s'appuyant sur l'idée que : « L'intention paysagère qui primerait serait celle [d'une esthétique] du paysage non pas en dépit des équipements, mais avec les équipements. »Bâtir, en amont d'un projet, une argumentation crédible sur les intentions d'Hydro-Québec par l'entremise de moyens de communication en mettant en lumière toute la complexité qui découle de l'installation de pylônes dans le paysage de manière à assurer la réalisation d'un vrai projet de paysage.

LES ENSEIGNEMENTS

À RETENIR

- L'intégration harmonieuse d'une ligne de transport doit être une préoccupation de chaque projet.
- Les problématiques d'intégration sont multidimensionnelles et doivent être prises en compte dès le démarrage d'un projet, notamment au moment du choix des critères de localisation et du type des pylônes.
- Afin de choisir les critères de localisation pertinents au projet, il importe d'avoir une idée d'ensemble des caractéristiques de la zone d'étude et de clairement identifier ceux qui permettent une intégration harmonieuse pour l'ensemble du projet et ceux qui ne conviennent qu'à une portion de la zone d'étude.
- Les critères de localisation retenus devront être soutenus tout au long du projet.
- On retient trois principaux critères de localisation :
 1. un tracé plutôt droit et le plus direct possible ;
 2. la sélection d'espaces de moindre sensibilité ;
 3. l'exploitation des éléments structurants du territoire.
- L'intégration d'une ligne va au-delà des principes de réduction de sa visibilité dans le territoire, mais renvoie à sa structure, son organisation spatiale, sa valorisation identitaire ainsi que sa perception sociale et culturelle.
- Il est indispensable de prendre en compte les perceptions des publics pour informer, orienter et valider les stratégies d'intégration optimale des équipements au territoire.
- Si un nouveau design de pylône doit être envisagé, il faut l'amorcer dès la connaissance suffisante du milieu.
- Le choix du design des pylônes d'une ligne doit être orienté en fonction des différents milieux susceptibles d'être traversés par cette ligne.
- Les principaux critères de design du pylône doivent privilégier :
 - la sobriété formelle, la symétrie et la cohérence d'ensemble ;
 - des pylônes faisant référence à des formes connues, à des archétypes comme le poteau ou le portique tout en évitant les disparités de formes et de matériaux dans une même famille de pylônes ;
 - un effet d'ensemble en créant, par exemple, un effet de rythme et en respectant une cohérence formelle globale.
- Les démarches de conception fondées sur le design sont plus créatives et favorisent des approches de projet plus ouvertes et de type multidisciplinaire (designer, architecte, architecte du paysage, environnementaliste et ingénieur).

LES ENSEIGNEMENTS

À ÉVITER

- Justifier les corridors ou les tracés d'un projet à l'aide de plusieurs critères de localisation qui n'ont pas été validés au préalable par rapport aux enjeux.
- Avoir recours au design de nouveaux pylônes comme une solution de dernière instance.

À POURSUIVRE

- Aborder l'étude de nouveaux pylônes en explorant les possibilités de nouveaux concepts d'entrelacement de treillis, des nouveaux matériaux et des nouvelles couleurs.
- Intégrer des designers au sein des équipes multidisciplinaires pour les projets de ligne.
- Ajouter une étape à la démarche actuelle pour intégrer l'analyse de l'organisation spatiale et de la structure du territoire afin de mieux utiliser la ligne comme élément structurant dans le milieu.
- Évaluer les impacts positifs du design et d'un projet de paysage sur l'image d'Hydro-Québec.
- Dans le cadre de projets de reconstruction ou de renforcement majeurs de lignes, explorer les conditions favorables à la réutilisation des emprises par des lignes aériennes.

Vocabulaire

Degré de perception fonctionnelle : déterminé par les valeurs des populations et par les préoccupations que suscite la transformation de leur milieu.

Degré de perception visuelle : dépend de l'exposition visuelle des observateurs (champ visuel, distance et élévation relative du point d'observation), de leur sensibilité au paysage (intérêt porté au milieu par l'observateur selon son activité et sa mobilité) et, finalement, du rayonnement de l'impact sur les populations affectées par la présence de l'équipement (régional, local ou ponctuel).

Degré de perturbation : renvoie à trois principaux critères d'évaluation : la capacité d'absorption des équipements dans le paysage, leur capacité d'insertion et la capacité d'harmonisation des équipements entre eux.

Design : autrefois appelé en français « esthétique industrielle », « arts décoratifs », « art industriel » ou « arts appliqués », le design est une discipline créative qui consiste à concevoir des dispositifs destinés à des usagers grâce à un travail sur les formes qui rappelle celui de la création artistique et qui peut concerner aussi bien des formes spatiales (design d'espace), volumiques (design de produits, design industriel), textiles (design de mode, stylisme), graphiques (design graphique, graphisme) ou interactives (design interactif, design d'interaction, design numérique).

Ce travail sur les formes, proche de l'activité artistique, explique l'importance des considérations esthétiques dans le champ du design, mais ne doit pas masquer l'importance tout aussi grande des considérations fonctionnelles, techniques, juridiques, économiques, sociales et politiques, voire philosophiques, qui sont au cœur du travail du designer, considéré comme l'un des grands métiers de la conception, avec ceux de l'architecte ou de l'ingénieur.

Le rôle du design est de répondre à des besoins, de résoudre des problèmes, de proposer des solutions innovantes ou d'inventer de nouvelles possibilités dans le but d'améliorer la qualité de vie des êtres humains, que ce soit dans les sociétés industrielles occidentales (où le design est né) ou dans les pays en voie de développement (design humanitaire). La pluridisciplinarité se trouve par conséquent au cœur du travail du designer, dont la culture se nourrit aussi bien des arts, des techniques, des sciences humaines ou des sciences de la nature. (définition Wikipédia)

Élément (d'une installation) : Partie constitutive d'une installation. Par exemple : le disjoncteur d'un poste, les conducteurs d'une ligne, le tableau de commande d'un centre d'exploitation de réseau.

Imagibilité : « C'est, pour un objet physique, la qualité grâce à laquelle il a de grandes chances de provoquer une forte image chez n'importe quel observateur. C'est cette forme, cette couleur ou cette disposition qui facilitent la création d'images mentales de l'environnement vivement identifiées, puissamment structurées et d'une grande utilité. » (Lynch, 1971)

Intégrité : état d'une chose qui demeure intacte.

Ligne ou poste de répartition : ligne ou poste qui relie le réseau principal au réseau de distribution. Aujourd'hui, ces lignes et postes font partie des lignes de transport, sans distinction.

Perception : réaction d'un sujet à une stimulation extérieure, qui se manifeste par des phénomènes chimiques, neurologiques, au niveau des organes des sens et du système nerveux central et par divers mécanismes psychiques tendant à adapter cette réaction à son objet, tels que l'identification de l'objet perçu (ou sa reconnaissance), sa différenciation par rapport aux autres objets, etc. (*Lexis, Larousse de la langue française*, 1979, p. 1374)

Projet de paysage : « Le projet de paysage est une intention visant la mise en valeur de la diversité et de la singularité des paysages. Ce faisant, il implique les dimensions sociale, patrimoniale, identitaire, environnementale, économique et esthétique d'un territoire donné pour induire des stratégies d'actions viables et durables. À l'opposé d'approches plus strictement normatives, le projet de paysage n'est donc pas reproductible (Poullaouec-Gonidec, 2002). Il est ouvert de ce fait au caractère sensible des différents contextes d'intervention.

Chaque lieu étant porteur de significations particulières, il s'agit, par cette perspective de projet, d'évoquer leur singularité, de révéler leur qualité, d'infléchir leur évolution en résonance avec les expressions du territoire socialement valorisées et partagées. Aussi, qu'il s'attache aux lieux emblématiques, aux cadres de vie du quotidien ou aux espaces fortement altérés, le projet de paysage revêt-il une pluralité d'intentions. » (Paquette et coll., 2008)

Bibliographie

Études ou documents d'Hydro-Québec

- ALLARD, L., et H. LÉTOURNEAU. 2000. *Nouvelles familles de pylônes esthétiques à encombrement réduit à 735 kV*. Montréal. Hydro-Québec. 23 p. et ann.
- AMÉNATECH INC. 1994a. *Étude sur la performance environnementale des lignes et des postes. Activité Revue documentaire*. Préparé pour Hydro-Québec. 119 p.
- AMÉNATECH INC. 1994b. *Étude sur la performance environnementale des lignes et des postes. Document de travail. Bilan Hydro-Québec (version finale)*. Préparé pour Hydro-Québec. 32 p. et ann.
- AMÉNATECH INC. 1993. *Étude sur la performance environnementale des lignes et des postes. Rapport d'étape : Enquête auprès des compagnies d'électricité*. Préparé pour Hydro-Québec. 18 p. et ann.
- AMÉNATECH INC. en collaboration avec PRIESTLEY ASSOCIATES. 1996. *La contribution du design à l'intégration dans l'environnement des ouvrages de transport d'énergie électrique – rapport d'analyse*. Préparé pour Hydro-Québec. 115 p. et ann.
- ANDRÉ MARSAN ET ASSOCIÉS et DANIEL ARBOUR ET ASSOCIÉS. 1976. *Étude d'environnement pour la localisation de lignes de transport d'énergie à 735 kV entre les postes Châteauguay et Chénier*. Préparé pour la Commission hydroélectrique de Québec. 178 p.
- ANDRÉ MARSAN ET ASSOCIÉS et DANIEL ARBOUR ET ASSOCIÉS. 1975. *Étude d'environnement pour la localisation de lignes de transport d'énergie à 735 kV entre les postes Châteauguay et Chénier*. Préparé pour la Commission hydroélectrique de Québec. 168 p.
- ANDRÉ, P., et J.-P. GAGNÉ. 2002. *Le bruit émis par les lignes et les postes électriques : analyse documentaire et qualification des impacts en regard de la qualité de vie des riverains. Projets de recherche et développement*. Préparé par le Département de géographie et l'École d'orthophonie et d'audiologie de l'Université de Montréal pour Hydro-Québec. 151 p.
- BELT. 1976. *Rapport de localisation et d'impact sur l'environnement, réseau de transport Baie James à 735 kV, section Canton Mousseau-Chénier*. Préparé pour la Commission hydroélectrique de Québec. 172 p.
- BINET, M., F. RENAUD et A. GIRARD. 1998. *Suivi environnemental du milieu agricole. Étude de différents types de pylônes sur les terres cultivées de la ligne à 735 kV Des Cantons-Lévis-Appalaches (DCLA)*. Rapport synthèse. Montréal. Hydro-Québec. 42 p. et ann.
- CARPENTIER, J.M. Sans date (Lettre de transmission 1993). *Grands enseignements du suivi environnemental de la ligne à courant continu à 450 kV Radisson-Nicolet-des Cantons*. Préparé pour Hydro-Québec. 31 p.
- CÔTÉ, DUVIEUSART ET ASSOCIÉS. 1978. *Implantation des lignes à haute tension en territoire agricole*. Préparé pour Hydro-Québec. 73 p. et ann.
- CÔTÉ, DUVIEUSART ET ASSOCIÉS. 1977a. *Influence des lignes à haute tension en territoire agricole – Rapport final. Tomes I et II*. Préparé pour Hydro-Québec. 100 p. et ann.
- CÔTÉ, DUVIEUSART ET ASSOCIÉS. 1977b. *Pylônes de ligne à haute tension en milieu agricole*. Préparé pour Hydro-Québec. 100 p.
- CÔTÉ, DUVIEUSART ET ASSOCIÉS. 1975a. *Ligne à haute tension Châteauguay–États-Unis*. Préparé pour Hydro-Québec. 16 p. et ann.
- CÔTÉ, DUVIEUSART ET ASSOCIÉS. 1975b. *Pylônes de ligne à haute tension en milieu agricole (Influence du type de pylône sur les performances des machineries aratoires)*. Préparé pour Hydro-Québec. 18 p. et ann.
- ÉLIE, G., F. RENAUD et N. TANGUAY. 1995. *Les effets potentiels de la juxtaposition et de la multiplication des lignes de transport et de répartition sur l'aménagement du territoire ; guide d'analyse*. Montréal. Hydro-Québec. 48 p.
- FERDAIS, M., et F. RENAUD. 1991. *Évaluation de la performance environnementale de pylônes à encombrement réduit en milieu agricole*. Montréal. Hydro-Québec. 30 p. et ann.
- FINDELI, A., C. GAGNON, J.-F. ALLIE, M.-P. BOSSÉ, P. LEMAY, P. GAUTHIER, P. POULLAOUEC-GONIDEC et M. GARIÉPY. 2005. *Inscription spatiale des équipements de transport d'énergie : révision des critères de design*. Préparé par la Chaire en paysage et environnement de l'Université de Montréal pour Hydro-Québec. Montréal. 3 volumes.

- FRÉCHETTE, Y. 1990. *Suivi environnemental des pylônes. Étude d'une fondation sur pieux en milieu agricole et agroforestier.* Montréal. Hydro-Québec. 37 p. et ann.
- FRÉCHETTE, Y. 1989. *Suivi environnemental des pylônes en milieu agricole.* Montréal. Hydro-Québec. 37 p.
- GARIÉPY, M., P. POULLAOUEC-GONIDEC, J. LAUZON, L. DESJARDINS, B. GERVAIS, I. GOYETTE et G. SAUMIER. 2004. *Qualité de vie et aspects visuels d'une ligne de transport d'énergie en milieu organisé – Revue de littérature et étude exploratoire de l'appropriation de l'emprise.* Préparé par la Chaire en paysage et environnement de l'Université de Montréal pour Hydro-Québec. 141 p.
- GENEST, E. 2006. *Intégration environnementale des lignes de transport électrique en milieu organisé. Constat actuel.* Rapport inachevé. Préparé pour Hydro-Québec. 49 p.
- GIGUÈRE, M., et P. ROCQUE. 1991. *Méthode d'évaluation environnementale lignes et postes. Méthode spécialisée pour le milieu forestier. 1. Démarche d'évaluation environnementale. 2. Techniques et outils. 3. Méthodes spécialisées.* Montréal. Hydro-Québec. 46 p.
- GROUPE LESTAGE. 1991. *Méthode spécialisée en milieu urbain : proposition pour une approche inspirée du design urbain.* Préparé pour Hydro-Québec. Montréal. 255 p.
- HYDRO-QUÉBEC. 2003. *Boucle montérégienne. Ligne à 735 kV Saint-Césaire–Hertel : étude de perception visuelle–État de référence.* Rapport de recherche. Montréal. 66 p.
- HYDRO-QUÉBEC. 2000. *Enseignements du suivi environnemental : Ligne à 735 kV des Cantons-Lévis et poste des Appalaches à 735 kV-230 kV.* Montréal. 36 p.
- HYDRO-QUÉBEC. 1999a. *Boucle montérégienne : Ligne à 735 kV Saint-Césaire–Hertel et poste de la Montérégie à 735 kV-120/230 kV. Rapport d'avant-projet.* Montréal. 295 p.
- HYDRO-QUÉBEC. 1999b. *Boucle montérégienne : Ligne à 735 kV Saint-Césaire–Hertel et poste de la Montérégie à 735 kV-120/230 kV. Résumé du rapport d'avant-projet.* Montréal. 25 p. et cartes.
- HYDRO-QUÉBEC. 1996. *Méthode d'évaluation environnementale en milieu urbain de lignes et de postes.* 112 p. et ann.
- HYDRO-QUÉBEC. 1994. *Méthode d'évaluation environnementale Lignes et Postes : Démarche, techniques et outils, méthodes spécialisées (résumé).* Montréal. 21 p.
- HYDRO-QUÉBEC. 1992. *Les effets de la juxtaposition et de la multiplication des lignes de transport et de répartition sur l'aménagement du territoire : revue synthèse de la documentation.* Montréal. 21 p.
- HYDRO-QUÉBEC. 1991a. *Étude des supports de lignes aériennes en milieu agricole. Rapport synthèse. Ligne à 735 kV Des Cantons-Lévis, avant-projet.* Montréal. 8 p. et ann.
- HYDRO-QUÉBEC. 1991b. *Ligne à 735 kV Des Cantons-Lévis et poste Appalaches à 735 kV-230 kV. Rapport d'avant-projet, vol. 1 à 6.* Montréal. Pag. multiple.
- HYDRO-QUÉBEC. 1991c. *Ligne à 735 kV Des Cantons-Lévis et poste Appalaches à 735-230 kV : résumé du rapport d'avant-projet.* Montréal. 73 p.
- HYDRO-QUÉBEC. 1990a. *Méthode d'évaluation environnementale Lignes et Postes : 1. Démarche d'évaluation environnementale. 2. Techniques et outils.* Montréal. 322 p.
- HYDRO-QUÉBEC. 1990b. *Vocabulaire illustré des lignes aériennes de transport et de distribution d'électricité. Fascicule 1 : les supports.* 2^e édition. Montréal. 192 p.
- HYDRO-QUÉBEC. 1989. *Projet Lévis-Des Cantons. Étude préliminaire de forme de pylônes.* Montréal. Non paginé.
- HYDRO-QUÉBEC. 1987. *Projet Radisson-Nicolet-Des Cantons, ligne à 450 kV c.c. : supports de lignes aériennes en milieu agricole sensible. Rapport synthèse.* Montréal. 30 p. et ann.
- HYDRO-QUÉBEC. 1986. *Projet Radisson-Nicolet-Des Cantons. Guide méthodologique des études d'impact. Partie Centre (Territoire Laurentides). Partie Sud (Territoire Plaine du Saint-Laurent et Bois-Francs).* Montréal. Pag. multiple.

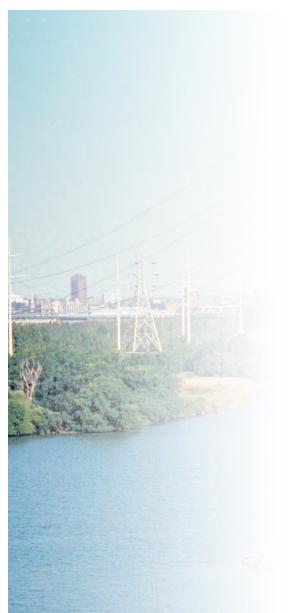
- HYDRO-QUÉBEC. 1985a. *Méthodologie d'études d'impact Lignes et Postes*. Montréal. Pag. multiple.
- HYDRO-QUÉBEC. 1985b. *Bilan de dix années d'études à la direction Environnement d'Hydro-Québec*. Montréal. 359 p.
- HYDRO-QUÉBEC. 1985c. *Projet Radisson-Nicolet-Des Cantons. Ligne à ±450 kV à c.c. Étude des corridors, Partie Sud : Plaine du Saint-Laurent et Bois-Francs*. Montréal. 103 p. et ann.
- HYDRO-QUÉBEC. 1985d. *Méthodologie d'études d'impact : Lignes et postes*. Montréal. Pag. multiple.
- HYDRO-QUÉBEC. 1983a. *Rapport du groupe de travail : méthodologie – lignes et postes*. Montréal. 65 p.
- HYDRO-QUÉBEC. 1983b. *Poste Des Cantons à 735 kV et ligne à 735 kV Nicolet-Des Cantons : Rapport sur les études d'avant-projet – résumé*. Montréal. 54 p.
- HYDRO-QUÉBEC. 1980. *Manuel du service. Études de tracé*. Montréal. 97 p.
- HYDRO-QUÉBEC. 1978. *Réseau de transport d'énergie de la Baie James. Quatrième ligne. Secteur Chamouchouane/Saguenay. Rapport d'études d'avant-projet. Études d'impact sur l'environnement*. Montréal. p. 275-632.
- HYDRO-QUÉBEC. 1975. *Rapport d'impact sur l'environnement. Ligne internationale de transport d'électricité 765 kV. Châteauguay-Frontière canado-américaine*. Montréal. 76 p.
- HYDRO-QUÉBEC et EDF. 1996. *L'intégration dans l'environnement des ouvrages de transport d'énergie électrique : contribution du design*. Montréal. 63 p.
- HYDRO-QUÉBEC et UNION DES PRODUCTEURS AGRICOLES (UPA). 1999. *Entente sur le passage des lignes de transport en milieux agricole et forestier*. Montréal. Hydro-Québec. 80 p. et ann.
- HYDRO-QUÉBEC et UNION DES PRODUCTEURS AGRICOLES (UPA). 1989. *Entente*. Montréal. Hydro-Québec. 6 fascicules. Pag. multiple.
- HYDRO-QUÉBEC et UNION DES PRODUCTEURS AGRICOLES (UPA). 1986. *Entente*. 8 fascicules. Montréal. Hydro-Québec. Pag. multiple.
- JEAN-PIERRE PELLETIER ET ASSOCIÉS. 1981a. *Guide méthodologique d'analyse du paysage. Volume 1 : Rapport de recherche*. Préparé pour Hydro-Québec. 98 p.
- JEAN-PIERRE PELLETIER ET ASSOCIÉS. 1981b. *Guide méthodologique d'analyse du paysage. Volume 2 : Manuel méthodologique*. Préparé pour Hydro-Québec. 99 p.
- LECLERC, A., P. POULLAOUEC-GONIDEC, M. GARIÉPY, C. GAGNON, K. DESJARDINS et C. MONTPETIT. 2000. *Accompagnement d'expertise en design industriel : Orientations pour l'étude de conception de pylônes esthétiques à encombrement réduit (735 kV)*. Préparé par la Chaire en paysage et environnement de l'Université de Montréal pour Hydro-Québec. 58 p.
- LE GROUPE CONSEIL ENTRACO INC. 1997. *Suivi environnemental du paysage – Ligne à 735 kV DCLA et poste des Appalaches à 735-230 kV*. Rapport final en deux volumes. Préparé pour Hydro-Québec. Pag. multiple.
- LE GROUPE CONSEIL ENTRACO INC. 1994. *Suivi des impacts sur le paysage de la 12^e ligne du réseau de transport et de son rattachement au poste Jacques-Cartier*. Préparé pour Hydro-Québec. 29 p.
- LE GROUPE CONSEIL ENTRACO INC. 1991. *Suivi environnemental des impacts visuels. Parties centre et sud. Ligne à 450 kV c.c. Radisson-Nicolet-Des Cantons*. Préparé pour Hydro-Québec. 95 p. et ann.
- LE GROUPE VIAU INC. en collaboration avec LE GROUPE CONSEIL ENTRACO INC. 1993. *Méthode d'étude du paysage pour les projets de lignes et de postes de transport et de répartition. Document synthèse*. Préparé pour Hydro-Québec. 26 p. et ann.
- LE GROUPE VIAU INC. en collaboration avec LE GROUPE CONSEIL ENTRACO INC. 1992. *Méthode d'étude du paysage pour les projets de lignes et de postes de transport et de répartition*. Préparé pour Hydro-Québec. 325 p.
- LEMIEUX, N., et L. BINETTE. 1999. *Nouvelles familles de pylônes à 735 kV en milieu organisé. Étude préliminaire*. Décembre. Montréal. Hydro-Québec. 28 p. et ann.

- LÉTOURNEAU, H. 2006. *Lignes à haute tension et environnement : Est-il possible de faire de la recherche et développement autour de questions d'acceptabilité et d'environnement ? Discussion*. Design et projets d'équipements publics. Colloque-atelier international et interdisciplinaire, Biennale du Design 2004. Collections du Certu. N° 51. Saint-Étienne, France. p. 32-37.
- LÉTOURNEAU, H., et coll. 2008. *Ligne à 735 kV des Cantons-Hertel et poste de la Montérégie à 735-120 kV : Boucle montérégienne : Enseignements du suivi environnemental*. Montréal. Hydro-Québec. 40 p.
- LÉTOURNEAU, H., C. PELLETIER et coll. 2007. *Étude de suivi environnemental sur la structure du territoire et le paysage. Ligne à 735 kV des Cantons-Hertel, tronçon Hertel-point Saint-Césaire*. Préparé par Hydro-Québec TransÉnergie en collaboration avec le Groupe S.M. Aménatech inc. Montréal. 102 p. et ann.
- LÉTOURNEAU, H., A. VALLÉE et N. LEMIEUX. 2002. *Développement d'une approche pour orienter le design de pylônes à très haute tension afin d'atténuer l'impact sur l'environnement*. Article n° 22-303, session 2002 du CIGRÉ. 7 p.
- MASSÉ, J., et G. MOISAN. 1995. *Suivi des impacts sur le paysage de la Douzième Ligne du réseau de transport et de son rattachement au poste de la Jacques-Cartier*. Préparé par Le Groupe conseil Entraco Inc. pour Hydro-Québec. 2 volumes.
- OPTION AMÉNAGEMENT en collaboration avec SOM. 1995. *Méthode spécialisée d'évaluation du mode de valorisation des éléments environnementaux*. Préparé pour Hydro-Québec. 75 p. et ann.
- PAQUETTE, S., C. GAGNON, P. POULLAOUEC-GONIDEC, G. DOMON et J. FROMENT. 2008. *Élaboration et mise en œuvre d'une ligne de transport : conditions de cohérence du projet de paysage*. Préparé par la Chaire en paysage et environnement de l'Université de Montréal pour Hydro-Québec. 158 p. et ann.
- POIRIER, D. 1985. *Évaluation de l'intensité des impacts visuels pour les lignes de transport d'énergie de 120 kV à 735 kV*. Préparé par l'Atelier de recherches urbaines appliquées inc. pour Hydro-Québec. 188 p.
- POULLAOUEC-GONIDEC, P., C. GAGNON, C. BERGERON et J.-F. ALLIE. 2001. *Inscription spatiale des équipements de transport : révision des critères de design – Caractérisation paysagère des équipements*. Préparé par la Chaire en paysage et environnement de l'Université de Montréal pour Hydro-Québec. 57 p.
- RICHARD, P. 1983. *Problématique de la juxtaposition des lignes de transport sur le milieu humain*. Montréal. Hydro-Québec. 96 p. et ann.
- ROY, G. 2007. *Principaux enjeux soulevés dans les rapports du Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. Projets de lignes et postes électriques de 1980 à 2001. Volume 1 : Analyse et interprétation des résultats*. Montréal. Hydro-Québec. 260 p.
- THIBAUDEAU, S., F. RENAUD et Y. LEFEBVRE. 1996. *Méthode d'évaluation environnementale Lignes et Postes. Méthode spécialisée pour le milieu agricole*. Montréal. Hydro-Québec. 89 p. et ann.
- URBATIQUE INC. 1991. *Les effets de la juxtaposition et de la multiplication des lignes de transport et de répartition : revue analytique de la documentation*. Préparé pour Hydro-Québec. 74 p. et ann.
- URBATIQUE INC. 1985. *Étude des modes de traversée du fleuve dans le secteur du Bois-des-Hurons. Avis environnemental. Projet Radisson-Nicolet-Des Cantons. Ligne à ±450 kV à c.c.* Préparé pour Hydro-Québec. 61 p.
- URBATIQUE INC. 1976. Projet Chamouchouane-Saguenay. Rapport d'étape : inventaires, établissement des zones de résistance. Préparé pour Hydro-Québec. 180 p. et ann.
- URBATIQUE. INC. et HYDRO-QUÉBEC. 1993. *Les effets environnementaux de la juxtaposition et de la multiplication de lignes de transport et de répartition sur l'aménagement du territoire : étude de cas*. Préparé pour Hydro-Québec. 34 p.

Autres références essentielles

- CONVENTION DE LA BAIE JAMES ET DU NORD QUÉBÉCOIS. 1975. *La Convention de la Baie-James : convention entre le Gouvernement du Québec, la Société d'énergie de la baie James, la Société de développement de la baie James, la Commission hydroélectrique de Québec (Hydro-Québec), le Grand Council of the Crees (of Québec), la Northern Quebec Inuit Association et le Gouvernement du Canada.* Éditeur officiel du Québec. Québec. 3 volumes et cartes.
- FLEURY, J.-L. 1999. *Les Coureurs de lignes : L'Histoire du transport de l'électricité au Québec.* Les éditions Stanké. Montréal. 507 p.
- LAROUSSE DE LA LANGUE FRANÇAISE. 1979. *Lexis.* Paris. 2109 p.
- LYNCH, K. 1971. *L'image de la cité.* Paris. Dunod. 222 p.
- POULLAOUEC-GONIDEC, P. 2002. « *Les cultures du paysage* ». In Lemieux, D. et coll. (dir.). *Traité de la culture.* Éditions de l'IQRC/ Les Presses de l'Université Laval, Québec. p. 643-660.
- QUARANTE, DANIELLE. 1994. *Éléments de design industriel.* Paris, Polytechnica - 2^e édition, p. 405-416.
- QUARANTE, D., Y. DELACROIX, M.A. FONTENIER et P. TISIER. 1978. *Rapport de recherche sur l'étude par différentiel sémantique.* Compiègne, Université de Technologie de Compiègne, division Design. Pag. inconnue.
- QUÉBEC. 1998. Comité d'information et de consultation publique sur le projet Hertel-Des Cantons. *Projet de ligne à 735 kV Hertel-Des Cantons (tronçon Hertel-Saint-Césaire) et poste Montérégie.* Rapport d'audience publique. (Rapport du comité Blanchette). 177 p.
- QUÉBEC, BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT (BAPE). 2011. *Projet de poste aux Outardes à 735-315 kV et lignes de raccordement à 735 kV.* Rapport d'enquête et d'audience publique n° 284. 44 p.
- QUÉBEC, BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT (BAPE). 2011. *Projet d'évolution du réseau de transport du nord-est de la région métropolitaine de Montréal.* Rapport d'enquête et d'audience publique n° 283. 112 p.
- QUÉBEC, BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT (BAPE). 2010. *Projet d'expansion du réseau de transport en Mingamie – Raccordement du complexe La Romaine.* Rapport d'enquête et d'audience publique n° 270. 82 p.
- QUÉBEC, BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT (BAPE). 2009. *Projet de construction du poste Anne-Hébert à 315-25 kV et de la ligne d'alimentation à 315 kV à Saint-Augustin-de-Desmaures.* Rapport d'enquête et d'audience publique n° 259. 75 p.
- QUÉBEC, BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT (BAPE). 2008. *Projet de construction d'une ligne à 315 kV, la ligne Chénier-Outaouais.* Rapport d'enquête et d'audience publique n° 253. 70 p.
- QUÉBEC, BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT (BAPE). 2001. *Projet de ligne à 315 kV Grand-Brûlé-Vignan.* Rapport d'enquête et d'audience publique n° 148. 162 p.
- QUÉBEC, BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT (BAPE). 2000. *Projet de ligne à 735 kV Saint-Césaire-Hertel et poste de la Montérégie.* Rapport d'enquête et d'audience publique n° 144. 111 p.
- QUÉBEC, BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT (BAPE). 1996. *Projet de ligne Duvernay-Anjou à 315 kV.* Rapport d'enquête et d'audience publique n° 107. 192 p.
- QUÉBEC, BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT (BAPE). 1993. *Ligne à 735 kV Des Cantons-Lévis et poste Appalaches.* Rapport d'enquête et d'audience publique n° 68. 401 p.
- QUÉBEC, BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT (BAPE). 1992. *Projet de la Douzième ligne à 735 kV. Réseau d'Hydro-Québec (section en territoire non couvert par la CBJNQ).* Rapport d'enquête et d'audience publique n° 47. 55 p. et ann.
- QUÉBEC, BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT (BAPE). 1987. *Projet de ligne à ±450 kV Radisson-Nicolet-des Cantons.* Rapport d'enquête et d'audience publique n° 22. Pag. multiple.

- QUÉBEC, BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT (BAPE). 1983. *Lignes Nicolet-Des Cantons et Des Cantons-Nouvelle-Angleterre*. Rapport d'enquête et d'audience publique n° 14. 198 p. et ann.
- QUÉBEC, BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT (BAPE). 1980. *Réseau de transport La Grande, Troisième ligne, tronçon La Vérendrye-Duvernay*. Rapport d'enquête et d'audience publique n° 3. 246 p.
- ROBERT, P. 1990. *Le petit Robert 1. Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française*. Paris. 2173 p.
- TREMBLAY, F., et GARIÉPY, M. 2003. « Acteurs et processus du projet de paysage ». In Poullaouec, P., Paquette, S. et Domon, G. *Les temps du paysage*. Actes du colloque tenu à Montréal les 23 et 24 septembre 1999. Montréal. PUM, pp. 219-246.
- WIKIPÉDIA. 2004. « Design ». *L'encyclopédie libre*. [En ligne]. [<http://fr.wikipedia.org/wiki/Design>], (décembre 2012).



www.hydroquebec.com

2013E0789-9