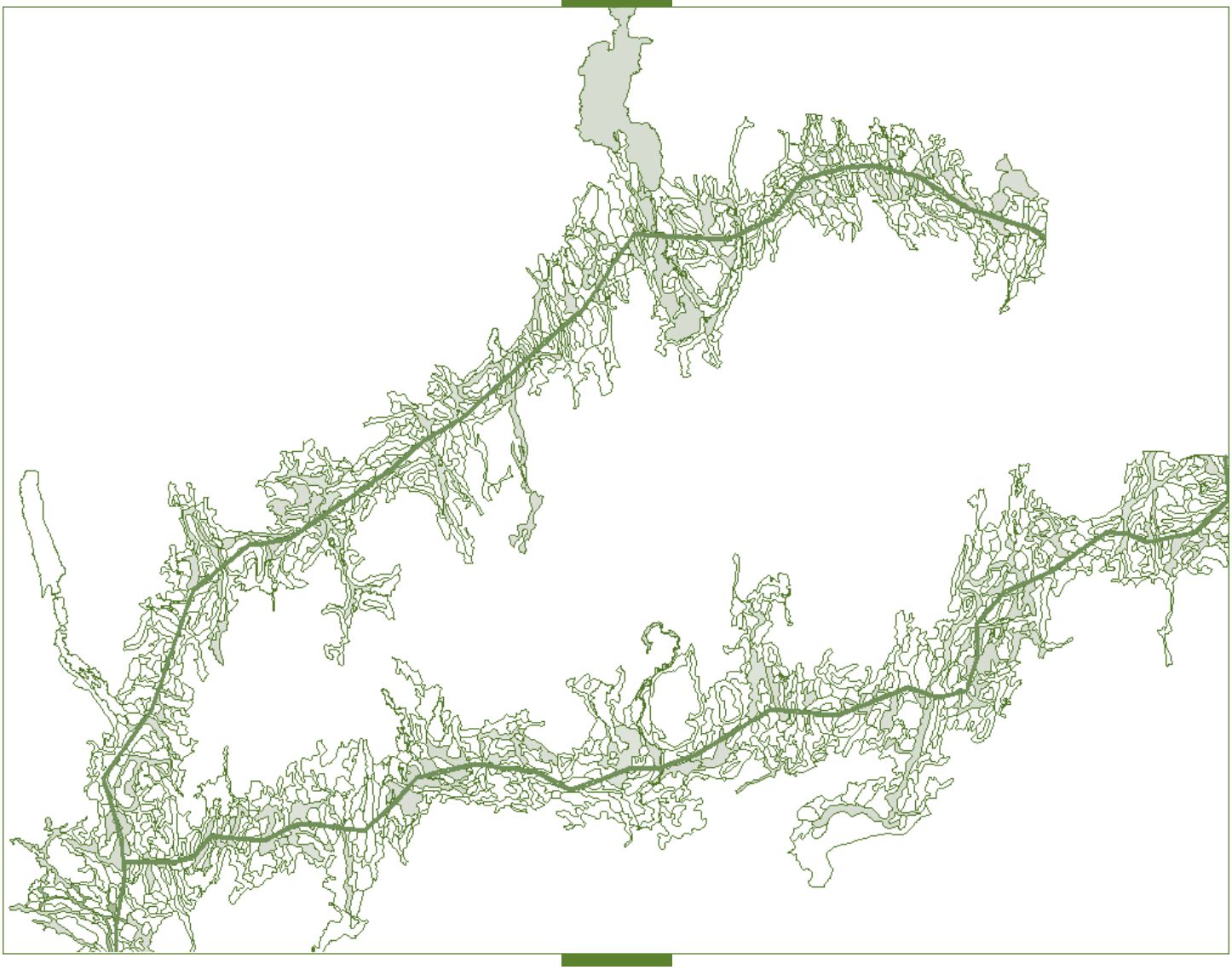
CONTRIBUTION DU SERVICE DE LA CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE

N° 59



Note sur des indices de diversité écologique théorique

Le cas des corridors proposés pour le passage d'une ligne de transport d'énergie dans la MRC de Papineau, Québec

Québec

CONTRIBUTION DU SERVICE DE LA CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE

N^{O} 59

Vincent Gerardin
Jean Bissonnette

2001

NOTE SUR DES INDICES DE DIVERSITÉ ÉCOLOGIQUE THÉORIQUE

LE CAS DES CORRIDORS PROPOSÉS POUR LE PASSAGE D'UNE LIGNE DE TRANSPORT D'ÉNERGIE DANS LA MRC DE PAPINEAU, QUÉBEC

Direction du patrimoine écologique et du développement durable
Ministère de l'Environnement

Ce document est aussi disponible en couleur, dans le site Internet du ministère de l'Environnement

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2001
Bibliothèque nationale du Canada

ISBN 2-550-38101-7
Envirodoq ENV2001-0188
PECE00059

INTRODUCTION

À la demande de la Direction des évaluations environnementales en milieu terrestre, nous avons évalué le niveau de diversité écologique potentielle, ou théorique, à l'intérieur et en périphérie des corridors proposés (de 60 m de largeur) de passage d'une ligne de transport électrique.

Nous avons appliqué deux indices de diversité théorique à la cartographie écologique de la MRC de Papineau (Gerardin, 1996). Le premier porte sur la diversité interne ou intrinsèque (DIT) des polygones cartographiques[1] et le second sur leur diversité périphérique ou « écotonique[2] » (DET). Ces deux indices que nous avons développés (Gerardin *et al.*, 1998) reposent sur les mêmes principes et sont formulés de façon similaire.

THÉORIE

Trois principes sont posés a priori, tant au regard de la diversité intrinsèque que de la diversité « écotonique » :

1. Plus un polygone cartographique comporte de composantes internes, ou plus ses voisins immédiats sont nombreux, plus la diversité écologique est grande.
2. À nombre égal de composantes internes, ou de voisins, plus contrastées sont ces composantes, ou ces voisins, plus grande est la diversité écologique.
3. À nombre égal de composantes internes, ou de voisins, plus égale est leur proportion, ou leur occupation respective du périmètre, plus grande est la diversité écologique.

---

[1]Pour aborder la cartographie écologique du ministère de l'Environnement voir le site :
http://www.menv.gouv.qc.ca/biodiversite/cadre-ecologique/
Retenons que chaque polygone cartographique est décrit par des variables topographiques, telle la pente, et par 1 à 4 types géomorphologiques (voir tableau 6). Le type géomorphologique est une combinaison d'un matériau de surface et d'une classe de drainage interne. Le pourcentage d'occupation de chacun des types géomorphologiques dans le polygone est évalué.

[2] Néologisme. De écotone : zone de transition et de compétition entre des communautés végétales et animales voisines.

Ces principes sont appliqués à trois paramètres définis ou mesurables dans la cartographie écologique :

1. Le nombre de composantes internes pour 1a DIT, ou le nombre de voisins pour la DET;
2. Le niveau de contraste entre les composantes internes pour la DIT, ou entre le polygone et chacun de ses voisins pour la DET;
3. Le pourcentage d'occupation des composantes internes pour la DIT, ou le pourcentage d'occupation du périmètre du polygone par chacun des voisins pour la DET.

La formule générale de calcul de l'indice de diversité théorique est (Gerardin *et al.,* 1998) :

DIT ou *DET = (CIT ou CET x H) X 100 / Vmax* (1)

où

DIT = indice de diversité intrinsèque théorique (varie de 1 à 100)

DET = indice de diversité « écotonique » théorique (varie de 1 à 100)

CIT = indice de contraste intrinsèque théorique

CET = indice de contraste « écotonique » théorique

H = indice d'hétérogénéité (intrinsèque ou « écotonique »)

Vmax = valeur maximale de (CT x H) dans le territoire d'étude.

L'indice de diversité (DIT ou DET) intègre les 2 premiers paramètres dans les formules suivantes :

$$CET = \sum_{i=1}^{n} \left[\sum_{x=1}^{v} |Cx - Cy| \right] \quad (2)$$

$$CIT = \sum_{i=1}^{n} \left[\sum_{x=1}^{v} \sum_{y=x+1}^{v} |Cx - Cy| \right] \quad (3)$$

où

C = cote de contraste de l'état du paramètre

n = nombre de paramètres analysés

v = nombre de composantes internes pour le CIT ou de voisins pour le CET

Trois autres variantes pourraient être considérées :

$$1.\quad CET = \sum_{i=1}^{n}\left[\sum_{x=1}^{v}\sum_{y=x+1}^{v}\left|Cx - Cy\right|\right] \quad (4)$$

$$2.\quad CET = \sum_{i=1}^{n}\left[\sum_{x=1}^{o}\sum_{y=x+1}^{o}\left|Cx - Cy\right|\right] \quad (5)$$

$$3.\quad CET = \sum_{i=1}^{n}\left[\sum_{i=1}^{o}\left|Cx - Cy\right|\right] \quad (6)$$

où o = nombre de voisins de cote différente

Les variantes 1 et 2 couvrent toutes les différences entre le polygone et ses voisins et les voisins entre eux. Les variantes 2 et 3 ne considèrent qu'une seule fois la même cote.

Quant à l'indice d'hétérogénéité, il est calculé selon la théorie de l'information par l'entropie (Godron, 1966 ; Gerardin, 1977) :

$$H = \Sigma(p_i * log_2 * 1/Pi) \quad (7)$$

où

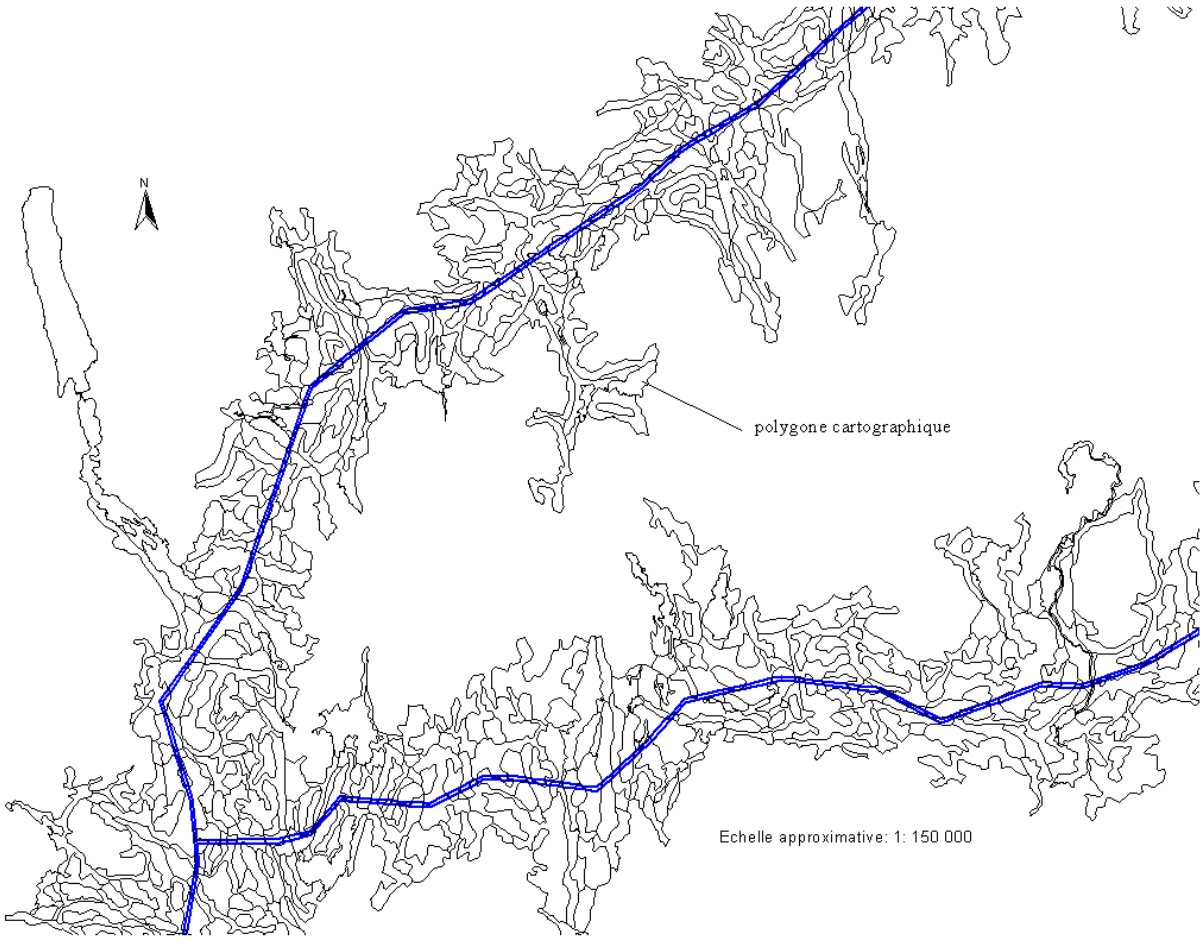
H = indice d'hétérogénéité ou entropie

P_i = pourcentage (ou probabilité) d'occupation de la composante interne i ou d'occupation du périmètre du polygone par son voisin i.

MÉTHODE

Les deux indices de diversité (formules 1, 2 ,3 ,7) ont été programmés en langage *Avenue* et exécutés dans le système d'information géographique ArcView® pour tous les polygones interceptés dans les corridors de 60 m de largeur proposés dans l'étude d'impact, ainsi que pour tous leurs voisins immédiats, pour un total de l 181 (figure 1).

Figure 1. Corridors proposés et polygones cartographiques des unités écologiques (vue partielle)



Le contraste, tant à l'intérieur du polygone qu'avec ses voisins, est évalué empiriquement en fonction de trois caractères distinctifs des polygones : le matériau de surface, le drainage

interne du sol et la pente modale du terrain. Les cotes de contraste allouées et une brève définition des classes sont fournies aux tableaux 1 à 3.

Tableau 1 : Cotes de contraste des matériaux de surface

CODE	DESCRIPTION	COTE
0GT, 8A	Affleurement, éboulis rocheux	1
1A, 1AR, 1F	Till épais, mince, délavé	2
8C, 8CR	Colluvion de till épais, mince	3
9C	Loess sur till	4
1D, 1DR	Till drumlinisé épais, mince	5
lAY, 2AG, 2BG, 2BS, 3BG 3BS, 3C, 3DS	Sable et gravier	6
4BL, 5A	Limon et argile lacustre, marin	7
7AB	Tourbe forestière mince sur argile	8
7PB	Tourbe forestière épaisse	9
3AL, 3AS	Alluvion limoneuse, sableuse	10
7P	Tourbe non forestière épaisse	12
LAC, RIV.	Lac, rivière	15

Tableau 2 : Cotes de contraste des classes de drainage

CODE	DESCRIPTION	COTE
04	Variable	1
1	Rapide	2
2, 23	Bon	3
3	Modéré	4
4, 45, 5	Imparfait à mauvais	5
2*, 23*	Bon à modéré, oblique	6
3*	Modéré, oblique	7
4*, 45*	Imparfait à mauvais, oblique	8
5*	Mauvais, oblique	9
6	Très mauvais	10
6*	Très mauvais, oblique	12
LAC, RIV.	Lac, rivière	15

Tableau 3 : Cotes de contraste des classes de déclivité

CODE	DESCRIPTION	COTE
A	0 - 5 % : simple	4
a	0 - 5 % : complexe	5
B	6 - 10 % : simple	6
b	6 - 10 % : complexe	7
C	11 - 15 % : simple	8
c	11 - 15 % : complexe	9
D	16 - 30 % : simple	10
d	16 - 30 % : complexe	11
E	31 - 60 % : simple	12
e	31 - 60 % : complexe	13
F	> 60 % : simple	14
f	> 60 % : complexe	15
0	Lac, rivière	0

RÉSULTATS

Le tableau 4 présente en 5 classes – définies automatiquement dans ArcView® par la méthode des bris naturels (*Natural Breaks*) – la distribution absolue et relative du nombre de polygones et la superficie couverte à l'intérieur du corridor de 60 m de la diversité intrinsèque théorique (DIT) et de la diversité « écotonique » théorique (DET).

Une analyse rapide montre que la DIT est mieux répartie dans les cinq classes que la DET où 75 % de la superficie des corridors se cantonnent dans la classe inférieure à 2,5 %. Cependant, près de 84 % de la surface des corridors se situent sous les valeurs de la DIT de 23,8 %.

Pour comparer les deux propositions de corridors, nous avons extrait les tronçons individualisés au nord et au sud. Les résultats figurent au tableau 5.

Un simple coup d'oeil à la colonne des pourcentages montre clairement que tant les DIT que les DET du corridor nord et du corridor sud ne sont pas significativement différents et qu'ils sont tout autant comparables aux valeurs globales du tableau 4.

Tableau 4 : Nombre de polygones et superficie des cinq classes de diversité intrinsèque théorique (DIT) et de diversité « écotonique » théorique (DET)

	CLASSES	N. POLYGONES	SURFACE	
			ha	%
DIT	0,0 – 3,3	61	200,1	15,1
	3,3 – 11,98	186	685,9	51,7
	11,98 – 23,8	55	220,2	16,6
	23,8 – 49,462	50	166,8	12,6
	49,462 – 100,0	18	54,5	4,1
			1 327,4	100
DET	0,0 – 2,525	301	995,9	75,0
	2,525 – 8,58	48	205,4	15,5
	8,58 – 22,052	12	46,0	3,5
	22,052 – 40,328	8	74,1	5,6
	40,328 – 100,0	1	6,0	0,5
			1 327,4	100

Tableau 5 *:* **Nombre de polygones et superficie des classes de diversité intrinsèque théorique (DIT) et de diversité « écotonique » théorique (DET) des corridors nord et sud**

	CLASSES	N.POLYGONES*	SURFACE	
			ha	%
DIT NORD	0,0 – 3,3	34	91,7	14,8
	3,3 – 11,98	88	332,9	53,9
	11,98 – 23,8	30	96,7	15,7
	23,8 – 49,462	24	69,7	11,3
	49,462 – 100,0	11	26,6	4,3
			617,6	100
DIT SUD	0,0 – 3,3	23	95,8	14,8
	3,3 – 11,98	85	323,7	50,0
	11,98 – 23,8	24	118,7	18,3
	23,8 – 49,462	22	87,8	13,6
	49,462 – 100,0	6	21,8	3,4
			647,8	100
DET NORD	0,0 – 2,525	151	476,7	77,2
	2,525 – 8,58	26	92,9	15,0
	8,58 – 22,052	6	14,3	2,3
	22,052 – 40,328	4	33,7	5,5
	40,328 – 100,0	0	0,0	0,0
			617,6	100
DET SUD	0,0 – 2,525	129	468,0	72,2
	2,525 – 8,58	21	107,7	16,6
	8,58 – 22,052	6	31,7	4,9
	22,052 – 40,328	4	40,4	6,2
	40,328 – 100,0	0	0,0	0,0
			647,8	100

*Le nombre total de polygones est inférieur à celui du tableau 4, car les polygones du tronçon commun au sud-ouest (figure 1) ne sont pas considérés dans cette comparaison.

DISCUSSION

Trois conclusions peuvent être tirées de ces calculs :

1) La diversité « écotonique » théorique (DET) que traverse l'un ou l'autre des corridors est très faible puisque l'indice ne dépasse 40 % que pour 0,5 % de la superficie, soit 6 ha.

2) La diversité intrinsèque théorique (DIT) n'est guère plus forte, bien que un peu plus de 4 % de la superficie des corridors, soit 54 ha, ont des valeurs supérieures à 49 %;

3) Enfin, il n'y a pas de différence significative entre les corridors nord et sud.

Ceci étant dit, il faut essayer de comprendre ce que ces résultats signifient. Que traduisent dans la réalité les quelques valeurs élevées de DIT et de DET? Autrement dit, les indices élevés annoncent-ils véritablement une plus grande diversité écologique que ce que l'on trouve dans les polygones de faible valeur? Et si oui, cela peut-il avoir des conséquences pratiques dans le choix d'un corridor ou dans l'exécution des travaux de construction?

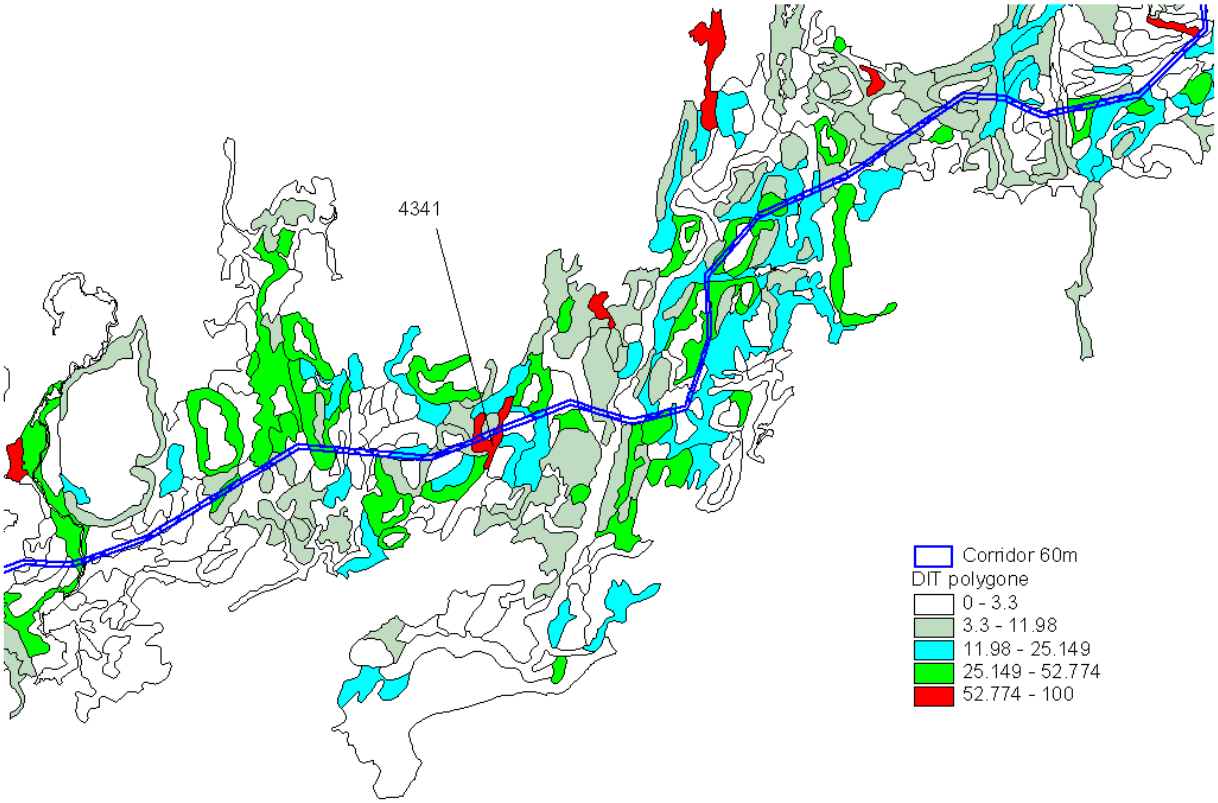
Le polygone 4341 (figure 2, tableau 6) a une diversité intrinsèque théorique maximale de 100 % mais, par contre, une diversité « écotonique » de 4,2 %. Cette forte valeur de DIT s'explique de la manière suivante :

- un maximum de composantes, soit 4;
- un contraste élevé entre des tourbières riches, mais très mal drainées, donc très humides, et des sables graveleux bien drainés et secs.

Toutefois, l'hétérogénéité liée au pourcentage d'occupation pourrait être plus élevée si ceux-ci étaient mieux répartis.

Nous avons donc là un terrain assez complexe, présentant à la fois des milieux fragiles (les tourbières) et des milieux forestiers productifs (les sables et la tourbe forestière) de même que de grands périmètres d'échange et d'influence.

Figure 2. Diversité intrinsèque théorique d'un segment du corridor sud



Quant à la faible diversité « écotonique » théorique, elle s'explique par :

- un nombre de voisins relativement bas (11) comparé aux meilleures valeurs (>30);
- un contraste des matériaux de surface modéré, un contraste des drainages élevé, et un contraste des pentes faible.

Le polygone 573 (tableau 6, figure 3) présente une valeur nulle de diversité intrinsèque théorique mais une valeur modérée de diversité « écotonique » théorique (37,5). Le DIT de ce polygone s'explique simplement par le fait qu'il est composé d'un seul type géomorphologique (2BS/2 = 100 %); il n'y a donc ni contraste, ni hétérogénéité. Cependant, ce polygone est bordé par un grand nombre de voisins dont une majorité contraste modérément par le dépôt et la pente,

mais à peu près pas par le drainage, – c'est-à-dire que tous les voisins, à l'exception des plans d'eau, sont, comme lui-même, bien drainés. Il faut mentionner que ce polygone est bordé sur à peu près la moitié de son périmètre par une rivière et des lacs créant ainsi un long écotone terrestro-aquatique.

Un dernier exemple, le polygone 6218, est un cas où les deux indices sont élevés (tableau 6, figure 4). La DIT de 80,6 % dénote une hétérogénéité élevée (4 types géomorphologiques), un fort contraste des drainages (de 2 à 6*) et du dépôt (till à tourbe): c'est en fait une longue dépression humide et riche accompagnée de quelques buttons bien drainés et d'une tourbière boisée. Sa forme longiligne et ramifiée et sa position en dépression expliquent cette diversité « écotonique » maximale de 100 %. En effet, ce polygone est bordé par 34 voisins, à peu près tous bien drainés et de pente variant de 10 à 30 %. Nous avons donc là un milieu très diversifié tant par sa composition interne que par ses échanges potentiels, de flore et de faune, avec ses voisins.

CONCLUSION

Cette brève démonstration sert à prouver que les indices proposés reflètent bien leur raison d'être, c'est-à-dire l'évaluation d'une certaine forme de diversité. Il reste tout de même à prouver qu'un indice élevé de diversité intrinsèque théorique est associé à une plus grande richesse biologique. Si tel était le cas, il resterait à évaluer l'importance sociale et écologique de cette richesse. Tel n'est pas le but poursuivi par ce travail. Rappelons qu'il s'agit d'évaluer si l'un des deux corridors proposés est plus diversifié et, partant, plus riche et plus fragile que l'autre. Nous croyons avoir démontré que ce n'est pas le cas.

Figure 3. Diversité écotonique théorique d'un segment du corridor nord

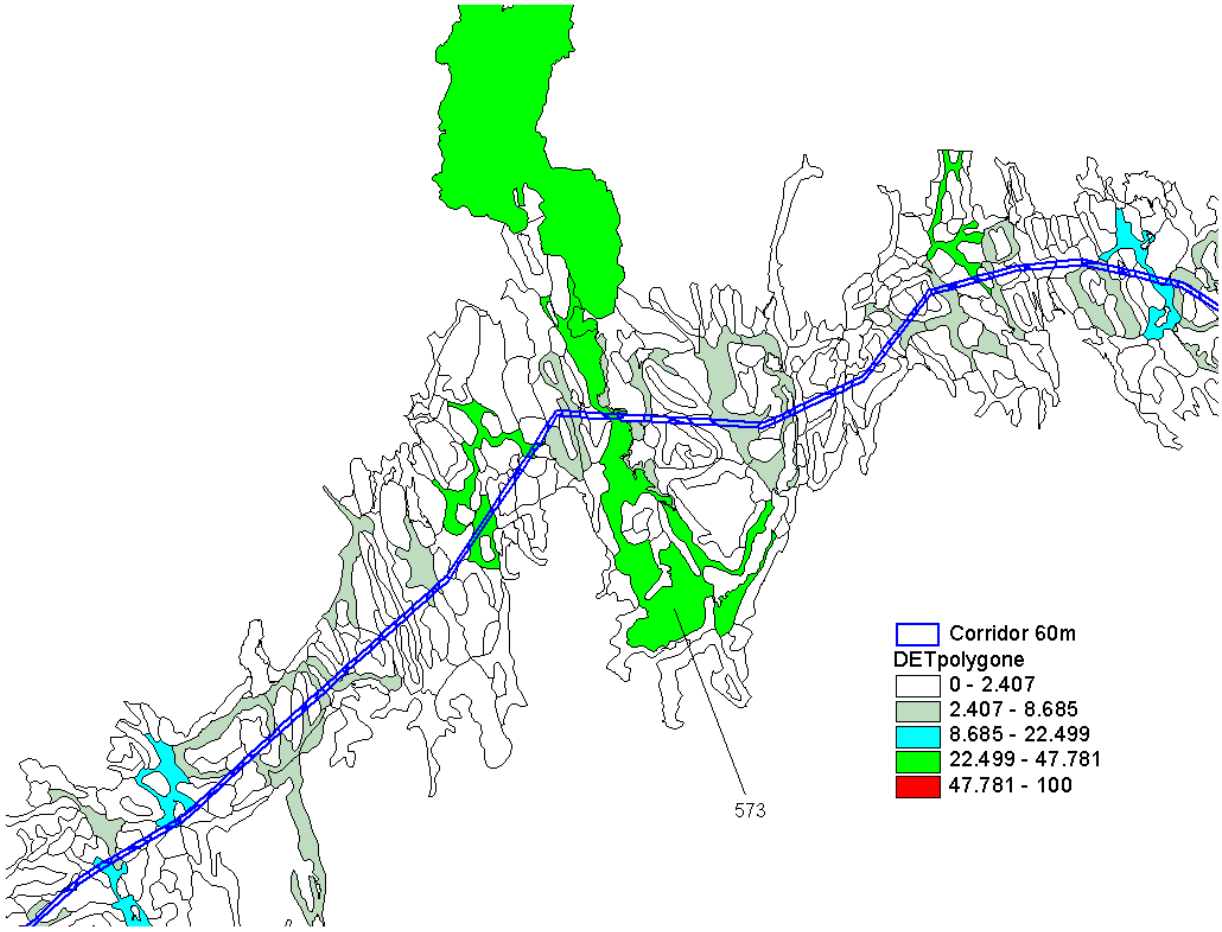


Figure 4. Diversité écotonique théorique d'un segment du corridor sud

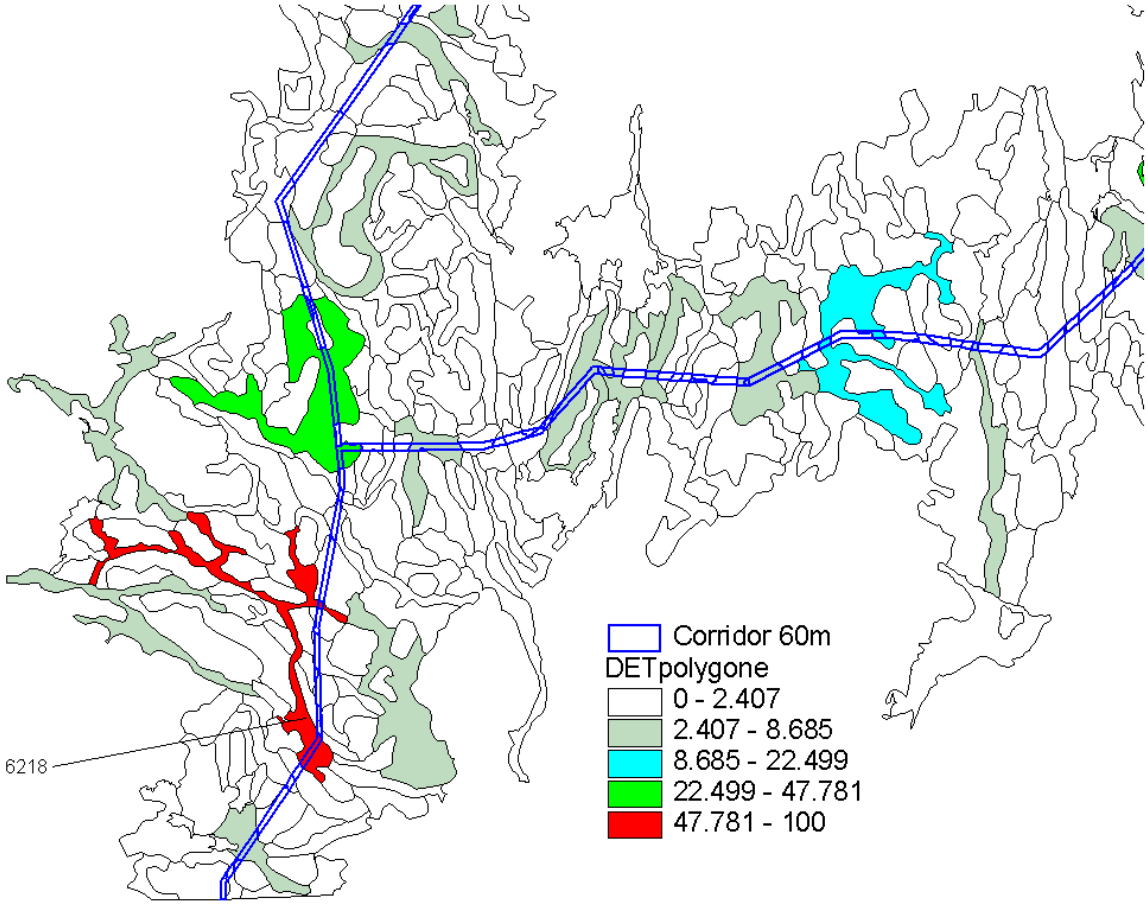


Tableau 6 : Description partielle de trois polygones cartographiques

Numéro polygone	Type géomorphologique	Déclivité (%)	Occupation (%)	Superficie (ha)	Périmètre (km)	N. de voisins	DIT (%)	DET (%)
4341	2BS/45* (Sable imparfaitement ou mal drainé, oblique) 2BS/23 (Sable modérément ou bien drainé) 7P/6* (Tourbe minérotrophe non-forestière) 7PB/6* (Tourbe minérotrophe forestière)	0 – 5	60 20 10 10	52,6	5,9	11	100	4,2
573	2BS/2 (Sable bien drainé)	0 – 5	100	651,9	47,3	28	0	37,5
6218	1A/4* (Till imparfaitement drainé, oblique) 1A/3 (Till modérément drainé) 1A/2 (Till bien drainé) 7PB/6* (Tourbe minérotrophe forestière)	5 – 10	60 20 10 10	168,8	25,1	34	80,6	100

Remerciements

Nous désirons remercier Philippe Lacasse et Frédéric Poisson pour leur révision attentive et leurs précieux commentaires.

Références

Gerardin, V., 1996. « Apport d'un cadre écologique de référence et d'un système d'information géographique dans la révision du schéma d'aménagement de la MRC de Papineau, Québec, Canada ». Revue de géographie de Lyon, 71 (2) : 121-128.

Gerardin, V., 1977. « An integrated approach to the determination of ecological groups in vegetation studies ». Ph. D. thesis unpublished. Dep. of Life Sciences, Univ. of Connecticut, 237 p.

Gerardin, V., J.-P. Ducruc et J. Bissonnette, 1998. Le cadre écologique et les variables abiotiques. La diversité écologique potentielle des segments littoraux. *In* Atlas de la diversité écologique potentielle et de la biodiversité du Saint-Laurent au Québec, sous la dir. de J.-L. DesGranges et J.-P. Ducruc. Gouv. du Canada-Gouv. du Québec-Saint-Laurent Vision 2000.
Site Internet : http://www.menv.gouv.qc.ca/biodiversite/cadre-ecologique/

Godron, M., 1966. Application de la théorie de l'information à l'étude de l'homogénéité et de la structure de la végétation. Oecol. Plant. Gauthier-Villars 2 : 217-226.

Pour tout renseignement, vous pouvez
communiquer avec le Centre d'information
du ministère de l'Environnement.

Téléphone : Québec (appel local), 521-3830
Ailleurs au Québec, 1 800 561-1616

Télécopieur : (418) 646-5974
Courriel : info@menv.gouv.qc.ca
Internet : www.menv.gouv.qc.ca

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2001

ISBN 2-550-38101-7
Envirodoq : ENV2001-0188
PECE00059

Ce papier contient 20 % de fibres recyclées après consommation.

Environnement Québec

Année internationale des bénévoles 2001 au Québec

4498-01-08