

NOTE TECHNIQUE

DESTINATAIRE : **COLLÈGE NOTRE-DAME**

DATE : **19 avril 2012**

OBJET : **BILAN DE LA BIOMASSE
PLAN DIRECTEUR IMMOBILIER ET DE DÉVELOPPEMENT DU CAMPUS
DU COLLÈGE NOTRE-DAME À MONTRÉAL
ND : J03523**

1. INTRODUCTION – MISE EN CONTEXTE

Le Plan directeur immobilier préparé par la firme d'architecture ACDF prévoit une mise aux normes des plateaux et équipements sportifs du Collège Notre-Dame, dans l'arrondissement Côte-des-Neiges – Notre-Dame-de-Grâce. Il est à noter que la propriété fait partie de l'arrondissement historique et naturel du Mont-Royal. Soucieux de son apport à ce milieu naturel, le Collège Notre-Dame a mandaté CIMA+ pour analyser l'impact de la modification des espaces végétalisés et la perte de la biomasse engendrée par les travaux de réaménagement, et plus particulièrement par la mise en place d'un gazon synthétique sur le terrain de soccer Reine-Marie.

Pour l'arrondissement naturel et historique du Mont-Royal, la perte de surfaces végétalisées, la mise en place d'un gazon synthétique ainsi que la coupe d'arbres dans la cadre des travaux de réaménagement peuvent engendrer une perte de biomasse végétale.

Les éléments du projet qui créent des impacts environnementaux sont les suivants :

1. La perte de 6 552 mètres carrés de surfaces gazonnées correspondant à la mise en place d'une surface synthétique sur le terrain au terrain de soccer Reine-Marie. Pour un terrain de soccer, le choix de la surface dépend grandement de la nature de l'activité et du niveau de jeu. Le piétinement intensif de l'ensemble de la surface de jeu provoque une détérioration rapide de la surface engazonnée naturelle. Une utilisation excédant une quinzaine d'heures par semaine peut causer des dommages que même un bon entretien ne peut compenser (FIFA, 2001, Gionet, 2005). Dans le cas d'une utilisation

intensive comme il en est pour le terrain Reine-Marie du Collège Notre-Dame, il est recommandé de prévoir d'autres types de surface que le gazon naturel.

2. La coupe de 10 arbres (14 tiges) pour la réalisation des aménagements prévus (stationnements et allés d'accès, etc.).
3. Le gain de 1880 mètres d'espaces végétalisés (engazonnés) par la diminution des espaces pavés et des chemins.
4. La plantation de 23 arbres d'espèces indigènes au Mont-Royal

Les prochaines sections du rapport permettent d'évaluer et de chiffrer l'ampleur de la perte de la biomasse pour les terrains modifiés, d'évaluer la compensation réelle prévue par les plantations proposées au plan d'aménagement et, le cas échéant, de proposer des mesures supplémentaires pour rétablir l'équilibre ou pour bonifier la situation qui prévalait avant les travaux.

Une évaluation du bilan de carbone séquestré et relâché dans l'atmosphère est aussi effectuée.

2. RÉSULTATS

2.1 BIOMASSE

La biomasse végétale correspond au poids de la matière organique séchée et séparée de la matière minérale (sable et loam constituant le sol). Par exemple, la biomasse sèche du gazon en période de dormance (hiver) correspond de 90 à 95 % de son poids. En pleine saison, la biomasse sèche peut correspondre de 40 à 60 % du poids de la plante, cette dernière étant gorgée d'eau.

La biomasse microbienne présente dans le sol a aussi été considérée dans le cadre des présents calculs.

2.1.1 Biomasse végétale des surfaces gazonnées

La biomasse végétale totale constituant les surfaces gazonnées correspond à la somme de la biomasse des portions aériennes visibles et à la biomasse des racines. La biomasse aérienne du gazon est variable selon les espèces végétales présentes, la saison, le type de sol, l'apport en éléments nutritifs (engrais), la fréquence des tontes et l'intensité de l'utilisation du sol (Badra *et al.*, 2005; Dittmer, 1973). Plus on laisse le gazon pousser entre deux tontes, plus la biomasse aérienne et souterraine est élevée. En absence de fertilisant, le ratio de la biomasse des racines par rapport à celle des tiges aériennes demeure toujours relativement constant

soit 40 % (Dittmer, 1973). Par contre, plus on utilise de fertilisant azoté, plus la biomasse souterraine diminue, la plante pouvant obtenir l'azote dont elle a besoin sans développer davantage son système racinaire. La biomasse souterraine (racinaire) des essences constituant le gazon se retrouve dans les premiers 15 cm de sol (Badra *et al.*, 2005; Dittmer, 1973).

Le gazon en plaque utilisé dans le cadre de l'aménagement des terrains de soccer est généralement composé de 100% pâturin du Kentucky (*Poa pratensis L.*). Le type de pâturin Kentucky réfère habituellement à la variété Julius, Bartitia, Washington ou Diva. Aussi, dans le cadre de la présente étude, en absence de données précises sur les pratiques courantes d'entretien du gazon au cours des dernières années, des mesures moyennes de la biomasse ont été utilisées à partir d'études qui tenaient compte de conditions d'entretien très diverses pour une utilisation similaire correspondant à un terrain de soccer.

Le tableau 1 résume les résultats obtenus pour la biomasse du gazon dans le cas spécifique d'un gazon constitué de Pâturin du Kentucky selon Badra *et al.*, 2005. Les données utilisées sont issues d'une moyenne pour quatre (4) sites avec des taux de fertilisation différents dont la biomasse a été calculée pour huit (8) saisons.

Tableau 1. Bilan de la biomasse végétale totale pour les travaux touchant l'aménagement des espaces végétalisés (gazonnés) en fonction des équations de Badra *et al.*, 2005 et Dittmer,1973)

	Taux	Espaces verts gagnés dans la cadre des aménagements proposés (m ²)	Espaces engazonnés perdus dans la cadre de l'aménagement du terrain Reine-Marie (m ²)	Bilan
		+1880 m ²	-6552 m ²	-4672 m ²
Biomasse aérienne	666 g /m ²	+1252 kg	-4364 kg	-3112 kg
Biomasse racinaire	2960 g/m ³ ou 444 g/m ² (pour une profondeur de 15 cm de sol)	+835 kg	-2909 kg	-2074 kg
Total	1110 g/m ²	+2087 kg	-7273 kg	-5186 kg

Le bilan de la biomasse végétale correspondant aux espaces végétalisés est de -5186 Kg.

2.1.2 Biomasse microbienne des surfaces gazonnées

La biomasse microbienne des sols se définit comme la partie de la matière organique du sol qui constitue les microorganismes vivants de taille inférieure à $5-10 \mu\text{m}^3$. Elle est généralement exprimée en milligramme de carbone par kilogramme de sol ou en microgramme de carbone par gramme de sol sec (Agvise Laboratories, 2012). Typiquement, la biomasse du carbone constituant les microorganismes des sols constitue de 1 à 5 % de la matière organique de ces mêmes sols.

Le terreau utilisé aux fins d'aménagement d'un terrain de soccer avec sol manufacturé est généralement composé de :

- 60 % de sable grossier
- 20% de terre noire humique
- 20 % de compost

Le mélange complet généralement utilisé est tamisé à 12 mm et possède les propriétés suivantes :

- Matière organique (m.o) entre 2 % et 5 % par combustion
- PH entre 5.5 à 7.0
- Capacité de rétention d'eau : 15 à 25 %

Le tableau 2 peut être utilisé pour évaluer la biomasse des sols en fonction du pourcentage de matière organique qu'il contient (Agvise Laboratories, 2012). En absence de données plus précises, la moyenne de 219 ug / g de sol a été retenue pour l'évaluation du projet en cours.

Tableau 2. Biomasse microbienne moyenne en fonction du pourcentage de matière organique présente dans les sols selon (Agvise Laboratories, 2012)

Pourcentage de matière organique	Biomasse microbienne moyenne (ug/g)
0 to 1.0	76
1.0 to 2.0	130
2.0 to 3.0	169
3.0 to 4.0	219
4.0 to 5.0	345
5.0 to 6.0	427
6.0+	613

Le tableau 3 présente le bilan de la biomasse microbienne contenue dans les sols. Cette évaluation considère que le terreau d'un terrain de soccer pleine grandeur (de 65 à 68 mètres de largeur sur 100 à 105 mètres de longueur), sur une épaisseur moyenne de 15,24 cm (6

pouces) pèse 1700 tonnes métriques¹ et que la biomasse microbienne moyenne est de 219ug/g de sol

¹ Mélange sportif (code de produit : 05-01), Les sols Champlain inc.

Tableau 3. Bilan de la biomasse microbienne contenue dans les sols

	Taux	Espaces verts gagnés dans le cadre des aménagements proposés (m ²)	Espaces engazonnés perdus dans le cadre de l'aménagement du terrain Reine-Marie (m ²)	Bilan
		+1880 m ²	-6552 m ²	-4672 m ²
Biomasse microbienne contenue dans les sols	57 g /m ² ou 382 g /m ³	+107 kg	-373 kg	-266 kg

Le bilan de la biomasse microbienne correspondant aux espaces végétalisés est de -266 Kg.

2.1.3 Biomasse des arbres

Les nouveaux aménagements impliqueront inévitablement la coupe de quelques arbres existants (10) sur le site du collège. Huit (8) feuillus (correspondant à 12 troncs) et deux (2) conifères ont été identifiés dans le Plan directeur immobilier et de développement du campus du Collège Notre-Dame à Montréal. Les essences et les diamètres des arbres à couper sont identifiés dans le tableau 4.

2.1.3.1 Biomasse aérienne

L'estimation de la densité de la biomasse aérienne (matière organique sèche) est généralement utilisée pour déterminer les bilans de carbone forestier. Au Canada, beaucoup de données nécessaires à ces calculs ont été recueillies au début des années 80 par le Service canadien des forêts dans le cadre du programme de recherche appelé Énergie de la FORêt (ENFOR). De nouvelles équations basées sur le diamètre des arbres à hauteur de poitrine et la hauteur des arbres ont été publiées en 2005 par Lambert *et al.* Ces équations permettent d'estimer la biomasse aérienne pour 33 essences forestières, par groupe de feuillus et de conifères et pour toutes les essences réunies. L'estimation de la biomasse aérienne est présentée dans le tableau 4 basé sur les équations de Lambert *et al.* (2005) et le diamètre des arbres. À défaut d'avoir les équations pour les essences présentes sur le site, les équations pour des essences similaires ont été utilisées. Dans ce cas, le lecteur est invité à se référer à la note en bas de page.

2.1.3.2 Biomasse racinaire

La biomasse racinaire est généralement plus importante chez les arbres dominants que chez les arbres dominés (Forget et Nolet, 2003; Lapointe, Cogliastro et Daigle, 2007). Cette différence résulte surtout de l'accroissement de la biomasse des racines latérales. Dans le

cadre du projet à l'étude, les arbres étant isolés, ils sont considérés comme des individus dominants, et ce, même si la compétition par les essences herbacées peut être forte et influencer la biomasse totale des arbres.

Au cours de la vie d'un arbre, la proportion de biomasse racinaire par rapport à la biomasse totale augmente au cours des 5 à 10 premières années, diminue brutalement ensuite et reste à un niveau constant une fois l'arbre mature. Chez l'arbre mature, de nombreux auteurs s'accordent pour considérer que la biomasse racinaire représente approximativement 20 % de la biomasse totale de l'arbre (Ranger, J. et D Gelhaye, 2001; IFN, mars 2005 dans Drénou 2006). Cette donnée a été utilisée pour estimer la biomasse racinaire présentée dans le tableau 4.

Tableau 4. Arbres à couper

Arbre	Essence	Diamètre (cm)	Biomasse racinaire (Kg) ²	Biomasse aérienne (Kg) ³	Biomasse totale (Kg)
1	Érable argenté ⁴	22	63	250	313
2	Érable argenté	18	40	158	198
3a	Érable argenté	24	76	304	380
3b	Érable argenté	28	108	432	540
3c	Érable argenté	32	146	585	731
3d	Érable argenté	37	204	815	1019
4	Tilleul à petites feuilles ⁵	47	211	843	1054
5	Érable argenté	19	45	179	224
6	Pomettier sp. ⁶	27	82	329	411
7	Pomettier sp.	16	25	98	123
8	Épinette du Colorado ⁷	40	162	648	810
9	Épinette du Colorado	35	117	467	584
10a	Érable argenté	10	9	42	53
10b	Érable argenté	13	19	76	95
10c	Érable argenté	16	30	121	151
10d	Érable argenté	19	45	179	224
Total		403	1382	5526	6910

Le bilan de la biomasse végétale correspondant aux arbres coupés est de -6910 Kg.

² Biomasse correspondant à 20 % de la biomasse totale

³ Biomasse calculée à partir des équations de Lambert *et al.*, 2005. <https://apps-scf-cfs.mcan.gc.ca/calc/fr/calculateur-calculator>

⁴ Érable à sucre

⁵ Tilleul d'Amérique

⁶ Érable à Giguère

⁷ Épinette blanche

2.1.4 Bilan

Le tableau 5 présente le total de la biomasse perdue dans le cadre du projet. Ce total tient compte de la biomasse végétale aérienne et racinaire des surfaces engazonnées, de la biomasse microbienne contenue dans les terreaux de plantation utilisés sous les surfaces engazonnées et de la biomasse aérienne et racinaire des arbres à couper.

La biomasse des arbres à couper correspond à 56 % de la biomasse perdue totale.

Tableau 5. Total de la biomasse perdue

		Biomasse (kg)	Pourcentage
Végétale des surfaces engazonnées	Aérienne	-3112	25%
	Racinaire	-2074	17%
Microbienne		-266	2%
Végétale des arbres	Aérienne	-5526	45%
	Racinaire	-1382	11%
Totale		-12360	100%

2.2 GAZ À EFFETS DE SERRE – CALCUL DE CARBONE

2.2.1 Captation du carbone par les végétaux

La captation des gaz à effet de serre, plus particulièrement du CO₂, est un des multiples services que rendent les arbres et la végétation en milieu urbain. Le CO₂ emprisonné dans le bois des arbres sous la forme de cellulose ne contribue pas au réchauffement de la planète et ce, jusqu'à ce qu'il soit libéré lors de la combustion de l'arbre ou par sa décomposition. Aussi, l'utilisation du bois après la coupe de l'arbre est importante pour juger des effets de la coupe sur le relargage des gaz à effet de serre et sur le réchauffement de la planète. Une utilisation durable du bois coupé devrait être privilégiée afin de minimiser les impacts de la coupe des arbres sur les changements climatiques. Ainsi, le bilan de carbone relié à la coupe des arbres ne peut pas être réalisé en absence d'information sur l'utilisation de leur bois. Toutefois, on sait qu'un arbre de taille moyenne, planté dans un environnement urbain qui croit pendant 10 ans, séquestre 10,5 kg de carbone, ce qui correspond à 0.039 tonne (U.S. DOE, 1998), les 14 arbres coupés séquestre au total 147 kg de carbone sur 10 ans.

La captation de carbone d'un gazon naturel correspond à 0.95 tonne par hectare /année. (agron. Scijournals.org dans Meil et Bushi, 2007). Ici, la surface de gazon naturel perdue est de 4672 m², soit 0,47 hectare. La séquestration de carbone qui ne sera pas effectuée annuellement par cette surface correspond à 444 kg. Sur 10 ans, cela correspond à 4440 kg.

À ce bilan, on devrait prendre en compte différents paramètres comme le carbone émis pour l'entretien du gazon et l'irrigation du naturel versus l'entretien pour un gazon synthétique. Selon le guide de la FIFA produit en 2001, les émissions de gaz à effet de serre émis pour l'entretien d'un gazon artificiel correspondent à 30 % des émissions pour l'entretien d'un terrain naturel. Selon les équations mises de l'avant par Meil et Bushi (2007), l'entretien d'un terrain naturel de 4672 m² sur une période de 10 ans émettrait 1500kg de carbone dans l'atmosphère. Le bilan net de l'enlèvement de la surface gazonnée carbone correspond donc à la somme des pertes moins l'entretien. Cela équivaut à une séquestration de carbone moindre de 2940 kg pour les surfaces engazonnées perdues.

Le bilan de l'opération est de 3087 kg de carbone qui serait séquestré en moins en raison de la perte des surfaces gazonnées et des arbres coupés.

2.2.1.1 Émission de carbone pour la fabrication, l'installation et l'entretien de la surface synthétique

Les coûts en carbone de la production de la surface synthétique devraient être calculés à partir de son cycle de vie ; de l'extraction de la matière première jusqu'au recyclage de la surface sachant qu'après 10 ans, le gazon artificiel est 100 % recyclé.

Pour un projet similaire, Meil et Bushi (2007) ont estimé l'émission de carbone à 15.1 tonnes sur 10 ans pour l'ensemble de ce processus, ce qui correspond à 15100 kg.

3. DISCUSSION

Le bilan de la biomasse doit être considéré comme plus juste et plus adéquat que le bilan de carbone dans le cadre de l'évaluation environnementale du projet de réaménagement proposé.

3.1 BIOMASSE

Le projet prévoit la compensation de la biomasse perdue par l'aménagement du terrain de soccer synthétique par l'augmentation des surfaces gazonnées ailleurs sur le site. Aussi, la plantation d'arbres est prévue à des fins de compensation. L'objectif de la compensation est d'obtenir un bilan de la biomasse qui soit neutre ou supérieur par rapport à la situation actuelle.

La compensation devrait être considérée comme un objectif à long terme correspondant à la durée de vie du projet ; la biomasse des arbres augmentant considérablement avec le temps. Dans ce contexte, nous jugeons que la biomasse devrait être compensée sur une durée de 20 ans. En tenant compte que les arbres plantés à des fins de compensation possèdent une durée de vie de près de 200 ans, la période de référence utilisée à des fins de compensation comprend moins de 10 % de la vie de ces arbres.

Le tableau 6 présente une évaluation du nombre d'arbres à planter à des fins de compensation en fonction de l'échéance selon le nombre d'années de croissance considérées. Sachant qu'un érable à sucre de 8 cm de diamètre à hauteur de poitrine (10 cm au sol) correspond à une biomasse totale de 31.9 kg, et que la courbe de croissance d'un érable à sucre en condition urbaine, permet la prévision d'une croissance optimale, le diamètre d'un arbre de 8 cm pourrait être de 24 cm après 20 ans de croissance (croissance annuelle moyenne de 8 mm (Boily, 2004)). Cela correspond à une augmentation de la biomasse de 31.9 kg à 304.1 kg, soit près de 10 fois la biomasse initiale.

Dans ce contexte, la plantation de 41 arbres de 8 cm de diamètre devrait être envisagée pour compenser la perte de la biomasse engendrée par le projet sur 20 ans. À moyen terme, les arbres plantés croîtront et assureront le remplacement de la biomasse du gazon par une biomasse ligneuse.

Tableau 6. Nombre d'arbres à planter et évolution de leur biomasse dans le temps pour compenser la biomasse perdue de 12 360 kg.

Arbres plantés Années 1 Érables à sucre 8 cm de diamètre	Biomasse (kg) Année 1 Érables à sucre 8 cm de diamètre	Biomasse (kg) Année 10 Érables à sucre 16 cm de diamètre	Biomasse (kg) Année 20 Érables à sucre 24 cm de diamètre	Biomasse (kg) Année 50 Érables à sucre 48 cm de diamètre
41 arbres	1308 kg (11 %)	4 973 kg (40 %)	12 469 kg (100%)	60 439 kg (488 %)

Dans le contexte actuel, la plantation de 41 arbres est jugée adéquate. Elle permettrait d'atteindre les objectifs de biomasse en 20 ans et de les dépasser pour les années subséquentes.

Le remplacement des arbres et la plantation d'arbres d'essences nobles telles l'érable à sucre et le noyer cendré est jugé positif par l'environnement. Contrairement à l'Épinette du Colorado et au pommier retrouvés sur le site, ces essences sont indigènes au Québec.

3.2 BILAN DE CARBONE

Le bilan de carbone doit généralement être effectué lorsqu'il est possible d'évaluer le cycle de vie d'un projet ou d'un produit en particulier. Le cycle de vie comprend l'extraction de la matière première, sa transformation et sa manufacture, son transport, sa pose ainsi que son entretien et, éventuellement, son recyclage ou sa mise en rebus. Actuellement, les données permettant d'évaluer adéquatement le carbone relâché et le carbone séquestré par les différentes étapes du projet sont méconnues. Pour minimiser les impacts liés à l'émission des gaz à effet de

serre, les principes suivants pourraient être mis de l'avant dans le cadre de l'élaboration et de la mise en œuvre d'une politique durable d'achat et d'octroi de contrat :

- Favoriser l'achat de matériaux locaux d'extraction et de manufacture locale qui nécessitent moins de transport. Le transport des matériaux est responsable pour l'émission de 32 % des gaz à effet de serre (LEED, Green Associate Handbook, 2010).
- Favoriser la réutilisation des matériaux excavés sur le site. Ex. réutiliser les sols excavés pour l'aménagement de la surface synthétique dans l'aménagement de nouvelles plates-bandes ou des nouvelles surfaces gazonnées. Des amendements peuvent être apportés au terreau disponible sur place.
- Favoriser l'achat de matériaux durables pour l'aménagement de la surface synthétique. L'utilisation d'une surface qui possède une longue durée de vie permettra de diminuer les émissions relatives à son remplacement. Un entretien adéquat est aussi nécessaire.
- S'assurer que les matériaux utilisés sont recyclables et seront recyclés à échéance.

4. CONCLUSION

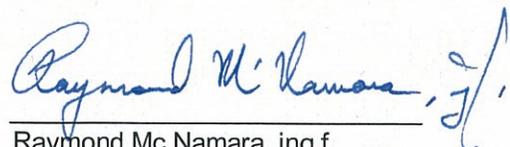
Le Plan directeur immobilier et de développement du campus du collège Notre-Dame prévoit le réaménagement de la cours. Ce réaménagement engendre la coupe de 14 tiges et la mise en place d'un terrain de soccer synthétique de 6652 m. En contrepartie, les aires gazonnées, à l'extérieur du terrain de soccer, seront augmentées.

Le bilan net de ces travaux a été calculé en termes de biomasse et en termes de captation de carbone. La perte de la biomasse est estimée à 12 360 kg. Cette perte peut être compensée par la plantation de 41 arbres. Après 20 ans de croissance, ces arbres auront atteint une biomasse suffisante pour compenser la biomasse perdue.

Le bilan de carbone est plus complexe à réaliser en absence de certaines données qui ne sont pas disponibles à cette étape du projet. Par contre, la mise en place d'un politique d'achat local et durable pourrait permettre de diminuer considérablement les émissions de gaz responsables de l'effet de serre.



Pascal Dubé, B.Sc. biologiste, LEED AE
A.B.Q. no. 2696



Raymond Mc Namara, ing.f
O.I.F.Q.. no. 86037

RÉFÉRENCES

Agvise Laboratories. http://www.agvise.com/tech_art/biomass.php. visité le 10 avril 2012.

Agronomy Journal. <http://agron.scijournal.org/cgi/content/abstract/94/4/930> cité dans Meil, J. et L. Bushi. 2007. Estimating the Required Global Warming Offsets to Achieve a Carbon Neutral Synthetic Field Turf System Installation. Athena Institute. Mirrickville. 9 pages

Badra, A., L-É Parent, Y. Desjardins, G. Allard et N. Tremblay. 2005. Réponse quantitative et qualitative de gazon établi en pâturin des prés (*Poa pratensis* L.) aux ajouts de N, P et K. Can. J. Plant. Sci. 85 : 1993-2004.

Boily, A. 2004. Culture de l'érable à sucre. Culturab.doc. 3 pages. www.agrireseau.qc.ca/erable/documents/Cultarbab.doc consulté le 13 avril 2012.

Dittmer, H.J. 1973. Clipping Effect on Bermuda Grass Biomass. Ecology, Vol. 54, No. 1.

Drénou, C. 2006. Les racines – Face cachée des arbres. Institut pour le développement forestier. Service d'utilité Forestière du Centre National Professionnel de la Propriété Forestière. 332 pages.

FIFA 2011 : FIFA Quality Concept for Artificial Turf Guide. FIFA Marketing & Tv ag.

Forget, É. Et P. Nolet. 2003. Étude de l'effet de l'environnement de compétition et des caractéristiques de cime sur la croissance de l'érable à sucre et du bouleau jaune. Institut québécois d'Aménagement de la Forêt Feuillue. 29 pages.

Gionet, L. 2005. Guide d'aménagement et d'entretien des terrains de soccer extérieur. Ministère de l'éducation, des Loisirs et du Sports, Ville de Montréal. 77 pages.

Lambert, M.-C.; Ung, C.-H.; Raulier, F. 2005. Canadian national tree aboveground biomass equations. Can. J. For. Res. 35:1996-2018.

Lapointe, M., A. Cogliastro et S. Daigle. 2007. Stratégie de croissance des arbres feuillus en condition d'enrichissement. Rapport final préparé pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier – Volet II Projet 2-069-63-35. Institut de recherche en biologie végétale, Montréal. 24 pages.

LEED Green Associate Handbook. 2009.

Les sols Champlain inc. 2012. Mélange terrain sportif – code de produit 05-01. 2 pages.

Meil, J. et L. Bushi. 2007. Estimating the Required Global Warming Offsets to Achieve a Carbon Neutral Synthetic Field Turf System Installation. Athena Institute. Mirrickville. 9 pages

Ranger, J. et Gelhaye, D. 2001. Biomasse et minéralomasse de la partie souterraine d'un peuplement de Douglas de 47 ans. Annals of Forest Sciences. V. 58 (4) p. 423-430.

U.S. DOE. 1998 : Method for Calculating Carbon Sequestration by Trees in Urban and Suburban Settings. <http://www.eia.doe.gov/oiaf/1605/techassist.html>.