

Saison de culture 2023

Rapport diagnostic

Plan d'agriculture durable interrégional

Optimisation de la fertilisation
azotée, des outils d'aide à la décision



UPA POUVOIR NOURRIR
POUVOIR GRANDIR
Saguenay-Lac-St-Jean

Agronome
ERIC GIRARD, AGR.

Objectif

L'objectif de ce diagnostic vise à aider l'entreprise à trouver et tester des pistes d'amélioration en matière de gestion des matières fertilisantes. Plus spécifiquement, la gestion de l'azote sera au cœur de nos discussions afin d'en optimiser son utilisation, dans le but d'en diminuer la consommation ou l'excès sans en affecter les rendements de cultures. La portée du projet se veut donc autant une amélioration du bilan agroenvironnemental que du bilan financier de l'entreprise dans la gestion courante de la fertilisation de ses cultures.

Description sommaire de l'entreprise

██ se spécialise dans les grandes cultures avec environ 378 ha en production. Les superficies sont dédiées à la production de graines de canola, d'orge, de soya, de blé et de maïs-grain. L'entreprise se spécialise également dans la production de semences de soya de hauts statuts.

Les gestionnaires se sont engagés dans le projet par conscience environnementale et pour servir d'exemple auprès de leurs confrères et consœurs, ainsi que pour participer activement aux objectifs du plan d'agriculture durable concernant la réduction des apports en matières fertilisantes azotées.

Azote

Les trois axes explorés dans le cadre des discussions

Nous avons choisi trois grands axes de discussions afin d'orienter et concentrer les idées. Le premier concerne le plan de rotation de culture et de la fertilisation générale de l'entreprise, le deuxième concerne l'utilisation des engrais verts et des cultures de couverture et le troisième, les outils d'aide à la décision.

1. Le plan de rotation et la fertilisation générale

La rotation des cultures fait partie intégrante d'une bonne fertilité des sols. En effet le sol est habité par différents types de racines et subit différentes pressions. Le sol se repose ainsi entre des cultures plus exigeantes. Le marché n'est pas toujours intéressant pour alterner régulièrement avec des cultures moins gourmandes. La culture du maïs, la plus exigeante pour le sol, est l'une des plus lucratives actuellement dans la province. D'autres cultures sont aussi exigeantes en fertilisation azotée, comme la pomme de terre par exemple. Il est bien important de considérer son plan de rotation lorsque l'on souhaite améliorer la fertilisation de façon

Rapport diagnostic

générale et encore plus la fertilisation azotée, plus subtile, car très sensible aux conditions de sol. Une fois le plan de rotation établi, il faut travailler sur la source d'engrais (type d'engrais organique, type d'engrais minéral), le moment de l'application (pré-semis, semis, plusieurs fractionnements, etc.), les conditions climatiques et de sol (avant une petite pluie, compaction du sol, sécheresse) et le type d'application (à la volée, incorporé, en bande, liquide, solide). Toujours penser au principe des 4 B : la bonne source, la bonne dose, au bon moment et au bon endroit.

2. Les cultures de couvertures et les engrais verts

Ajouter une culture de couverture au plan de rotation peut être considéré comme la deuxième étape d'amélioration du plan de rotation. Comme la culture de couverture n'est pas récoltée et est donc restituée au sol, les nutriments contenus dans celle-ci sont « coincés » dans les tissus végétaux. Les nutriments commencent à être libérés dès le début de la dégradation de la plante. Cela peut aller très vite ou très doucement, principalement à cause des facteurs environnementaux (humidité, chaleur), de la qualité et la quantité du carbone, ainsi que de la santé générale du sol. Ainsi, les graminées mettent plus de temps à se dégrader qu'une crucifère comme le radis huileux ou qu'une légumineuse comme le pois par exemple. Les engrais verts peuvent servir à retenir les éléments nutritifs non utilisés par la culture principale ou valoriser un lisier, ce qui permet de réduire les pertes lors des pluies d'automne et lors de la fonte des neiges au printemps. Ils peuvent aussi ajouter de l'azote (légumineuse) dans le système, ainsi que du carbone.

3. Les outils d'aide à la décision

Plusieurs outils d'aide à la décision font l'objet de tests et de recherches pour l'ajustement de la fertilisation azotée. Comme c'est un élément très versatile, il est difficile de le mesurer au bon moment et d'adapter ses applications en fonction des résultats. L'analyse de sol générale, prise au printemps ou plus généralement à l'automne, donne un portrait peu fiable. En effet, en automne, l'azote peut être lessivé par les pluies et la fonte des neiges. L'azote peut aussi se dénitrifier (sous forme de gaz N₂O) ou se volatiliser, particulièrement si elle est appliquée en surface et suivi de beau temps sec (sous forme d'urée). Tester les nitrates au champ au moment où les plantes en ont besoin est un des moyens d'ajustement récent. Deux outils existent : le Nitrachek, qui requiert quelques manipulations et parfois quelques jours de délai, et le SoilScan, qui peut mesurer les nitrates directement au champ.

Rapport diagnostic

Choix de la ferme

La majeure partie de la fertilisation azotée de l'entreprise est de source minérale. Une certaine portion provient également de la teneur en matière organique de ses sols et parfois d'un précédent cultural de soya ou d'une culture de couverture enfouie au printemps.

Les gestionnaires de l'entreprise souhaitent faire valider, par des tests de Nitrachek en post-levé dans la culture du maïs, ainsi que par des tests de vérification dans les tiges de maïs en fin de saison, si leurs stratégies de fertilisation fonctionnent bien dans leurs conditions agroenvironnementales, afin de s'assurer que les besoins de la plante sont bien comblés, sans toutefois générer des surplus de nitrates négligeables à leurs objectifs de rendement.

Ceux-ci souhaitent également, par des tests de Nitrachek, valider et aiguiller la fertilisation de leurs cultures exigeantes en azote autre que le maïs; soit le blé et le canola.

Caractéristiques des champs et des cultures étudiées :

| # Champs | Type de sol | pH | Drainage (qualitatif) | Précédent cultural | Culture actuelle | Matière organique (%) |
|----------|---------------|-----|-----------------------|--------------------|------------------|-----------------------|
| 11 | Loam argileux | 6,0 | Très bon | Soya | Maïs-grain | 7,2 |
| 7-8-10 | Limoneux | 6,4 | Très bon | Maïs et Avoine | Canola | 7,2 |
| 6 | Limoneux | 6,5 | Très bon | Soya | Blé | 6,4 |
| | | | | | | |

Rapport diagnostic

Nitrachek

Le Nitrachek est un appareil qui mesure la concentration de nitrates solubles présents dans un échantillon. L'échantillon peut être composé de sol, de sève, d'eau, etc. Il a cependant été conçu pour évaluer les nitrates du sol, avant une deuxième dose de fertilisation azotée dans la culture du maïs notamment. Il peut être utilisé et les interprétations ajustées pour d'autres cultures comme le blé et la pomme de terre par exemple. Les références manquent pour les cultures maraîchères, aussi exigeantes en azote, mais il est toujours possible de créer notre propre expérience et d'adapter les recommandations selon les besoins de la culture en prenant soin de se garder des parcelles témoins.

C'est le nitrate qui est testé, car c'est la forme sous laquelle la plante absorbe principalement l'azote (l'ammonium peut également être absorbé par les plantes, mais dans une moindre mesure). Le test de nitrate permet donc d'avoir une image plus ou moins précise de l'azote disponible pour la plante, au moment de l'échantillonnage. Comme nous savons à quels moments les cultures comme le maïs ont le plus besoin d'azote (stade 8 feuilles jusqu'à la floraison), cet outil nous donne un point de référence qui, utilisé au bon moment, permet de prédire si le sol fournira assez d'azote pour la culture en cours. On choisit la fenêtre juste avant la deuxième dose de fertilisant (4 à 6 feuilles du maïs), afin d'ajuster celle-ci aux fournitures déjà présentes dans le sol et éviter la surfertilisation et la baisse de rentabilité.

L'outil mesure des parties par million (ppm), une concentration qu'il nous faut convertir en kilogramme d'azote nitrique par hectare ($\text{kg N-NO}_3^-/\text{ha}$). Si l'analyse est réalisée sur un échantillon sec, il est facile de calculer la conversion grâce aux notions de chimie, mais si les échantillons sont humides, il faut additionner les facteurs d'humidité et de texture de sol. Pour cela, les agronomes se basent sur l'article de T.K. Hartz, 2010 qui fournit des facteurs de conversion. L'agronome peut ajuster ces facteurs selon ses observations au champ. Par la suite, il faut ramener l'analyse en kg/ha , on utilise pour cela le facteur de densité du sol fourni par le CRAAQ, qui peut être légèrement ajusté selon la compaction du sol.

La recommandation agronomique suite au test de nitrate doit être prudemment réfléchi. Le calcul des besoins restants de la culture peut être fait en fonction du rendement attendu. Pour en venir à la recommandation, l'agronome regarde l'ensemble du portrait de la ferme, du champ, des marchés, et du niveau de risque acceptable par le producteur. Le Soilscan est programmé pour donner ces résultats et les recommandations automatiquement avec quelques données rentrées manuellement dans l'appareil. Néanmoins, le jugement agronomique de la situation doit intervenir avant la recommandation finale.

Rapport diagnostic

Résultats des tests Nitrachek :

| # Champs | Date du prélèvement | Stade lors du prélèvement | Résultats Nitrachek | | Recommandations GMA |
|----------|---------------------|---------------------------|---------------------|-------|----------------------------|
| | | | ppm | Kg/ha | |
| 11 | 13 juin | V3-V4 (Maïs) | 103,3 | 231,4 | Post-levé : 0 unités azote |
| | | | | | |
| 7-8-10 | 21 juin | Rosette (canola) | 38,6 | 86,6 | Post-levé : 0 unités azote |
| | | | | | |
| 6 | 13 juin | Tallage (Blé) | 60,4 | 135,2 | Post-levé : 0 unités azote |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Rapport diagnostic

Test de fin de saison dans les tiges de maïs :

Le test d'azote dans les tiges de maïs en fin de saison est une autre façon « qualitative » de venir valider notre fertilisation de l'année en cours. En effet, l'azote est un élément que les plants de maïs vont accumuler dans la tige et les feuilles, principalement durant la période végétative du maïs. Plus tard en saison, lors de la formation de l'épi et du remplissage des grains, il n'est pas rare que les plants de maïs doivent cannibaliser cet azote accumulé, en la redirigeant vers l'épi pour le remplissage des grains (surtout pour cette période de besoins élevés, mais de disponibilité plus faible par le sol et les racines par rapport aux besoins). Ce processus se produit de façon naturelle et est normal pour la plante.

Le test consiste à venir évaluer la quantité d'azote restante dans la tige du maïs, juste avant la récolte de celui-ci. Pour ce faire, une dizaine de tiges sont récoltées de façon aléatoire dans le champ à tester. Elles sont par la suite coupées en deux (du bas du plant jusqu'à l'épi). Un réactif en mélange avec un acide concentré est alors appliqué directement sur toute la longueur du cœur de la tige exposé. Ce réactif réagit avec les nitrates présents dans la tige en donnant une coloration bleu foncé à violette. En l'absence de nitrate dans la tige, il y aura absence de coloration.

Le but de ce test est de voir si l'azote est un facteur déterminant de nos rendements, et voir si, dans les conditions rencontrées pour ce champ (précipitations, pédologie, vie du sol), il y a eu excès d'azote appliqué au champ ou un manque possible de cet élément. Lors d'une coloration abondante de toutes les tiges, il est évident que l'azote appliquée a excédé la quantité requise pour le rendement obtenu dans ce champ. L'analyse doit donc tenir compte de l'abondance de la coloration, des résultats de rendement du champ testé et des conditions environnementales de la saison de croissance.

Rapport diagnostic

Photos et résultats des tests de nitrate dans les tiges du maïs



Champs # 11
(parcelle vers
l'étable)
Avec N en post-
levé

Rapport diagnostic



Champs # 11

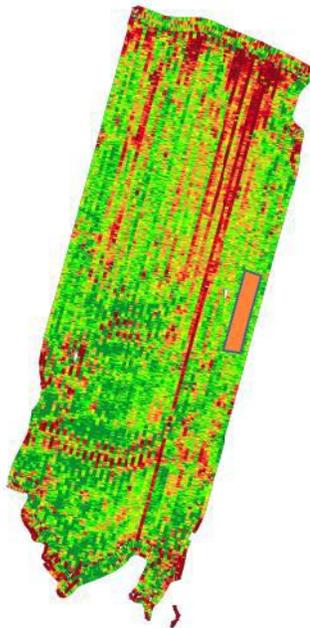
(parcelle vers
[REDACTED]
[REDACTED])

Sans N en post-
levé

Rapport diagnostic

Cartes de rendements du producteur :

Tests blé saison 2023 :



| |
|----------------|
| > 4,6 t/ha |
| 4,3 - 4,6 t/ha |
| 4 - 4,3 t/ha |
| 3,9 - 4 t/ha |
| 3,7 - 3,9 t/ha |
| 3,5 - 3,7 t/ha |
| 3 - 3,5 t/ha |
| < 3 t/ha |

Partie sans azote en post-levé :

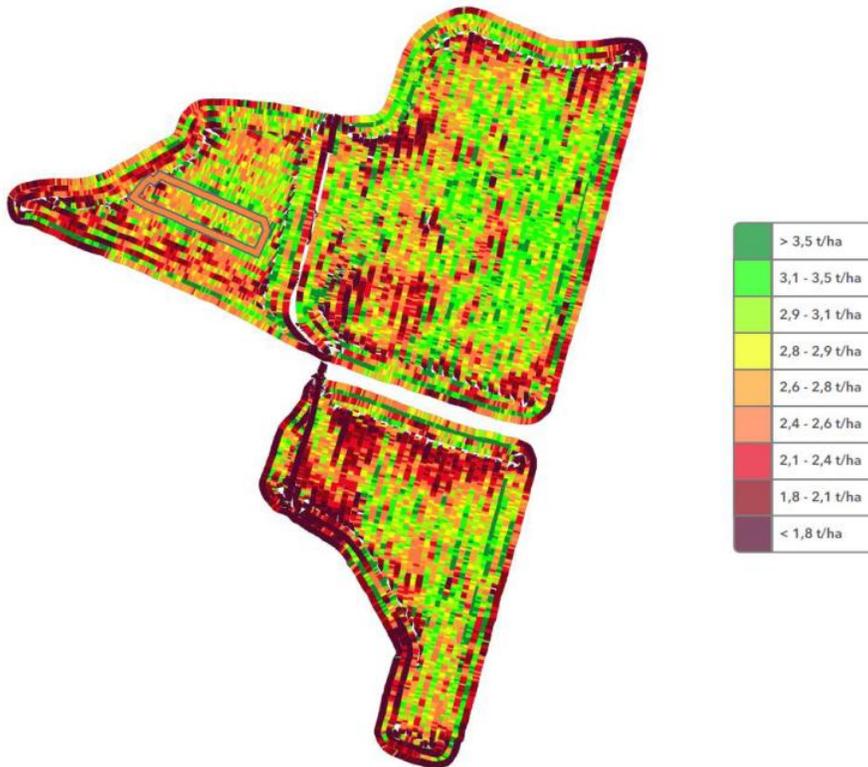
| | | |
|------------|-------------|------------------|
| 0,2 | 17,7 | 4,199 |
| HECTARES | HUMIDITÉ | RENDEMENT (T/HA) |

Partie avec azote en post-levé :

| | | |
|------------|-------------|------------------|
| 0,2 | 17,7 | 4,096 |
| HECTARES | HUMIDITÉ | RENDEMENT (T/HA) |

Rapport diagnostic

Tests canola saison 2023 :



Sans azote en post-levé :

0,3

HECTARES

7,5

HUMIDITÉ

2,827

RENDEMENT (T/HA)

Avec azote en post-levé (115 L/ha) :

0,2

HECTARES

7,6

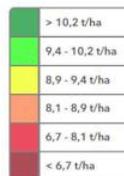
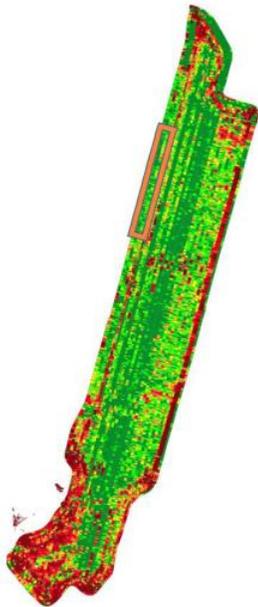
HUMIDITÉ

2,96

RENDEMENT (T/HA)

Rapport diagnostic

Tests maïs-grain saison 2023 :

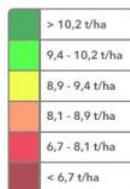
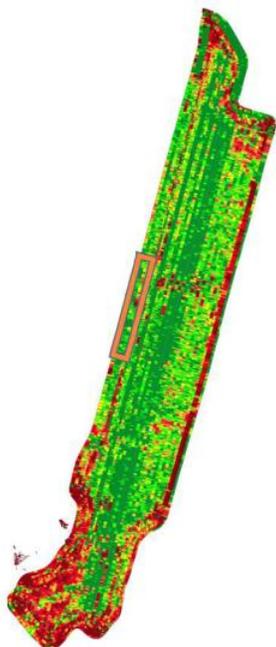


Zone avec engrais azotée
en post-levé :

Sulfan à 150 Kg/ha

Rendement du capteur
de batteuse :

9 675 Kg/ha



Zone sans engrais azotée
en post-levé

Rendement du capteur
de batteuse :

9 551 Kg/ha

Rapport diagnostic

Analyses des résultats et recommandations :

1. Blé

Les tests de nitrate dans le sol dans la culture du blé étaient à la base du projet des tests plutôt de type « exploratoire », étant donné le manque de littérature et d'expérimentation à ce sujet. Le résultat de ce test nous a donné une lecture en nitrate très élevée dans la parcelle. Ainsi, il n'est pas surprenant de voir qu'aucun effet significatif de rendement n'a été obtenu avec ou sans application d'azote en post-levé (32 unités d'azote ont été ajoutées à la parcelle comprenant de l'azote en post-levé). Les rendements en blé de la parcelle sont moindres qu'à la normale pour cette entreprise qui vise habituellement des rendements de 5500Kg/ha pour cette culture plutôt que les 4000 Kg obtenus en 2023. Il faut se rappeler que l'année 2023 a été difficile pour les céréales à paille. Il faut donc faire attention pour les recommandations futures et continuer à documenter les besoins de la plante en post-levé selon la lecture de nitrate. Sommes toutes, nous étions à la base, à l'aise avec la recommandation d'éliminer le post-levé vu la très grande concentration en nitrate du sol lors de l'échantillonnage du 13 juin. Les coûts supplémentaires engendrés par l'azote ajoutée en trop représentent environ 80\$/ha (basé sur des coûts de fertilisants d'environ 800\$/T pour le solaz 32%), sans pour autant avoir engendré des revenus supplémentaires pour l'entreprise. L'entreprise devra continuer à documenter sa fertilisation azotée pour cette culture afin de déterminer plus précisément un plateau de nitrate du sol avec lequel une fertilisation supplémentaire ne donne plus de réponse et n'impact pas le taux de protéine de manière à nuire au classement du grain dans la catégorie du blé humain.

2. Canola

Tout comme pour le blé, les tests de nitrate du sol effectués en 2023 pour la culture du canola, fait avant l'application d'azote en post-levé, étaient plutôt de type exploratoire vu le manque de connaissance sur le sujet. Le résultat de ce test était également très élevé; mais de façon moins importante que pour la parcelle de blé ci-haut (38,6ppm plutôt que 60,4 ppm). Un résultat de 38,6 ppm demeure toutefois un résultat très élevé. Il a ainsi été facile pour nous d'établir que le besoin de la culture en azote était de « 0 » suite à ce test. Finalement, les rendements obtenus furent légèrement plus élevés dans la partie avec azote en post-levé (115 L/ha de solaz 32% a été appliqué dans cette partie; soit 49 unités d'azote supplémentaire). L'augmentation de rendement de 4,7% nous donne une augmentation des revenus d'environ 106,40\$/ha (basé sur un prix de vente du canola de 800\$/T), mais une augmentation des dépenses d'environ 121,40\$/ha (basé sur un prix de solaz 32% d'environ 800\$/T également). Ainsi, nous pouvons considérer que le gain financier d'ajouter de l'azote en post-levé dans nos conditions de sol était nul pour cette culture

Rapport diagnostic

pour 2023, avec les prix de marché de la récolte et de l'engrais que nous avons rencontré. Il est recommandé à l'entreprise de continuer de mettre du temps et de l'énergie dans la recherche du plateau à laquelle la culture ne semble plus répondre en rendement à l'ajout d'azote en post-levé. Aussi, même si nous n'avons pas obtenus de réels gains financiers suite au retrait de l'application en post-levé, nous pouvons considérer par contre que nous avons fait un réel gain environnemental.

3. Maïs-grain

Au niveau du maïs-grain, le test de nitrate est, contrairement au blé et au canola, très bien documenté. Nous avons obtenu un résultat bien au-delà des niveaux auxquels nous devons normalement considérer que l'application d'azote en post-levé pourrait apporter un gain économique. L'entreprise a donc fait une parcelle sans et avec l'application d'azote en post-levé. L'ajout de 36 unités d'azote a été faite dans la partie ayant reçu de la fertilisation supplémentaire.

Les tests d'azote dans les tiges de maïs démontrent également qu'il n'y a eu aucune différence de cannibalisation entre la partie ayant reçu 36 unités d'azote supplémentaires et la partie n'ayant rien reçu en post-levé; ce qui semble concorder avec les recommandations bien établies au niveau des tests de nitrates du sol; soit à l'effet que dépassé un certain plateau de nitrate dans le sol à la mi-juin, la réponse sur le rendement pour cette culture disparaît. La coloration est apparue rapidement et très foncé sur la grande majorité des tiges et sur une longueur appréciable, signe que les plants ont su accumuler beaucoup d'azote en trop et ce, pour les deux parcelles. Le guide d'interprétation de la coloration des tiges de maïs en fin de saison du MAPAQ est clair, selon le résultat que l'entreprise a obtenu, nous sommes en présence d'un surplus d'azote pour ce champ avec les rendements obtenus.

Les rendements globaux du champ avoisinent 9,5T/ha, ce qui est un excellent résultat. Au niveau des deux parcelles, nous avons une différence d'environ 125 Kg/ha en faveur de la partie ayant reçu un surplus d'azote en post-levé. Il est clair qu'économiquement, l'entreprise est perdante selon ce résultat puisqu'il en coûte pas mal plus cher d'épandre 150 kg/ha d'engrais supplémentaire pour ne récolter que 125 Kg/ha de grains de maïs de plus. L'économie d'azote appliqué en post-levé pour cette culture a été d'environ 105\$/ha (basé sur un prix de Sulfan avoisinant les 700\$/T appliqué à un taux de 150 Kg/ha). La perte de revenu peut être estimée à environ 44\$/ha; selon un prix de maïs estimé à 350\$/t, un manque à gagner final d'environ 60\$/ha. Il y aurait eu un gain autant économique qu'environnemental à ne pas mettre cet azote supplémentaire.

L'entreprise devra continuer à compiler des données et documenter ses résultats comme présentement avec ce rapport au niveau de son utilisation de l'azote en post-levé dans le maïs-grain. Il y a certainement des gains à y avoir pour celle-ci, autant économiques qu'environnementaux.

Rapport diagnostic

Conclusion :

Le but visé par ce projet est d'optimiser l'utilisation de l'azote sur les terres agricoles du Saguenay-Lac-St-Jean. Une des mesure phare du plan d'agriculture durable du gouvernement du Québec vise à améliorer la gestion des matières fertilisantes en ciblant une réduction de 15% des apports de fertilisants azotés sur les superficies en culture de la province. Les retombés de ce projet sont donc en lien direct avec ce grand objectif de diminution des nitrates dans le sol et l'eau. Le projet contribue également aux objectifs canadiens de réduction des gaz à effet de serre en agriculture, étant donné l'impact de la production de protoxyde d'azote dans l'air via la consommation globale d'azote en production agricole.

Nous souhaitons remercier l'entreprise et ses gestionnaires d'avoir participer activement au projet, de s'intéresser aux recommandations qui y sont faites et aux conséquences d'une mauvaise gestion de l'azote sur le milieu avoisinant les activités de la ferme. Les recommandations qui sont faites dans ce rapport permettent aux propriétaires d'avoir une meilleure compréhension de leur fertilisation et d'avoir un meilleur bilan environnemental au sujet de la fertilisation azotée.

Rapport diagnostic

Signatures



Éric Girard, agr.

OAQ : 6384

Fédération régionale de l'UPA du Saguenay-Lac-St-Jean



Martine Bergeron, agr.

OAQ : 5440

Groupe multiconseil agricole du Saguenay-Lac-St-Jean

Ce projet a été financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation dans le cadre du programme Prime-Vert.