



**Guide de vulgarisation : agriculture de précision,  
autoguidage et gaz à effet de serre**

**L'INNOVATION À VOTRE PORTÉE : VOS DÉFIS... NOS RÉALISATIONS!**



## Réalisé par Agrinova

### Coordination

Xavier Desmeules, agr.  
Chargé de projet

### Réalisation, recherche et rédaction

François Tremblay, biologiste, B. Sc.

Chargé de projet, Agrinova

Xavier Desmeules, agr.  
Chargé de projet, Agrinova

Nicolas St-Pierre, agr.  
Enseignant, Collège d'Alma

Stéphanie Claveau, M. Env.  
Chargée de projet, Agrinova

Samuel Morissette, agr., M. Sc.  
Chargé de projet, Agrinova

### Remerciements aux collaborateurs

Gino Chayer, technicien, Collège d'Alma

Mohamed Khelifi, P. Eng., Ph. D.  
Professeur de mécanisation agricole, Université Laval

Mathieu Bilodeau, technicien à la recherche, Agrinova

Anne Guilbert, ingénierie, MAPAQ

René Lebrun, gérant de ferme, Ferme du Collège d'Alma

Isabelle J. Delaunière et Sabrina Beaudry, stagiaires, Agrinova

### Révision linguistique

Mélanie Gagné, technicienne en bureautique, Agrinova

### Référence à citer :

Tremblay, F., X. Desmeules, N. St-Pierre, S. Claveau et S. Morissette (2013). Guide de vulgarisation : agriculture de précision, autoguidage et gaz à effet de serre, Agrinova, Alma (Québec), Avril 2013, 14 pages.



## Remerciements aux partenaires financiers

Ce projet a été réalisé en vertu du programme Prime-Vert, sous-volet 8.4, et bénéficie d'une aide financière provenant du Fonds vert du gouvernement du Québec et administrée par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation :



**Agriculture, Pêcheries  
et Alimentation**

**Québec**

Également, plusieurs équipements utilisés dans le cadre de ce projet d'essai ont été financés par le CRSNG (tracteur, GPS, base RTK, semoir à semi-direct et pulvériseur) :



## Remerciements aux partenaires de réalisation



Collège  
d'Alma



**Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.**



## TABLE DES MATIERES

1. L'agriculture de précision.....	5
2. Système d'information géographique (SIG) .....	6
3. Conduite assistée (autoguidage).....	7
4. Projet sur l'autoguidage .....	8
4.1. Mise en situation .....	8
4.2. Contexte de réalisation .....	8
4.3. Résultats .....	8
4.3.1. Chevauchement et capacité au champ .....	8
4.3.2. Consommation de diesel .....	10
4.3.3. Consommation d'intrants (engrais, semences et herbicides).....	11
4.3.4. Émission de GES .....	11
5. Conclusion.....	13
6. Références .....	14

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Chevauchement ou zones non couvertes .....	9
Tableau 2. Capacité au champ (ha/h) .....	10
Tableau 3. Consommation de diesel (en l/ha) .....	10
Tableau 4. Consommation d'intrants (en kg ou l/ha) .....	11
Tableau 5. Émission de GES (en kg eCO <sub>2</sub> /ha).....	12

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Base de positionnement RTK (gauche) et console GPS Trimble FM 750 (centre). ....	5
Figure 2. Carte réalisée à l'aide d'un GPS et d'un outil SIG montrant les variations du pH à l'intérieur d'un même champ.....	6
Figure 3. Cartographie précise servant à l'application à taux variables (à gauche) et un système de conduite assistée « EZ-Steer » (à droite).....	7
Figure 4. Zones non couvertes laissant place aux mauvaises herbes. ....	9



## 1. L'AGRICULTURE DE PRECISION

L'agriculture de précision est fondée sur l'application de technologies à référence spatiale (GPS, imagerie satellite, etc.) afin de subdiviser un champ hétérogène en unités homogènes et d'obtenir une gestion plus efficace des pratiques agricoles. Plutôt que de gérer toute la surface d'un champ comme une seule unité homogène, la gestion est adaptée et modifiée afin de satisfaire les besoins spécifiques de zones précises d'un même champ. Ce concept est fondé sur un constat de l'existence de la variabilité des conditions entre les parcelles d'un même champ comme l'humidité (selon la texture du sol, la profondeur du sol, la matière organique), la disponibilité des éléments nutritifs (selon la texture du sol, les niveaux nutritifs, la profondeur du sol), le drainage, le pH du sol, les mauvaises herbes, etc.

L'objectif premier de l'agriculture de précision est d'optimiser la gestion d'un champ d'un point de vue :

- **agronomique : ajuster les pratiques et la régie de culture avec précision selon les besoins de la plante à un endroit donné;**
- **environnemental : diminuer les intrants utilisés aux champs permettant de minimiser l'impact environnemental des activités agricoles;**
- **économique : augmenter l'efficacité des pratiques et effectuer une meilleure gestion des intrants permettant d'être plus compétitif.**

Voici quelques exemples de technologies diagnostiques répandues : le « Global Positioning System » GPS (figure 1), les systèmes d'informations géographiques (SIG), les capteurs de rendements, l'imagerie satellite, les cartes de rendement, les analyses de sols et la télédétection.

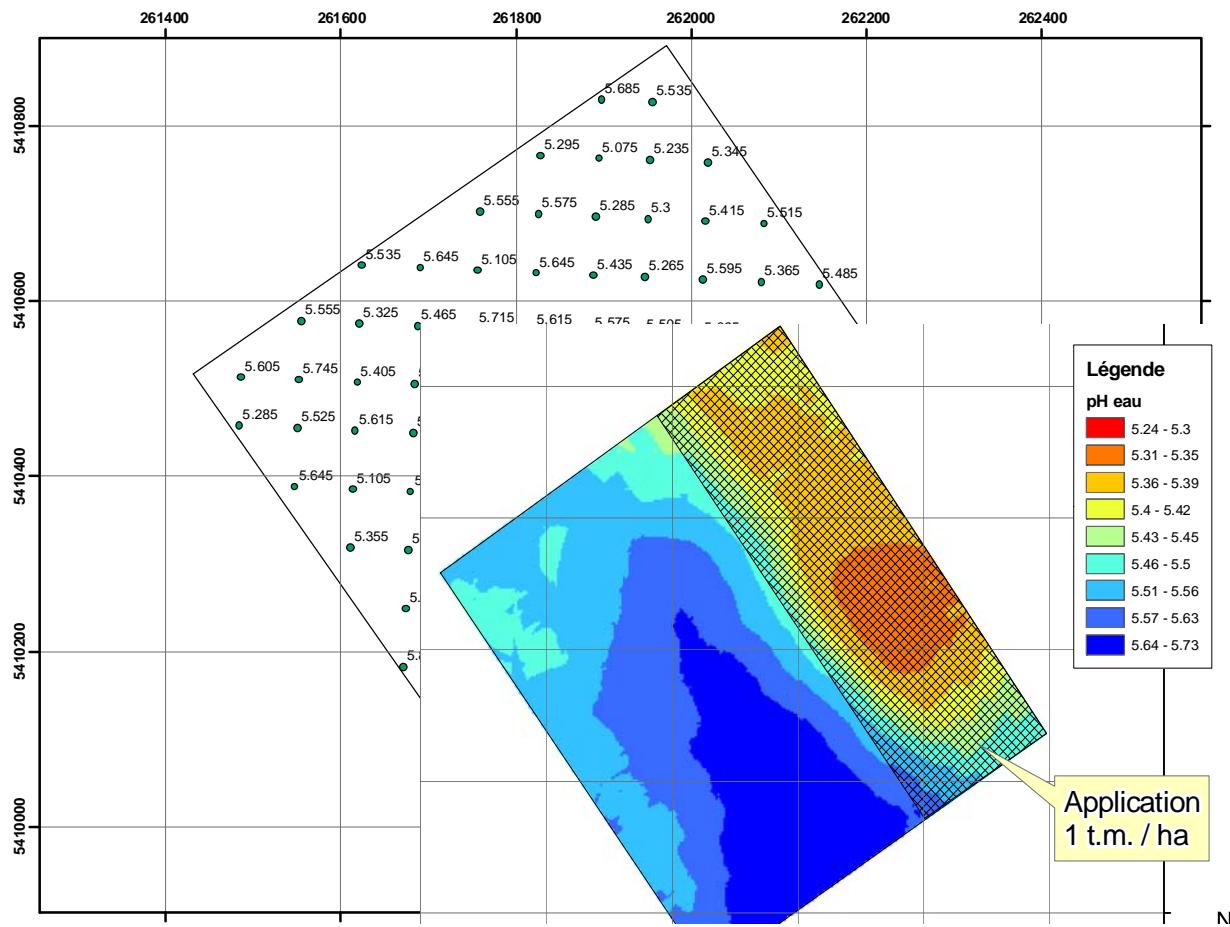


Figure 1. Base de positionnement RTK (gauche) et console GPS Trimble FM 750 (centre).



## 2. SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG)

Les données collectées à l'aide d'outils diagnostiques (ex. : GPS) pourront ensuite être utilisées conjointement avec un SIG afin de les cartographier et de visualiser la variabilité à l'intérieur d'un champ. L'outil SIG permet de comprendre et d'identifier l'origine d'une variation de rendement ou de productivité et de savoir si elle est reliée aux caractéristiques du site (pH, topographie, teneur en éléments fertilisants, etc.). La figure 2 montre un exemple de carte réalisée grâce à un SIG pouvant servir à poser un diagnostic expliquant les variations de rendements dans un champ.



**Figure 2. Carte réalisée à l'aide d'un GPS et d'un outil SIG montrant les variations du pH à l'intérieur d'un même champ.**

Cette technologie permet à un producteur, entre autres, de moduler les interventions dans ses champs et les taux d'application d'épandage (application à taux variable) de divers intrants, afin de maximiser le rendement et uniformiser l'application.



### 3. CONDUITE ASSISTEE (AUTOGUIDAGE)

Il est possible d'utiliser les données issues d'un SIG pour réaliser des opérations culturales en mode de conduite assistée (figure 3). L'autoguidage permet, entre autres, de :

- **conduire sans l'aide de l'opérateur, ce qui permet de réduire la fatigue;**
- **réduire le chevauchement;**
- **réduire la quantité d'intrants (diesel et semences) et de gaz à effet de serre (GES);**
- **réaliser avec précision des interventions culturelles (ex. : semis et application d'intrants);**
- **augmentation de l'efficacité au champ (ha/h et \$/ha);**
- **minimiser la compaction du sol par un passage unique dans des voies de circulation permanente.**



**Figure 3. Cartographie précise servant à l'application à taux variables (à gauche) et un système de conduite assistée « EZ-Steer » (à droite).**



## 4. PROJET SUR L'AUTOGUIDAGE

### 4.1. Mise en situation

Les dépenses en énergie représentent environ 13 % des frais monétaires sur les fermes en grandes cultures. La consommation de diesel en grandes cultures représente le poste de consommation énergétique le plus élevé avec environ 54 % des dépenses énergétiques (Gilbert, Dostie et al., 2010). Seulement entre 1997 et 2005, la fraction des dépenses totales attribuées au carburant a augmenté de 21 %<sup>1</sup>. En plus de réduire la rentabilité des entreprises, la consommation de carburant émet des GES ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  et  $\text{N}_2\text{O}$ ) et contribue au réchauffement climatique. Dans un contexte où l'aspect environnemental prend une place de plus en plus importante dans notre société, il devient intéressant d'évaluer l'impact réel de l'utilisation de l'autoguidage sur la consommation d'intrants et les émissions de GES.

### 4.2. Contexte de réalisation

Un projet réalisé à la Ferme du Collège d'Alma a permis de comparer la consommation d'intrants (diesel, engrais minéraux et herbicides) et les émissions de GES en utilisant une conduite manuelle en comparaison avec une conduite assistée. L'hypothèse de base des essais est que l'utilisation d'un système d'autoguidage permettrait une réduction du chevauchement au champ lors des opérations culturales, réduisant ainsi la consommation d'intrants (diesel, semences, engrais et pesticides) et les émissions de GES.

### 4.3. Résultats

#### 4.3.1. Chevauchement et capacité au champ

Pour les opérations de semis et de préparation du sol, les résultats obtenus pour le chevauchement et la capacité au champ (ha/h) reflètent bien l'hypothèse de départ du projet. En effet, le tableau 1 démontre que les travaux de la machinerie sont maximisés par l'utilisation de la conduite assistée. Par exemple, le chevauchement lors des semis était en moyenne de 25,6 cm en conduite manuelle et de 3,6 cm en mode autoguidage. Cette différence de chevauchement lors de chaque passage est considérable et peut représenter des gains économiques et une plus grande capacité au champ (ha/h) pour les entreprises agricoles possédant beaucoup de superficies en culture.

---

<sup>1</sup> UPA, Hydro-Québec et CDAQ (2008). *L'efficacité énergétique dans le secteur des grandes cultures*, Fiche technique, 6 p. [en ligne : <http://www.agrireseau.qc.ca/energie/documents/Grandes-cultures-pages.pdf>].



Tableau 1. Chevauchement ou zones non couvertes\*

Opération culturelle	Conduite manuelle		Conduite assistée	
	Chevauchement (cm)	% de chevauchement (selon la largeur de l'outil)	Chevauchement (cm)	% de chevauchement (selon la largeur de l'outil)
Semis	25,6	8,9	3,6	1,2
Travail secondaire du sol (un passage de vibroculteur)	21,7	8,0	4,3	1,6
<b>Moyenne</b>	<b>8,5 %</b>		<b>1,4 %</b>	

\* Mesures réalisées au milieu des parcelles expérimentales.

Également, en conduite manuelle, puisque l'opérateur doit se fier uniquement à des repères visuels pour couvrir l'ensemble de la surface de son champ, il arrive non seulement qu'il y ait chevauchement, mais aussi la formation de zones non couvertes. La figure 5 présente un exemple visuel de la présence de zones dénudées ayant été créées suite à un semis réalisé sans la technologie d'autoguidage.



Figure 4. Zones non couvertes laissant place aux mauvaises herbes.

Le tableau 2 présente les résultats de capacité au champ obtenus lors des essais. Il y a eu une augmentation de plus de 6 % de la capacité au champ avec la conduite assistée lors de l'utilisation du semoir et du vibroculteur en comparaison avec la conduite manuelle.



Tableau 2. Capacité au champ (ha/h)

Opération culturelle	Largeur de l'équipement (m)	Conduite manuelle	Conduite assistée	Variation	
		ha/h		%	
Semis	2,13	1,33	1,42	0,09	6,7
Travail secondaire du sol (vibroculteur)	2,70	2,49	2,66	0,17	6,7

Pour les opérations de travail du sol, les résultats de chevauchement obtenus avec le système de conduite assistée avec base RTK (4,3 cm au tableau 1) sont comparables à ceux obtenus par Terry (2009) où un chevauchement de 5 cm a été obtenu. Terry (2009) a obtenu une augmentation de la capacité au champ (ha/h) de 10 % lors des opérations de travail du sol, ce qui est supérieur à ce que nous avons obtenu (6,7 %) lors de nos essais.

#### 4.3.2. Consommation de diesel

Les résultats présentés au tableau 3 sont à nouveau fidèles à l'hypothèse de départ pour la consommation de diesel lors des semis et du travail du sol. En effet, il y a eu une diminution de consommation de diesel variant de 8,1 à 14,2 % pour ces pratiques. Cette différence peut représenter des économies en diesel variant de 0,38 l/ha à 0,74 l/ha, soit une économie de 0,48 \$/ha à 0,93 \$/ha (hypothèse de prix du diesel à 1,26 \$/litre).

Tableau 3. Consommation de diesel (en l/ha)

Opération culturelle	Consommation de diesel (l/ha)		Variation	
	Conduite manuelle	Conduite assistée	l/ha	%
Travail secondaire du sol (vibroculteur)	4,65	4,27	-0,38	-8,1
Fertilisation	0,35	0,73	0,38	108,6
Semis direct	7,69	6,94	-0,74	-9,7
Semis conventionnel	4,44	3,81	-0,63	-14,2
Application d'herbicides	0,67	0,73	0,06	8,8

\* La consommation de diesel en semis conventionnel ne tient pas compte des opérations de travail du sol (labour, vibroculteur, etc.).

Par contre, pour les opérations d'épandage de fertilisants et d'herbicides, la consommation de carburant et l'utilisation d'intrants furent plus élevées avec la conduite assistée. Cela s'explique par le fait que le conducteur surestimait la largeur d'épandage lorsqu'il procédait à des applications spatiales (travaux où la largeur d'application ne laisse pas de trace). Par exemple,



pour l'épandage d'engrais à la volée, l'opérateur ne voit pas exactement jusqu'où l'engrais a été appliqué. Il sait simplement, en lisant la charte de l'épandeur, qu'il doit distancer ses passages d'un certain nombre de mètres. À l'oeil nu, cette distance est difficile à évaluer avec précision. Lors des essais, l'espacement calibré entre les passages devait être de 24 mètres, sauf qu'en fin de compte, il a plutôt été de 27 mètres. Conséquemment, la quantité de fertilisants utilisée et le nombre de passages au champ ont été moindres en conduite manuelle. Ainsi, puisqu'il y a eu moins de passages, il y a eu une réduction de la consommation de carburant et des émissions de GES.

#### **4.3.3. Consommation d'intrants (engrais, semences et herbicides)**

Les données présentées au tableau 4 indiquent une économie de 5,9 kg de semences/ha, soit une réduction de 3,5 % en conduite assistée en comparaison avec une conduite manuelle. À titre d'exemple, cette différence peut représenter des économies totalisant environ 610 \$ par année (semences et diesel pour un passage de vibroculteur et de semoir) pour un producteur d'orge cultivant 100 hectares. Toutefois, il est important de mentionner que les coûts reliés à la fertilisation et à l'herbicide n'ont pas été considérés dans le calcul précédent, étant donné que la consommation de ces intrants peut être très variable selon, notamment, l'expérience et l'habileté du conducteur et la présence de marqueurs de mousse en conduite manuelle. Ainsi, il n'a pas été possible de déterminer si l'utilisation d'un système de conduite assistée était plus efficace que la conduite manuelle lors des opérations d'application de fertilisants et d'herbicides.

**Tableau 4. Consommation d'intrants (en kg ou l/ha)**

Opération culturelle	Intrant	Quantité d'intrants (kg ou l/ha)		Variation	
		Conduite manuelle	Conduite assistée	kg ou l/ha	%
Fertilisation	Engrais minéral	40,6	48,4	7,9	19,4
Semis	Semences d'orge	<b>167,9</b>	<b>162,0</b>	<b>5,9</b>	- 3,5
Traitement pesticide	Herbicide (volume d'eau appliquée par unité de surface)	132	157	25	19

#### **4.3.4. Émission de GES**

Le tableau 5 présente les émissions de GES en fonction d'une conduite manuelle ou assistée et selon la pratique culturelle. La diminution d'intrants reliée aux pratiques culturelles de semis ainsi que de travail du sol se traduit par une réduction des émissions de GES. Cette diminution représente une variation de 1,15 à 2,05 kg d'équivalent CO<sub>2</sub>/ha selon l'opération culturelle.



Tableau 5. Émission de GES (en kg eCO<sub>2</sub>/ha)

Opération culturelle	Intrant	Émission de GES (kg eCO <sub>2</sub> /ha)		Variation	
		Conduite manuelle	Conduite assistée	kg eCO <sub>2</sub> /ha	%
Travail secondaire du sol (vibroculteur)	Diesel	13,02	11,87	-1,15	-8,8
Semis		21,44	19,39	-2,05	-9,6
Conventionnel		12,39	10,64	-1,75	-14,1
Fertilisation	Diesel et engrais	348,90	417,34	68,44	19,6
Traitements pesticide	Diesel et herbicide	2,01	2,19	0,18	8,9

La technologie d'autoguidage n'a pas permis d'obtenir de réduction d'émissions de GES pour les opérations de fertilisation et d'application d'herbicides. Cette situation s'explique par la moins bonne couverture spatiale (bandes non traitées importantes) en conduite manuelle. Toutefois, une mauvaise couverture du champ lors des opérations d'épandage pourrait se traduire par une baisse de productivité dans les zones non traitées. Ainsi, la conduite assistée augmente la précision lors des applications d'engrais et de pesticides et permet un recouvrement uniforme de l'ensemble de la superficie d'un champ.

Il est important de mentionner que les données (capacité au champ, GES, diesel, semences, etc.) qui sont présentées dans les tableaux 1 à 5 ont été mesurées dans un contexte propre au projet. Ainsi, les résultats pourraient différer considérablement suite à la modification de certains paramètres comme :

- la texture et l'humidité du sol;
- la superficie et la configuration des champs;
- la vitesse d'avancement, le régime moteur et le rapport de vitesse;
- la largeur des équipements agricoles utilisés;
- le type de cultures;
- la puissance et les caractéristiques du tracteur utilisé;
- la configuration de l'équipement GPS et de la conduite assistée.



## 5. CONCLUSION

Les essais en conduite assistée démontrent un **meilleur usage (uniformité d'application) des intrants et suggèrent un potentiel d'amélioration de la rentabilité par unité de surface**. Les bénéfices associés à une amélioration de la couverture suggèrent également la possibilité d'atteindre des rendements supérieurs. De plus, l'utilisation d'un système d'autoguidage a permis de réduire les émissions de GES lors des opérations culturales comme les semis et le travail du sol. Toutefois, les opérations culturales comme les épandages de fertilisants et d'herbicides qui nécessitent des applications spatiales (travaux où la largeur d'application ne laisse pas de trace) ont donné des résultats inverses. En effet, l'opérateur surestimaît la largeur réelle d'épandage de sa machinerie lors de ce type d'opération, ce qui laissait des zones non couvertes, contrairement à la conduite assistée. Cependant, il est important de noter que la superficie (ha), la configuration et la topographie des champs représentent une source de variabilité pouvant affecter la consommation d'intrants en multipliant les croisements ou les zones non couvertes lors de la conduite manuelle.

Finalement, le projet a permis de faire ressortir que la technologie d'autoguidage, lorsque bien maîtrisée, peut procurer plusieurs avantages pour les entreprises agricoles, soit notamment, **l'augmentation de l'efficacité au champ, la diminution de la consommation de diesel et de semences, la réduction des émissions de GES et une meilleure uniformité dans le champ**. Cependant, étant donné les coûts élevés de cette technologie (typiquement plus de 30 000 \$ avec une précision de localisation d'environ 2,5 cm), il importe de réaliser une analyse technicoéconomique en considérant plusieurs paramètres (superficie, type de culture, rentabilité des cultures actuelles, technologie d'autoguidage et options envisagées, etc.), afin d'en vérifier la rentabilité dans le contexte particulier de chaque entreprise agricole.



## 6. REFERENCES

AMENOZIMA, D., A. ISMAIL and K. JUSOFF (1997). Geospatial Information Technologies for Malaysian Agriculture in the Next Millennium, Precision Agriculture.

BONGIOANN, R. and J. LOWENBERG-DEBOER (2004). Precision of agriculture and Sustainability, Precision Agriculture 5(4):359-387.

GILBERT, D., S. DOSTIE and D. CROWLEY (2010). Analyse de rentabilité de la réalisation d'audits énergétiques dans le secteur agricole, Agrinova et Groupe AGÉCO : 91.

GRIMAUDO, J. (2009). Factors that influence the adoption of precision agriculture technologies with Quebec farmers, Mémoire de maîtrise (M.Sc.), HEC Montréal, Québec,

MCBRIDE, W.D. and S.G. DABERKOW (2003). Information and the adoption of precision farming technologies, Journal of Agribusiness, Spring 2003 (21):17.

ROBERT, P.C. (2002). Precision of agriculture : a challenge for crop nutrition management, Plant and soil 247 (1):6.

TERRY, W.G. (2009). Whole-Farm Benefits of GPS-Enabled Navigation Technologies, 2009 Reno, Nevada, June 21 - June 24, 2009.

UPA, Hydro-Québec et CDAQ (2008). L'efficacité énergétique dans le secteur des grandes cultures, Fiche technique, 6 p.

[En ligne : <http://www.agrireseau.qc.ca/energie/documents/Grandes-cultures-pages.pdf>].