

**ALPA**  
2, les Noires Terres  
54740 HAROUE

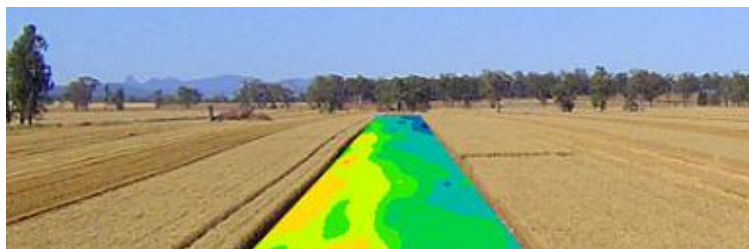


**CRA Lorraine**  
9, rue de la Vologne  
54520 LAXOU

# La précision en agriculture

[Les enjeux de l'agriculture de précision et acquisition de références en Lorraine]

## Document de Synthèse



Boursière d'expérimentation : Julie TORLOTING  
Encadrant : Arnaud LEGRAND

[30 septembre 2010]



## **INTRODUCTION**

L'agriculture de précision est une pratique récente. En France, les premières études ont été réalisées en 1993 par les instituts techniques du végétal (Arvalis et Cetiom). Depuis 2006, on assiste à une forte augmentation de son utilisation notamment dans les régions céréalières. La précision en agriculture fait appel à différentes technologies complexes et innovantes (laser, GPS, caméra,..). A partir de ces technologies, il existe une multitude de combinaisons pour augmenter la précision des interventions agricoles. Seulement ces combinaisons sont plus ou moins faciles à mettre en œuvre.

Dans ce contexte, l'objectif de la présente étude, commanditée par l'Association Lorraine pour la Promotion de l'Agriculture et par la Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine est donc d'identifier les enjeux technico-économiques et environnementaux de cette nouvelle technique dans un contexte Lorrain. Cette étude répond à quatre objectifs spécifiques :

- Mettre en évidence l'utilité de l'agriculture de précision en Lorraine et vérifier sa faisabilité.
- Acquérir des références technico-économiques et environnementales dans un contexte Lorrain
- Faire un état des lieux des différents systèmes de l'agriculture de précision, afin de permettre aux agriculteurs de s'y retrouver dans les systèmes proposés et de vulgariser cette technique.
- Réaliser un diagnostic de l'utilisation de cette technique en Lorraine et identifier les freins à son développement

En vue de répondre à ces objectifs, l'étude a consisté d'une part, à réaliser une enquête auprès des entreprises de matériels d'agriculture de précision et des agriculteurs lorrains (enquête qualitative auprès de 16 utilisateurs et enquête quantitative auprès d'une cinquantaine de non pratiquants de cette technique) et, d'autre part, à expérimenter les techniques sur l'exploitation de l'ALPA. Cette étude sera valorisée par la création d'une plaquette destinée aux agriculteurs afin de vulgariser l'agriculture de précision.

## **1. LES MOYENS D'OBTENIR DE LA PRECISION EN AGRICULTURE ET SES APPLICATIONS**

Il existe différents moyens d'obtenir de la précision en agriculture : le positionnement par satellite, les lasers, les caméras, les cellules photo-électriques, le marquage préalable par un sillon... Néanmoins le positionnement satellitaire semble être le moyen le plus développé dans l'usage agricole, car les autres systèmes sont principalement utilisés pour une seule application (binage, guidage moissonneuse-batteuse) ou souvent associés au positionnement GPS. Cependant, cette technique est soumise à plus de contraintes techniques. Le positionnement satellitaire en France est possible par deux réseaux : GPS, système américain et GLONASS, système russe. Pour recevoir un positionnement satellitaire, l'agriculteur doit s'équiper d'une antenne, d'un boîtier comportant le logiciel d'application et d'une correction du signal, car la précision des réseaux classiques n'est pas suffisante pour des applications agricoles (1 à 15m). Les applications les plus courantes par le positionnement satellitaire sont les systèmes de guidage, la coupure de tronçons automatique (ex : pulvérisateur) et la modulation intra-parcellaire.

### **▪ Les systèmes de guidage :**

Le principe du guidage est de donner une orientation de conduite au chauffeur (barre de guidage) ou de guider directement l'engin agricole (autoguidage/assistance au guidage fixe ou mobile) à partir du travail précédent (passage précédant ou travaux antérieurs). Les systèmes de guidage sont le premier maillon vers les techniques de l'agriculture de précision. En effet, le boîtier peut être non évolutif (une application, 1 000 à 1 500€) ou évolutif (1 500 à 15 000€). Ce dernier peut recevoir différents niveaux de précision, le système d'assistance au guidage et différentes applications autres que le guidage. Il existe une multitude de constructeurs qui propose des systèmes de guidage (entreprises spécialisés dans l'informatique agricole ou constructeurs de machines agricoles), rendant ainsi le choix plus complexe (Ex : problème de compatibilité entre le tracteur, l'assistance au guidage et la correction choisie).

**Tableau 1 : correction différentielle dGPS via les satellites de communication**

Précision	15-50 cm			5-10 cm	
Correction différentielle (dGPS)	Egnos	SF1	OmniSTAR VBS	OmniSTAR XP-HP	SF2
Propriétaire du dGPS	UE	John Deere	Omnistar	Omnistar	John Deere
Mode de transmission	Transmission sous forme de fréquence par des satellites de communication (mono-fréquence ou bi-fréquence)				
Type d'abonnement	Aucun	Aucun	1 mois, 3 mois, 1 an ou 2 ans	1 mois, 3 mois, 1 an ou 2 ans	De 1 mois à 60 mois
Ordre de prix	Gratuit	Gratuit	De 275€/mois à 82€/mois	116€/mois à 265€/mois <b>1300€/an</b>	37€/mois à 180€/mois, <b>430€/an</b>
Marques des récepteurs	Tous	John Deere	La majorité	La majorité	John Deere
Avantages	Accepter par tout type d'antenne, propose différent prix, voire gratuit. Adapté à tous les systèmes de guidage et applications				
Inconvénients	Pas possible de réaliser plusieurs travaux en même temps sous un même abonnement/sensible à la topographie (perte de signal en bordure de forêt)/le niveau de précision dépend des conditions satellitaires (positionnement et stabilité)/le positionnement est soumis à la dérive des satellites (temps d'initialisation)				

**Tableau 2: synthèse des corrections RTK**

Dispositif de correction	Balise RTK « propriétaire »	Réseau de balise RTK « propriétaire »	Réseau RTK de géomètre		
			Sat-info (Claas)	Orphéon Géodata diffusion	Téria Hexagone
Propriétaire de la correction	L'utilisateur	Organisme ou groupe d'utilisateurs			
Mode de transmission du signal associé à l'antenne dGPS	Ondes radio (format propriétaire)	Ondes radio (format propriétaire)	GPRS (téléphonie mobile) ou Internet ADSL et ondes radio (Format RTCM ou propriétaire)		
Rayon de transmission du signal	5 à 10 km	10 km par base, suivant la configuration du réseau	Partout sauf en zone blanche, possibilité de mettre des répéteurs ou base virtuelle		
Récepteur (antenne) adapté à recevoir le signal	Antenne bi-fréquence accompagnée d'une radio		Antenne bi-fréquence accompagnée du moyen de transmission de la correction (modem, carte SIM, radio)		
Type d'abonnement	Pas d'abonnement, possibilité de vendre le signal	Suivant le porteur du projet de la mise en réseau	100h, 250h, 500h, 1 an illimité	Par mois ou à l'année	Par mois ou à l'année illimitée
Coût de la base	8 000€ à 15 000€	0 ou 8 000€ à 15 000€	0 ou 6 000€ pour une base virtuelle		
Coût d'abonnement	0	0 ou suivant l'organisme	Respectivement : 564€, 852€, 1164€ et 1590€		240€/mois
Autres frais	Entretien et radio 2000€	Entretien facultatif et radio	Aucun entretien, achat du modem (500€), abonnement téléphonique (35€/mois) et radio (2000€),		
Marques de récepteurs adaptées à recevoir le signal	Marque de la balise ou demander un format RTCM	Marque de la balise ou demander un format RTCM	La majorité (trimble, raven, claas, isagri, sat-plan, leica,...) sauf John Deere		
Atouts	Pas d'abonnement Déplacement de base Possibilité de vendre le signal Travail en simultanée Pas de temps d'initialisation	Regroupement pour augmenter la zone de correction Travail en simultanée Pas de temps d'initialisation	Réseau de base existant (moins sensible à la topographie, pas de limite de zone), Indépendant des marques de l'agriculture de précision (AP), compatible avec la majorité (sauf John Deere) Entretien à la charge de l'entreprise		
Contraintes	Sensible à la topographie et limité en distance Marque de matériels sur tracteur identique à celle de la base Maintenance à la charge du propriétaire de la base Positionnement absolu pas toujours possible		Abonnement (dépendance), pas de travail en simultanée sous un même abonnement Temps d'initialisation quand la transmission n'est pas par ondes radio Multiplication des transferts de correction (radio, Internet) : santé Toutes les zones ne sont pas couvertes (frais de répéteur ou base virtuelle) La transmission mobile n'est pas prioritaire par rapport à la Télécom		

En général, plus les machines agricoles sont récentes moins il y a de problèmes et cela quel que soit les applications agricoles sous GPS. Cette contrainte peut empêcher certains investissements entre deux marques ou peut faire doubler le prix du dispositif (multiplication de branchements pour installer un autoguidage de marques différentes du tracteur). Outre ces critères, le choix des systèmes de guidage va dépendre de la précision souhaitée (dépendant des applications). En effet pour qu'il ait un intérêt, ces systèmes de guidage doivent apporter une précision supérieure au guidage traditionnel. Ainsi il existe deux moyens d'augmenter cette précision :

✓ **La correction différentielle du GPS/GLONASS ou dGPS (5-30cm)** : ce sont des stations de référence terrestres espacées de plusieurs centaines de kilomètres qui transmettent la correction à l'utilisateur via les satellites de communication. Pour les agriculteurs, il existe trois corrections dGPS pour deux types de précision et dont certaines sont soumises à des abonnements (voir tableau 1).

✓ **La correction centimétrique ou RTK (Real Time Kinematic) (2-5 cm)** : la correction est transmise par des « balises » proches physiquement de l'utilisateur (maximum de 70 km) soit par ondes radio ou Internet via les mobiles. L'agriculteur peut être propriétaire de la correction par l'achat d'une « balise » ou souscrire un abonnement. Le tableau 2 présente les différents moyens pour obtenir la précision RTK. Pour valoriser ce niveau de précision, l'agriculteur doit obligatoirement investir dans un système d'autoguidage (10 000-15 000€), car le temps de réaction du chauffeur est trop long pour une précision 2cm. Il est à noter que l'obligation d'acheter une base de marque identique au système de guidage (et aux outils d'autres applications) est due à une protection commerciale du format du signal, mais il existe un format universel (RTCM) qui enlèverait cette obligation de compatibilité.

De manière générale, pour une application uniquement sur des outils de grandes largeurs (épandage, pulvérisation), tous les types de guidage sont adaptés, mais seule une correction dGPS est rentable. En effet, le gain de surface acquis par une diminution des recouvrements d'une précision gratuite dGPS à une précision RTK, ne dépasse pas 0,7%. De plus la vitesse d'avancement de ces outils ne subit pas les dérives de satellites entre deux passages. Par contre pour une application sur des outils de petites largeurs (4-6m), plus l'outil est petit et la précision élevée, plus il y a d'économie de surface (pour un outil de 4m, le gain de surface est de 5% avec une précision de 10 cm et de 6,5% pour du RTK). Ainsi en cumulant les différentes interventions d'un système de culture sous une précision, il est possible de réaliser des économies importantes (diminution des charges de mécanisation, fuel, intrants). Par exemple, sur l'exploitation de l'ALPA (96ha de terre labourée), avec un autoguidage sous SF2, le gain est de 1536€/an. En fonction des objectifs d'évolution de cette technique et des contraintes de l'exploitation (lieu, marque de matériels), il est nécessaire de s'attarder à trouver la meilleure combinaison d'investissements pour que cela soit fiable et rentable.

#### ▪ **Le binage**

Cette année, il a été réalisé une expérimentation sur maïs pour évaluer la sélectivité de systèmes de guidage pour bineuse en fonction du débit de travail, de la configuration de la parcelle (courbe) et des aléas techniques (manque au semis). Il a été comparé un système dGPS SF2 aux cellules photo-électriques. Les résultats sont à prendre avec prudence, car beaucoup de difficultés sont intervenues lors de l'essai, notamment pour le réglage de la bineuse et la prise en main du système de guidage sous dGPS. De manière générale, le système de cellules photo-électriques semble plus précis sous différentes vitesses et plus confortable à conduire (tableau 3). Cependant, il serait intéressant de refaire cette expérimentation avec un positionnement relatif du dGPS (guidage du binage par rapport aux enregistrements des lignes de semis), car le positionnement absolu demande beaucoup de concentration sur la console (recalage de la ligne de guidage).

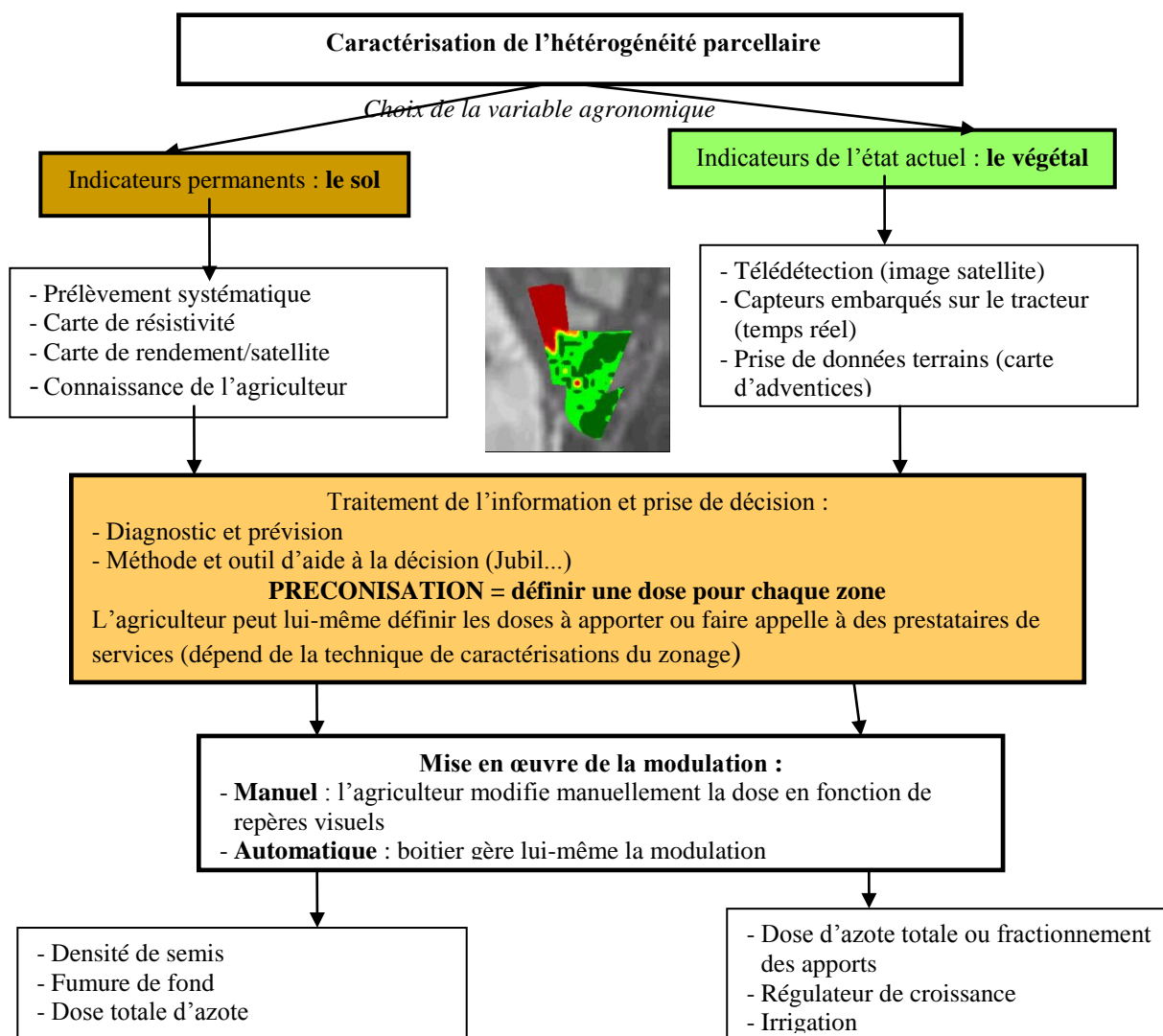
#### ▪ **La modulation intra-parcellaire**

L'agriculteur apporte une certaine dose d'intrants en fonction de l'hétérogénéité de la parcelle (figure1). La détermination de l'hétérogénéité du sol se fait principalement par des cartes de résistivités (100€/ha), car les autres demandent beaucoup de travail d'analyse.

**Tableau 3 : comparaison des systèmes de guidage expérimentés à l'ALPA**

	<b>Guidage Précizo</b>	<b>Autoguidage dGPS SF2 de John Deere</b>
<b>Indications</b>	La bineuse doit être au plus près du système de guidage Bien régler la hauteur et l'espacement des capteurs (10cm de la ligne de semis) Coût du système de guidage : 8 000 €	Semer le plus droit possible (mode courbe) La bineuse doit être au plus près du tracteur Enregistrer les lignes de passages du semis Bien équilibrer et brider la bineuse Pack autoguidage : 14000 € Activation SF2 : 1200 € Abonnement : 450 à 600 €/an
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simple à utiliser et à régler</li> <li>- Facile à prendre en main</li> <li>- Précis jusqu'à 15 km/h</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S'amortit sur plusieurs applications</li> <li>- Indépendant de l'état du sol, de la culture</li> <li>- Pas de problèmes de connections</li> <li>- (précision à évaluer avec l'enregistrement des passages de semis)</li> </ul>
<b>Inconvénients</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sol bien nivelé</li> <li>- Sensible à la poussière</li> <li>- Une seule application : le binage</li> <li>- Peu être onéreux pour une seule application</li> <li>- Régler le système dans chaque parcelle (dépendant du développement de la culture et de l'état de nivellement du sol)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demande une aisance au système informatique</li> <li>- Peu précis en positionnement absolu</li> <li>- Nécessite de la concentration et des réflexes rapides (positionnement sans les enregistrements des passages du semoir)</li> <li>- Temps d'initialisation de 40 min</li> <li>- La transmission du signal dépend de l'environnement de la parcelle (forêt, zone blanche)</li> </ul>

**Figure 1 : les étapes de la modulation intra-parcellaire**



La détermination de l'hétérogénéité du couvert végétale se fait soit en temps réel avec des capteurs embarqués sur le tracteur (N-sensor et Greenseeker, 18 000€), soit à partir de cartes obtenues par télédétection (image aérienne). Cette dernière méthode qui est la plus utilisée en France se propose sous deux formes. Soit l'agriculteur achète une carte de préconisation (type Farmstar : 10€/ha), dans ce cas il a le conseil avec la carte et peut directement l'intégrer dans le boîtier pour une modulation automatique. Soit il achète simplement une carte (ex : 10€/ha pour deux cartes de biomasse de colza), calcule les doses par zone (conseillé, méthode agronomique) et réalise une modulation manuelle. D'après des études, il est possible avec une modulation de l'azote d'augmenter de 2 à 4q/ha de blé avec des charges d'intrants identiques ou d'économiser 30€/ha pour un rendement équivalent. La rentabilité de la modulation va dépendre principalement de l'importance de l'hétérogénéité dans la parcelle. Cependant cette dernière doit être suffisamment structurée pour une application. Au niveau de cette application, il existe encore quelques freins (matériel peu adapté, affiner les méthodes de caractérisation). Des études restent à réaliser par exemple dans la relation des facteurs d'intérêts et le zonage (relation type de sol/taux de protéines) ou dans l'amélioration de la spécificité des capteurs (distinction blé/vulpin). Une caractérisation des sols de trois parcelles de l'ALPA a été effectuée afin de mettre en place des expérimentations sur l'intérêt de la modulation en pratique intégrée.

#### ▪ **La coupure de tronçon automatique**

Cette application s'utilise principalement sur les pulvérisateurs (existe aussi sur semoirs et épandeurs à engrais). Le principe est que par un enregistrement du passage de l'outil, ce dispositif permet de fermer ou d'ouvrir des tronçons automatiquement en fonction de zones déjà traitées ou non. Différents outils sont possibles pour obtenir cette application : soit l'agriculteur intègre un logiciel dans son système de guidage, soit il achète un boîtier spécifique à cette application qu'il relie au boîtier de l'outil. Le choix de l'outil et de la marque va dépendre de la compatibilité avec le pulvérisateur. Il faut compter en moyenne 2 000 à 3 000€ pour un tel dispositif, sans compter le système de guidage lorsque le logiciel est dépendant de celui-ci. L'économie en volume d'intrant va de 0,3% à 7%. Cette variation dépend de la surface de la parcelle et de sa géométrie. Ainsi plus une parcelle sera petite et de géométrie complexe, plus il y aura d'économie. Cette technique permet également de définir le volume exact à épandre dans chaque parcelle. Outre le fait de réduire l'utilisation des intrants, elle facilite les applications lors de faible visibilité (par exemple : intervention de nuit dans des conditions optimales d'applications des produits)

## **2 L'AGRICULTURE DE PRECISION EN LORRAINE (synthèse des enquêtes)**

### **2.1 Etats des lieux de l'utilisation**

Le recours à l'agriculture de précision par satellite s'explique de deux manières :

- Les agriculteurs veulent répondre par des moyens techniques aux contraintes de l'agriculture. Leurs objectifs sont d'optimiser le temps de travail et les intrants pour anticiper les contraintes liées à l'environnement et améliorer la rentabilité de l'exploitation
- L'effort commercial de ces outils a influencé leur achat (remise/promotion).

Les premiers investissements ont débuté en 1999 chez quelques agriculteurs avec la réalisation de cartes géo-référencées de rendement. Mais la majorité des investissements dans ce domaine s'est réalisé ces deux dernières années et principalement pour les systèmes de guidage.

L'ensemble des agriculteurs utilise la précision la plus faible et gratuite (SF1 et Egnos). Aucun ne souhaite payer une correction supérieure, car le coût n'est pas rentabilisé et la précision est suffisante pour leur utilisation.

Etats des lieux des applications sous une correction dGPS gratuite en LORRAINE

- **le guidage** : 500 agriculteurs ont investi dans des barres de guidage évolutives, dont certains se sont tournés vers de l'autoguidage car l'autre étant trop pénible. Ils l'utilisent pour les grandes largeurs, le travail du sol, le semis et la moissonneuse-batteuse. Les principaux avantages sont le confort de conduite (« comparable à l'arrivée de la climatisation »), une diminution de stress (chauffeurs saisonniers) et l'optimisation du temps de travail.

- **la coupure de tronçons automatique** : une trentaine d'agriculteurs est équipée par ce dispositif sur pulvérisateur. L'objectif est d'augmenter la fenêtre de travail tout en maintenant la qualité d'épandage et optimiser la largeur (économie d'intrants en limitant les recouvrements). D'après leurs observations, seule cette application (comparée au guidage) permet de faire des économies d'intrants par la diminution des recouvrements et la maîtrise du volume.
- **La modulation intra-parcellaire** : cette technique n'est pas appliquée en Lorraine, bien que certains s'y intéressent. Pour ceux-ci, ils trouvent qu'il y a un manque de connaissances techniques et économiques. D'autres pensent qu'il y a d'autres bonnes pratiques (bonne dose et au bon moment) à réaliser avant d'épandre au bon endroit.

D'après les utilisateurs, c'est l'autoguidage qui présente le plus d'avantages, par son confort et le gain de temps. Par contre le manque de rentabilité, la complexité d'utilisation (compatibilité et logiciel) semblent les principaux inconvénients. Mais aucun ne reviendrait en arrière, car le confort prime sur le tout le reste. Malgré les contraintes, ses utilisateurs voient un potentiel d'amélioration de leur métier dans cette technique, notamment dans l'utilisation des consoles.

Au niveau des entreprises, seuls Trimble, Isagri, SatPlan, Innov GPS, Claas et John Deere sont représentées en quantité en Lorraine, avec une majorité de système John Deere. Ce dernier présente des logiciels simples d'utilisation, accompagnés par une formation, mais une incompatibilité totale avec les autres marques. Tandis que les autres sont compatibles avec toutes les marques, mais pour certains il y a un gros manque de formation et de suivi d'utilisation.

## 2.2 Potentiel de développement (synthèse de l'enquête des agriculteurs « non utilisateurs »)

Bien que la technique soit innovante, les exploitants lorrains « non pratiquants » ont connaissance de cette technique. La modulation intra-parcellaire de la fertilisation et la barre de guidage sont les applications les plus attractives. Tandis que l'autoguidage est l'application qui leur paraît la moins intéressante, ce qui va à l'encontre du recul des agriculteurs « pratiquants ». Les aspects économiques et le manque de recul par rapport aux bénéfices environnementaux et économiques de cette technique sont les principaux freins à son développement. De plus, le matériel de l'agriculture de précision leur semble encore complexe, peu fiable dans le temps et sujet à trop de contraintes (compatibilité) pour justifier de tels investissements.

## CONCLUSION

D'après cette étude, la précision en agriculture concerne principalement les nouvelles technologies basées sur la localisation satellitaire. Les outils gérant le GPS, indépendamment les uns des autres permettent une multitude d'applications (coupure de tronçons automatique et guidage), dont certaines sont encore peu valorisées (modulation intra-parcellaire, carte de zones d'intérêt environnemental...). Néanmoins, le système de guidage semble le premier maillon vers un itinéraire technique totalement automatisé et précis. Les autres moyens (laser, caméra) se sont peu développés car trop spécifiques à une application.

D'après le déroulement de cette étude et les difficultés à obtenir des indications techniques, l'agriculture de précision semble encore complexe, marginale en Lorraine et sujette à certaines incertitudes. Bien que la partie technique (matériels adaptés, logiciels) soit la plus aboutie, les problèmes d'incompatibilité, la complexité des logiciels et l'incertitude sur la pérennité des outils mentionnés par les utilisateurs sont trop de contraintes pour de tel investissements. Néanmoins, d'après les témoignages et les expérimentations, cette technique peut avoir un fort intérêt économique et environnemental. Cependant ces constats sont peu connus des « non utilisateurs », ce qui montre un manque d'information à ce sujet.

Pour rendre plus abordable cette technique, il existe d'importantes marges d'évolution et dont certaines sont simples à mettre en œuvre. Outre l'aspect financier, il est possible de diminuer la complexité des outils (formations/vulgarisation, rendre compatibles les différents outils...) et favoriser le développement de références. Enfin, l'agriculture de précision paraît avoir un fort intérêt pour des aspects peu étudiés, et qui semble pourtant définir cette technique : le confort. A l'avenir, les expérimentations pourraient intégrer ce paramètre de manière plus scientifique.