

# Gestion des données d'un semoir d'expérimentation à déclenchement par GPS

Paul Bataillon<sup>1</sup>, André Gavaland<sup>1</sup>

**Résumé.** En 2008, l'Unité expérimentale d'Auzeville a acquis un nouveau semoir expérimental de précision. Pour le système de déclenchement des cycles, l'option GPS-RTK (global positioning system-real time kinematic) a été préférée au système câble avec olives, pour faciliter les chantiers de semis (rapidité d'intervention). Ce semoir innovant a été construit par ERMAS<sup>®</sup>, en partenariat avec S@t-Info<sup>®</sup>, fournisseur de la correction différentielle. En parallèle, le SIG (système d'information géographique) du Domaine a été créé : parcelles et références fixes (passages tracteurs) ont été géoréférencées, et les procédures pour gérer les expérimentations ont été établies. Lors du semis d'une plate-forme d'évaluation variétale, les positions de déclenchements par GPS-RTK du semis de chaque microparcelle sont enregistrées dans un fichier sur une clef USB. Ce fichier est ensuite directement transformé, par un logiciel créé par S@t-Info<sup>®</sup>, en couche de polygones correspondant aux microparcelles. Chaque champ d'essai semé est ainsi directement géoréférencé. Par liaison avec notre base de données (sous Dbase, format utilisé par ArcGIS), les couches sont rapidement et automatiquement renseignées avec les identifiants des microparcelles, et avec des données d'itinéraires techniques : le SIG est ainsi devenu une aide précieuse à la gestion des expérimentations menées sur le Domaine d'Auzeville : l'historique des essais et de leur conduite, couplé à une meilleure caractérisation des sols permettent d'optimiser le positionnement des expérimentations. Les informations collectées sur les essais contribuent à améliorer la connaissance du site expérimental par le géoréférencement des effets terrains révélés par la cartographie des résidus des variables mesurées.

**Mots clés :** semoir à essais, système de déclenchement, géolocalisation, plan d'essai

## Introduction

L'Unité expérimentale (UE) Grandes Cultures d'Auzeville (INRA) met en place tous les ans des dispositifs expérimentaux pour évaluer des variétés dans le cadre de programmes de recherche en génétique de l'INRA ou pour l'inscription au catalogue national des nouvelles variétés (essais de Valeur Agronomique, Technologique et Environnementale, VATE, pour le GEVES<sup>2</sup>). La mise en place de ces essais en microparcelles (10 à 20 m<sup>2</sup> suivant les espèces et les protocoles) nécessite l'utilisation d'un semoir spécial pour l'expérimentation et une organisation rigoureuse pour implanter l'essai suivant le plan expérimental préétabli : sur une même ligne de semis (passage du semoir d'un bout à l'autre du champ d'essai), de nombreuses variétés se succèdent. Le passage d'une microparcelle à la suivante et le changement de semence qui l'accompagne est réalisé en continu grâce à un dispositif complexe d'envoi des graines sur les socs semeurs avant le début d'une microparcelle puis de réaspiration des graines restantes en fin de microparcelle pour éviter tout mélange de variétés. Le déclenchement du cycle « aspiration des restes de graines » – « admission graines suivantes » doit se faire à un emplacement précis sur le terrain pour que les allées inter-microparcelles, perpendiculaires aux lignes de semis soient alignées, et délimitent bien les planches de semis (bandes de microparcelles perpendiculaires au sens du semis). Cet article présente un dispositif de déclenchement par GPS (global positioning system) qui équipe le semoir utilisé depuis 2008 à Auzeville pour l'implantation des essais des cultures de printemps, sa mise en œuvre et l'intérêt qu'il présente pour la réalisation des plans d'essais sous SIG (système d'information géographique) et l'amélioration de la connaissance du site expérimental par la cartographie des résidus (statistiques).

## Historique

Depuis sa création en 1986, l'UE d'Auzeville a utilisé, pour le semis des expérimentations en monograine un prototype conçu par J.M.Nolot<sup>3</sup> à partir d'éléments semeurs Nodet<sup>®</sup> montés sur un automoteur porte-outil Dérot<sup>®</sup>. Le déclenchement des cycles (réaspiration / admission) était actionné manuellement par le chauffeur qui se repérait

1 INRA, UE 802 Grandes Cultures d'Auzeville F-31326 Castanet -Tolosan Cedex, France ; paul.bataillon@toulouse.inra.fr

2 GEVES : groupe d'étude et de contrôle des variétés et des semences.

3 Responsable de l'antenne expérimentale de 1984 à 1990, puis Directeur de l'UE d'Auzeville de 1991 à 2009.

à un marquage au sol (au plâtre) des lignes de milieux d'allées. Ces lignes matérialisaient les limites des planches de semis.

En 2008, l'UE d'Auzeville a fait l'acquisition d'un nouveau semoir expérimental de précision pour les expérimentations tournesol, soja et sorgho (semoir à 6 rangs écartés de 50 cm). Pour automatiser le déclenchement des cycles, le système GPS-RTK (global positioning system-real time kinematic) a été préféré au système câble qui équipe la plupart des semoirs à microparcelles. (Le semoir sème le long d'un câble sur lequel sont soudées des olives, à intervalles réguliers correspondant à la longueur de parcelle ; le passage des olives dans un dispositif (fourchette) fixé latéralement au semoir déclenche le cycle). Le semoir innovant a été réalisé par la Société ERMAS® par adaptation d'un semoir Kuhn® (type maxima), et en partenariat avec S@t-Info® qui a adapté le système de déclenchement par GPS. S@t-Info® en a profité pour installer sur le Centre INRA d'Auzeville une antenne qui lui permet de fournir la correction différentielle RTK du signal GPS dans un rayon de 25 km autour d'Auzeville. Cette correction permet également d'obtenir la précision centimétrique pour toutes les autres applications du GPS : arpentage, autoguidage de tracteurs, géolocalisation des données d'un capteur de rendement embarqué sur machine de récolte.

En 2009, le SIG a été mis en place sur l'UE d'Auzeville par Milène Legalle, stagiaire Master Géomatique SIGMA<sup>4</sup> : les parcelles du Domaine expérimental et les références fixes (passages tracteurs pour traitements phytosanitaires et épandage d'engrais (tous les 12 m), passages de rampe d'irrigation (tous les 48 m) ont été géoréférencées, et des procédures pour gérer sous SIG les expérimentations ont été établies.

## Le semis de la plate-forme expérimentale

### Réglage de la position de l'antenne

La position de l'antenne GPS est réglée pour tenir compte de l'absence de semis pendant le temps programmé pour la réaspiration du fond de cuve des éléments semeurs, couplé à la vitesse du semoir, et pendant la prise en charge des grains sur le disque semeur (fonction de la densité de semis, et du nombre de trous du disque). Sans ce réglage, les allées (zones non semées correspondant à la réaspiration du fond de cuve et à la prise en charge des graines) seraient décalées en quinconce. L'antenne est donc positionnée précisément sur une mire graduée (depuis l'élément semeur, vers le tracteur) placée sur l'axe médian du tracteur, comme le montre la **Figure 1**.

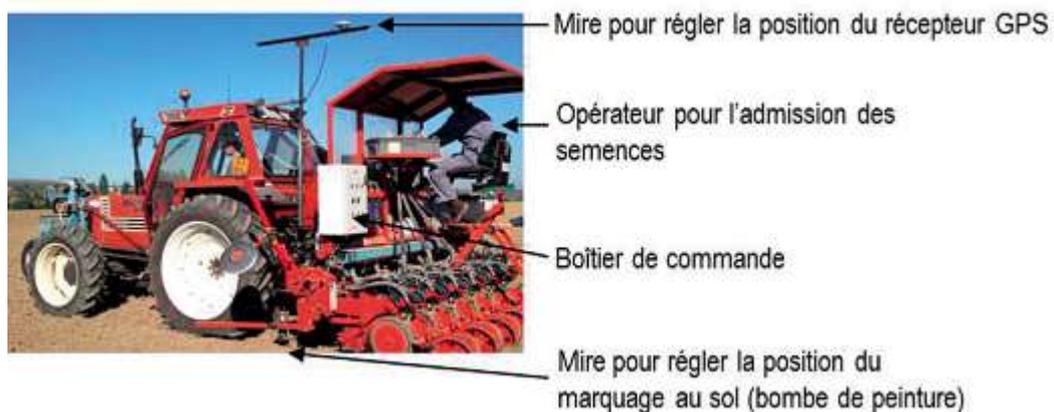


Figure 1. Présentation du semoir attelé au tracteur.

### Le semis de la plate-forme

La longueur de parcelle, X, est déterminée par une instruction stockée sur une clef USB qui est connectée au boîtier de programmation du semoir. On peut ainsi choisir une longueur de parcelle entre 3 m et 12 m.

4 SIGMA : Science de l'Information Géoréférencée pour la Maîtrise de l'environnement et l'Aménagement des territoires, Master 2 professionnel géomatique, Université de Toulouse.

Tout chantier de semis commence par l'initialisation d'une ligne de référence. On matérialise cette ligne en mettant en place quelques jalons, un premier au point de départ et les suivants sur l'axe que doit suivre le tracteur. Sur cette ligne de référence les déclenchements s'opèrent par GPS-RTK tous les X mètres. Après la dernière planche semée, l'opérateur signale « fin de ligne » au boîtier de commande en actionnant un interrupteur électrique. Pendant les allers retours successifs du semoir, les déclenchements vont s'opérer sur des lignes perpendiculaires à cette ligne de référence et passant par les points d'initialisation, donc espacées de X mètres.

Quand on le souhaite, les déclenchements peuvent être couplés à un marquage au sol automatique réalisé par une bombe de peinture, positionnée sur une mire graduée (**Figure 1**). Ces marques de peinture permettent de planter des jalons et de positionner les milieux d'allées.

Pendant le semis de la plate-forme expérimentale, les positions des déclenchements par GPS-RTK du semis de chaque microparcelle sont enregistrées dans un fichier texte sur la clé USB ; (ces points correspondent donc au milieu de l'allée – changement de parcelle – et sur l'axe du semoir). La **Figure 2** illustre la projection sur SIG des points de déclenchement de semis de la plate-forme sorgho semée en 2013 constituée de 15 lignes de semis sur 18 planches de 7 m de longueur : l'initialisation de la ligne de référence (qui sert également à vérifier le bon fonctionnement du semoir) a été faite sur la ligne centrale (en rouge, référence du passage de la rampe d'irrigation), puis le semis a été réalisé de part et d'autre de cette ligne.

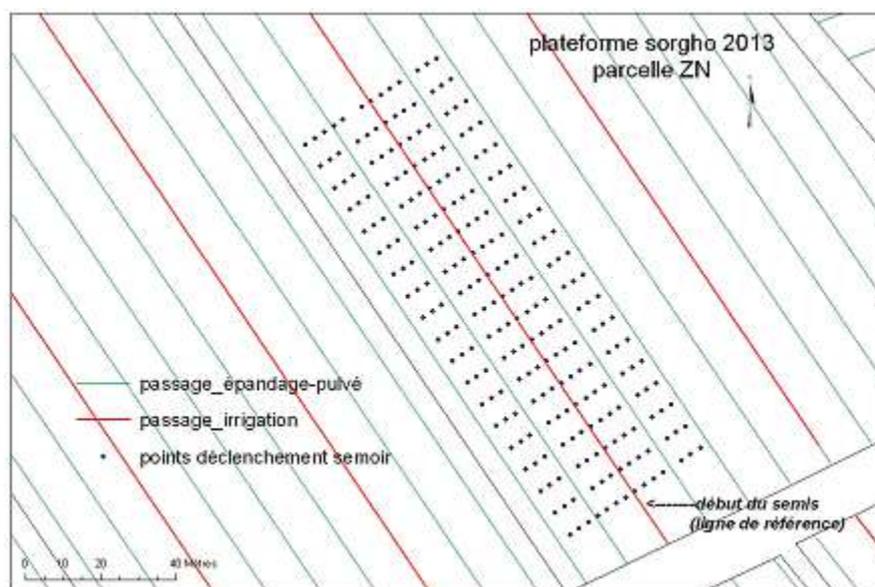


Figure 2. Informations stockées suite au semis d'une plate-forme : les points de déclenchement.

## La récupération du plan de la plate-forme géoréférencée

Le fichier des points de déclenchement est directement transformé, par le logiciel RTK St@rt créé par S@t-Info®, en couche de polygones : sur ce logiciel, on renseigne la largeur de parcelle (3 m avec la configuration du semoir Ermas), le sens de semis est calculé par le logiciel, et ainsi chaque point de déclenchement est transformé en un polygone correspondant à une microparcelle (allée et interparcelle incluses). **La position de chaque champ d'essai semé est ainsi instantanément géoréférencée** sur le parcellaire du Domaine, comme le montre la **Figure 3**.

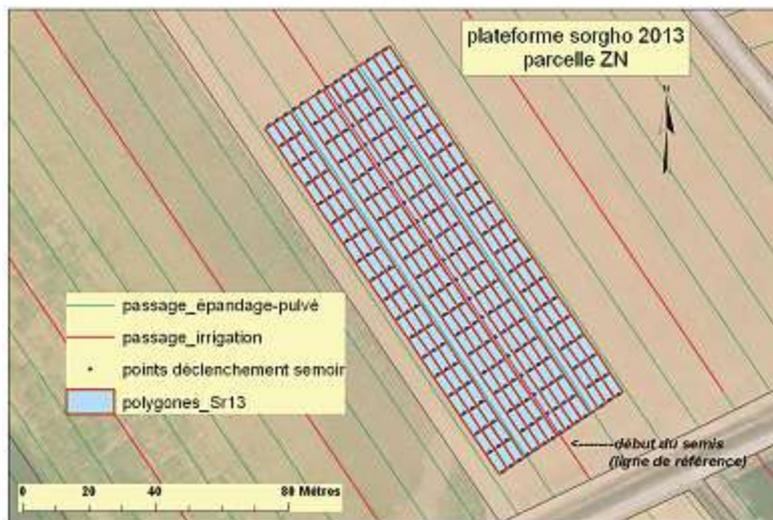


Figure 3. Couche SIG des polygones correspondant à la plate-forme.

## Le renseignement de la couche SIG avec les données attributaires

Ces données sont de différentes natures, et peuvent être renseignées dès le semis de la plate-forme (identifiants, **Figure 4**) ou au fur et à mesure de l'acquisition des variables. Elles servent à effectuer des représentations symboliques des plate-formes (**Figure 5**), à mémoriser de façon précise les différents itinéraires techniques appliqués à la plate-forme (par exemple deux conduites fertilisation azotée) pour pouvoir gérer les arrières effets durant la campagne suivante. Elles permettent également de diagnostiquer d'éventuels effets terrains par la cartographie des résidus statistiques des variables mesurées (**Figure 6**).

### Les identifiants

Renseigner les identifiants constitue le point de départ de toute expérimentation attachée à un protocole. Dans le cadre de nos essais variétaux regroupés en plate-forme d'essais, ils constituent la charpente de la base de données de chaque plate-forme. Ces identifiants sont de trois natures :

- coordonnées des microparcelles (N° de planche de semis, N° de ligne de semis),
- intitulés du (des) protocole(s), numéros des différents facteurs contrôlés (bloc, sous-bloc),
- modalités des facteurs étudiés (géotypes, densité de semis, dose d'azote, nombre de traitements fongicides, dose d'irrigation, etc).

### Les variables mesurées

Toute variable notée ou mesurée à l'échelle de la microparcelle peut être intégrée dans le SIG en vue d'une cartographie, par représentation symbolique par catégorie. La plupart des protocoles en expérimentation variétale ayant des répétitions, ce sont le plus souvent les résidus<sup>5</sup> des variables qui sont représentés, ce qui permet de cartographier directement d'éventuels effets terrain.

### Les différentes méthodes pour renseigner les données attributaires

Concernant les identifiants N° de planche et N° de ligne de semis, il n'y a pas d'automatisation possible : nous effectuons cette saisie directement sur SIG, en sélectionnant l'une après l'autre les différentes planches de semis puis les différentes lignes de semis et en leur affectant la bonne valeur. Puis, nous créons le champ issu de la

5 Résidu : pour une microparcelle et une variété données, écart entre la valeur de la variable et la moyenne de cette variable sur les différentes répétitions de la variété.

concaténation Planche\_Ligne, qui servira de « champ de jointure », champ commun avec les fichiers de la base de données.

Pour tous les autres identifiants et les variables mesurées (ou leurs résidus), on les intègre dans les tables attributaires du SIG en réalisant une jointure sur le champ « Planche\_Ligne ». Cette procédure est automatique depuis notre base de données expérimentales au format dBase dont les tables sont des fichiers .dbf, format également utilisé par ArcGIS. Les niveaux de certains facteurs étudiés – traitement fongicide, azote ou irrigation – sont renseignés directement sur SIG par sélection des zones concernées quand ils ne sont pas dans la base de données.

DAYS	P.L.	REP	VARIETE	PLANCHE	BLOC	SOBLON	LIGNE	ESSE	BIMANAR	Shape_Length	Shape_Area
19	10,8	103	1	18	3	1	0	0	00 Arho	20.00274	-21.00926
20	11,8	120	4	17	3	2	0	2	Fuego 05	18.94662	-20.92179
21	10,8	121	5	18	3	2	0	2	Ed Joran	20.01165	-21.02823
22	10,8	120	11	18	3	2	0	2	BAG 233	18.98138	-20.97201
23	14,8	119	8	14	3	2	0	2	Aragn	20.02141	-21.13654
24	12,8	110	13	13	1	3	0	2	BAG 301	18.94625	-20.92355
25	12,8	117	8	12	1	2	0	2	Bagno	20.00110	-21.01411
26	11,8	171	1	11	3	0	0	0	00 Arho	20.00180	-21.00780
27	10,8	93	24	13	3	2	0	1	DGRI 2-341	20.01404	-21.02952
28	10,8	52	11	8	3	2	0	1	E5 Forny	20.00813	-21.00052
29	10,8	51	16	8	3	2	0	1	Dagay	20.01149	-21.01758
30	10,8	80	7	7	2	2	0	1	Arak	19.99982	-20.99933
31	10,8	40	25	6	2	2	0	1	BAG 1325	20.00604	-21.00192
32	10,8	40	4	5	2	2	0	1	E5 Arak	18.99624	-20.99901
33	10,8	47	26	4	1	2	0	1	BAG 325	20.00122	-21.00271
34	10,8	40	1	3	1	2	0	1	Arak	20.00982	-21.00834
35	10,8	45	1	2	1	2	0	1	Buray	18.97325	-20.96047
36	10,8	150	1	1	1	0	0	0	00 Arho	18.99307	-20.99693
37	12,8	100	1	1	1	0	10	0	00 Arho	20.00740	-21.00810
38	12,8	88	21	2	1	3	10	1	BAG 322	18.92201	-20.98908
39	12,8	55	6	3	1	3	10	1	Aragn	20.01271	-21.00257
40	12,8	50	27	4	1	3	10	1	E5 Arak	20.01734	-21.11048
41	12,8	93	12	3	2	3	10	1	Arak	20.00825	-21.00924

Figure 4. La table attributaire complétée avec les identifiants, suite à une « jointure » sur le champ Planche\_Ligne.

## Exemple de représentation symbolique de la plate-forme

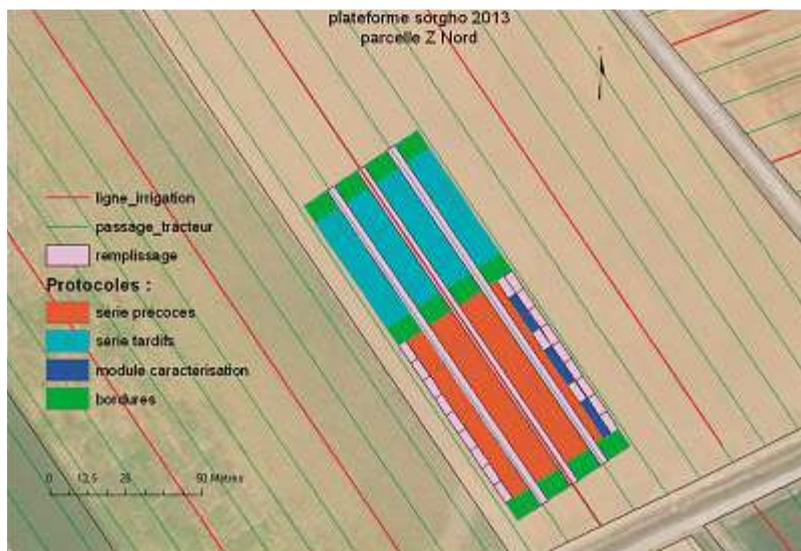


Figure 5. Représentation symbolique de la plate-forme Sorgho par protocole (n° essai).

## Exemple de cartographie des résidus de variable



Figure 6. Représentation des résidus de la variable Date d'Épiaison sur la plate-forme Sorgho.

La Figure 6 présente les résidus de la variable 'Date d'Épiaison'. Ces écarts sont exprimés en proportion de l'écart type résiduel de la variable qui était ici de 0,5 jour à l'échelle de la plate-forme. ++ signifie donc un écart à l'épiaison de  $2 \times 0,5 = 1$  jour plus tardif que la moyenne de la variété, PPP un écart supérieur à  $3,5 \times 0,5 = 1,75$  jours. Cette cartographie révèle un secteur plus tardif partie gauche de l'essai 'série Tardifs', correspondant en fait à une zone plus enherbée qui a freiné le développement des sorghos.

Dans la plupart des cas, la cartographie des résidus de variables va révéler des « effets terrains », qui seront ainsi directement géoréférencés, et qui vont concourir à améliorer notre connaissance de l'hétérogénéité des parcelles. D'autres sources d'informations sont à notre disposition, comme les mesures de résistivité électrique du sol (Séger et al., 2014) et les cartes de rendement agricole des années où la parcelle est en homogénéisation (sans essai).

## Conclusion

L'utilisation sur le Domaine d'Auzeville depuis 2008 d'un semoir à microparcelles à déclenchement par GPS-RTK a permis de simplifier le travail de jalonnage et de traçage au sol préalable à l'implantation des essais. Le géoréférencement de l'essai est réalisé pendant le semis par la géolocalisation des points de déclenchement du semoir. Ces données sont ensuite traitées sur ordinateur pour i) générer le plan de l'essai avec le module RTK St@rt de S@t-Info® et le récupérer dans le SIG ii) cartographier les données de l'essai avec des représentations symboliques iii) analyser les résidus statistiques des rendements des microparcelles et de ce fait enrichir notre connaissance des hétérogénéités du site expérimental. L'ensemble de ces actions s'inscrit dans la démarche engagée à l'UE d'Auzeville qui vise à mettre les outils de l'agriculture de précision (GPS, SIG) au service de l'expérimentation de précision.

## Références bibliographiques

Legalle M (2009) Mise en place d'un SIG au Domaine expérimental d'Auzeville, Centre INRA de Toulouse. Université de Toulouse le Mirail. Master 2 professionnel géomatique « Science de l'information géoréférencée pour la maîtrise de l'environnement et l'aménagement des territoires » (SIGMA). Stage soutenu le 16 septembre 2009. INRA, Domaine expérimental Grandes cultures, Auzeville. 54 p. + annexes.

Séger M, Giot G, Pasquier C, Courtemanche P, Bourennane H, Ubertosi M, Nicoulaud B, Cousin I (2014) La mesure de résistivité électrique : un outil d'aide à la cartographie des sols. L'exemple de L'Unité expérimentale d'Epoisses. *Le Cahier des Techniques de l'INRA*, N° spécial GéoExpé, pp. 117-122.

