

Végéphy – 24^e CONFÉRENCE DU COLUMA
JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
ORLÉANS – 3, 4 et 5 DÉCEMBRE 2019

ETUDE DE L'INTEGRATION DU DESHERBAGE MECANIQUE EN CEREALES A PAILLE

L. BONIN ⁽¹⁾, L. GAUTELLIER VIZIOZ ⁽²⁾

⁽¹⁾ ARVALIS - Institut du végétal
Station Expérimentale Lyon Innov
241, route de Chapulay – 69330 PUSIGNAN
l.bonin@arvalis.fr

⁽²⁾ ARVALIS - Institut du végétal
Station Expérimentale - 91720 BOIGNEVILLE
l.gautellier@arvalis.fr

RÉSUMÉ

Le désherbage mécanique est considéré comme une alternative crédible aux herbicides, dans un certain nombre de situations. En cultures de printemps, ces pratiques sont assez répandues mais restent compliquées pour les céréales d'hiver du fait de conditions climatiques difficilement compatibles avec l'efficacité des outils. Cet article présente deux essais menés par ARVALIS, avec introduction de binage en sortie d'hiver, sur blé, en complément de désherbage d'automne. Les efficacités, rendement et impact sur les gaz à effets de serre sont présentés dans cet article. Les stratégies mixtes, intégrant le désherbage mécanique ne dégradent pas l'efficacité finale, ni le rendement de la culture. En revanche, l'intérêt de telles stratégies est variable compte tenu de la faible plus-value apportée.

Mots-clés : Céréales, binage, efficacité, rendement, stratégies.

ABSTRACT

STUDY OF INTEGRATION OF MECHANICAL WEEDING IN CEREALS

Mechanical weeding is considered a credible alternative to herbicides in many situations. In spring cropping systems, these methods are quite widespread but remain complicated for winter cereals due to climatic conditions that are not compatible with the efficiency of these tools. This article presents two trials led by ARVALIS, with the introduction of hoeing at the end of winter, on wheat, in addition to autumn herbicides. Efficiencies, yields and impact on greenhouse gases are presented in the article. Mixed strategies, integrating mechanical weed control, do not lower the final efficiency or crop yield. On the other hand, the interest of such strategies is variable given the low value provided.

Keywords: Cereals, hoeing, efficacy, yield, strategies.

INTRODUCTION

Le désherbage mécanique est aujourd'hui bien connu et maîtrisé par les agriculteurs en agriculture biologique comme en conventionnelle (Agreste 2017). Il est vrai que le désherbage mécanique est plus largement pratiqué en cultures de printemps, qu'en cultures d'automne. Les chiffres montrent d'ailleurs une proportion non négligeable (entre 15 et 30%) des surfaces désherbées mécaniquement en tournesol ou maïs par exemple. En revanche, sur cultures d'automne et *a fortiori* sur céréales à paille, le désherbage mécanique reste peu pratiqué, avec 2 à 4 % des surfaces désherbées mécaniquement selon les années (Agreste, 2017 ; Agreste, 2014). Les conditions climatiques de l'automne et de l'hiver sont en effet peu favorables à l'efficacité des passages et expliquent en partie la non adoption généralisée du désherbage mécanique (Bonin *et al*, 2010 ; Pottier *et al.*, 2012). A cela s'ajoute des craintes, parfois justifiées, de pertes de sélectivité de ces passages avec un impact sur le rendement de la culture (Bonin L. et Citron G., 2010). Néanmoins, le contexte actuel, avec les restrictions d'utilisation des herbicides et la demande sociétale d'une moindre dépendance aux produits de protection des plantes, pousse à investiguer les stratégies intégrant du désherbage mécanique. L'objectif de nos expérimentations était d'étudier l'efficacité, l'impact sur le rendement, et les conséquences sur les gaz à effet de serre (G.E.S.) de stratégies de désherbage mixte dans le blé tendre d'hiver.

MATERIEL ET MÉTHODE

Deux essais incluant du désherbage mécanique ont été mis en place par ARVALIS-institut du végétal, sur la station de Boigneville (91), en 2017 et 2018. Ces essais sont implantés en parcelles suffisamment larges et longues afin d'être cohérentes avec le matériel de semis et de binage utilisé. Ainsi, les dimensions des parcelles élémentaires sont les suivantes : 6 m × 15 m. Ces dimensions sont également essentielles afin d'utiliser la bineuse dans les meilleures conditions possibles (vitesse du tracteur, système de guidage). Le semoir utilisé est un semoir à céréales classique. Quant à la bineuse, il s'agit d'un modèle autoguidé à caméra, de 3 m de large, avec des inter-rangs de 15 cm (Garford Robocrop). Cette bineuse est équipée de socs patte d'oie, travaillant l'inter-rang sur 9 cm de largeur. Les dispositifs expérimentaux sont de type Factoriel-Bloc, avec 3 répétitions avec témoins inclus. La parcelle choisie est également suffisamment dense en adventices afin de réaliser les comptages et valider les efficacités. Les comptages initiaux, en culture sont réalisés en sortie d'hiver (janvier-février), à l'aide d'un dénombrement au quadrat de 0.25 m², lancé 4 fois dans 8 témoins non traités. Les essais sont réalisés conformément aux modes opératoires en vigueur au sein de l'institut, dans le cadre des Bonnes Pratiques Expérimentales.

Les traitements herbicides sont réalisés avec un pulvérisateur sur brouette de type "PULVELEC" équipé de buses à fente, à une pression de 2 bars à la buse, pour un volume compris entre 200 et 220 l/ha.

Les notations visuelles d'efficacité sont réalisées à l'épiaison (Stade BBCH 55) pour les graminées. L'évaluation visuelle de l'efficacité en % est basée sur la réduction de biovolume de l'adventice considérée par rapport au biovolume de celle-ci dans le témoin contiguë à la parcelle traitée (0 : le biovolume est identique au témoin, 100% l'adventice est totalement détruite) selon la méthode ARVALIS-Institut du Végétal détaillée dans le tableau I ci-dessous.

Les éventuelles phytotoxicités sont observées et notées selon une échelle variant de 0 à 10 (0 : aucune phytotoxicité - 3 : limite acceptable - 10 : destruction de la culture). Ces notations seront précisées dans l'article si elles ont été identifiées dans les essais.

Tableau I : Echelle de notation de l'efficacité et de la sélectivité du désherbage
(Efficacy and selectivity scale)

% de réduction du biovolume	EFFET DU PRODUIT SUR LA REDUCTION DU BIOVOLUME (EFFICACITE)	NOTE	EFFET DU TRAITEMENT SUR LA CULTURE (SELECTIVITE)
0%	le biovolume de l'adventice est identique au témoin	0	pas d'effet, aucun symptôme visuel n'est visible
10%		1	un léger effet est perceptible sans que cela soit directement imputable au traitement (chimique ou mécanique)
20%	le biovolume de l'adventice est réduit de 20% par rapport au témoin	2	un léger effet est parfaitement visible et l'expérimentateur est sûr que les symptômes observés sont en rapport avec le traitement. Néanmoins, au moment de la notation, on estime que cela n'entraînera pas une perte de rendement
30%		3	effet plus marqué du traitement. L'expérimentateur estime que les symptômes observés peuvent, si les conditions de développement de la culture sont défavorables, entraîner une légère chute de rendement. En revanche, si la culture bénéficie de conditions favorables, l'effet peut disparaître en cours de végétation.
40%		4	l'effet est important et entraînera des pertes de rendement
50%	le biovolume de l'adventice est réduit de 50% par rapport au témoin	5	effet de plus en plus marqué et graduel pour aller jusqu'à la note de 10
60%		6	
70%	le biovolume de l'adventice est réduit de 70% par rapport au témoin	7	
80%		8	
90%		9	
100%	l'adventice est totalement détruite	10	culture détruite

Les variétés de blé tendre utilisées sont représentatives des pratiques locales (Rebelde et Fructidor). Les facteurs étudiés sont les modalités de désherbage, en lien avec le contexte floristique des parcelles – en l'occurrence une forte présence de ray grass (*Lolium sp.*). Les modalités herbicides sont de deux types : désherbage d'automne « haut de gamme », afin de lutter efficacement contre les graminées (base prélevée PUIS postlevée précoce), et désherbage d'automne en postlevée précoce seule (désherbage moins intense permettant de valider l'intérêt d'un complément mécanique). Le désherbage mécanique (binage en sortie d'hiver) vient en complément de ces modalités, avec plusieurs niveaux d'intensification : 0 binage, 1 binage et plusieurs binages (≥ 2). Pour cette dernière modalité, le nombre de binage dépend des conditions climatiques et de la nécessité de celui-ci. Ainsi, 2 passages ont été réalisés en 2017 et 3 passages en 2018. Au total, ce sont 7 modalités qui sont étudiées dans ces essais (tableau II).

Tableau II : Modalités mises en place en 2017 et 2018.
(Modalities implemented in 2017 and 2018)

	Modalités herbicides	Complément binage en sortie d'hiver
1	TROOPER 2.5L en prélevée puis DEFI 3L + CARAT 0.6L, 1-2F	2 à 3 binages (selon années)
2	TROOPER 2.5L en prélevée puis DEFI 3L + CARAT 0.6L, 1-2F	1 binage
3	TROOPER 2.5L en prélevée puis DEFI 3L + CARAT 0.6L, 1-2F	-
4	DAIKO 2.25L + FOSBURI 0.6L + ACTIROB B 1L, 1-2F	2 à 3 binages (selon années)
5	DAIKO 2.25L + FOSBURI 0.6L + ACTIROB B 1L, 1-2F	1 binage
6	DAIKO 2.25L + FOSBURI 0.6L + ACTIROB B 1L	-
7	Témoin Non Traité (TNT)	-

La conduite des parcelles (date et densité de semis, fertilisation, protection fongicide et insecticide) était non limitante, conforme aux préconisations régionales d'ARVALIS-Institut du végétal et adaptée au potentiel du site. Les caractéristiques des 2 essais (date de semis, variété, fertilisation, dates de passages) sont détaillées dans le tableau III ci-dessous.

Tableau III : Détails des essais mis en place en 2017 et 2018.
(Details of the trials implemented in 2017 and 2018)

Essai	Date de semis	Variété	Travail du sol	Densités des ray grass (en pl/m ²)	Date des binages	dates interventions herbicides
Boigneville 2017	03/11/2016	Rebelde	Superficiel	157	15/03/2017* 29/03/2017	Prélevée le 4/11/2016 1F le 6/12/2106
Boigneville 2018	20/10/2017	Fructidor	Superficiel	175	21/03/2018** 20/04/2018* 25/04/2018	Prélevée le 25/10/2017 1F le 9/11/2017

* : dates de passages des modalités à 1 seul passage de bineuse.

** : ce 1^{er} passage de bineuse en 2018 a été complété par un passage d'herse étrille, le même jour (émiettement des mottes).

Efficacité, rendement et GES

Les efficacités sont déterminées visuellement en comparaison au témoin non désherbé de l'essai selon la méthodologie expérimentale classiquement utilisée en essais (notations en pourcentage (%) d'efficacité). Les rendements sont exprimés en quintaux par hectare, ramenés à 15 % d'humidité du grain.

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel Expé-R et sont essentiellement des comparaisons de moyennes et ANOVA (ANALYSIS OF VARIANCE). Le seuil de significativité est 5% pour l'ensemble des analyses (seuil de première espèce).

L'analyse des G.E.S. est réalisée à partir de l'outil en ligne EGES (EGES, 2016), en comparant les modalités entre elles. Les données herbicides n'étant pas détaillées, elles ont été regroupées, afin de ne garder que les modalités TNT, 0 passage, 1 passage et multiples passages de bineuse. Toutes les autres opérations en cultures sont égales par ailleurs. Les sorties seront exprimées en kg équivalent CO₂.ha⁻¹ et kg équivalent CO₂.t⁻¹ de matière sèche.

RESULTATS

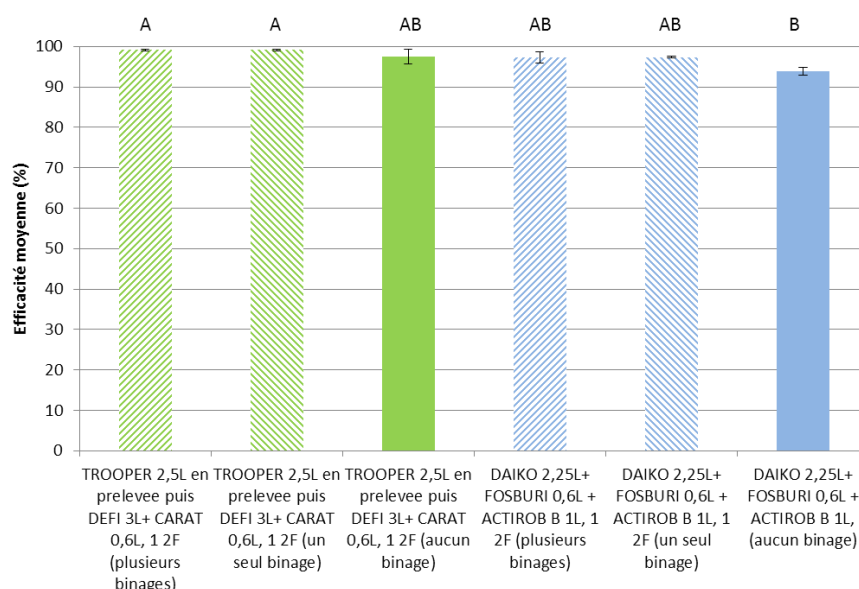
EFFICACITES

Les efficacités observées sont très bonnes avec toutes les modalités, incluant du binage ou non, supérieures à 90% en moyenne (figure 1). Pour chaque modalité, l'influence du binage, et de sa fréquence, est limitée, avec un gain compris entre 1.5 et 4 points d'efficacité, non différent statistiquement au sein de chaque programme herbicide.

L'influence du binage est visible sur le programme moins performant (Daiko 2.25 l + Fosburi 0.6 l + Huile Actirob B 1 l), avec des densités résiduelles de ray grass plus importantes, avec un gain de 4 points. Cependant, cet écart n'est pas statistiquement différent. Par ailleurs, cette modalité moins « solide » complétée par 1 binage est au niveau d'efficacité du programme solide (prélevée puis postlevée précoce) sans binage.

Aucun symptôme de phytotoxicité rédhibitoire d’herbicide n’a été observé, ni même de manque de sélectivité des passages de bineuse.

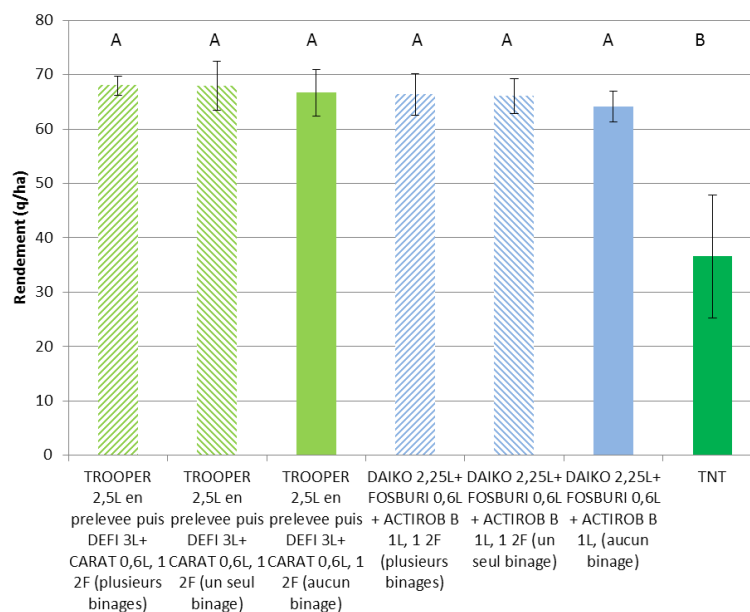
Figure 1 : Efficacité moyenne en fonction des stratégies étudiées
(Average efficacy of studied strategies)



RENDEMENTS

Les rendements moyens mesurés sont corrélés aux efficacités observées : plus le programme mis en œuvre est efficace – incluant notamment le binage – plus le rendement est important (figure 2). La différence avec le témoin non traité est nette et significative, avec un gain pour les stratégies étudiées, allant de +27.6 à +31.4 q/ha. La différence entre stratégies étudiées n’est pas significative.

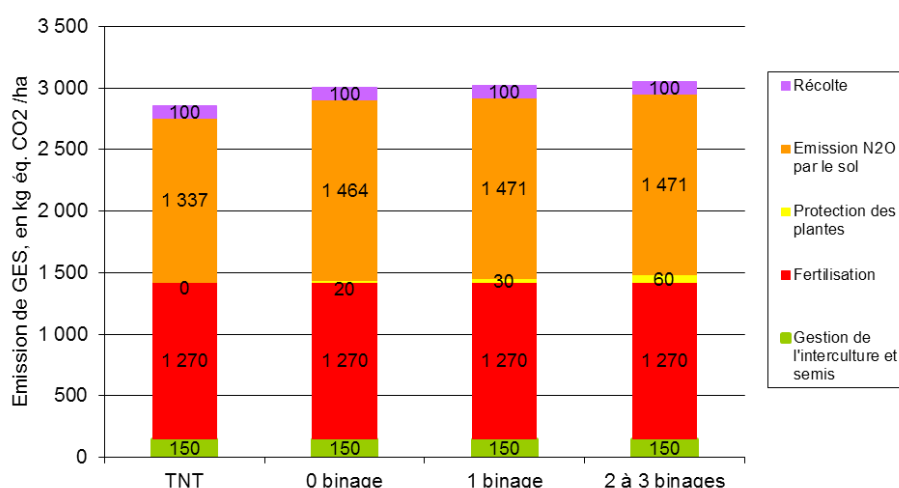
Figure 2 : Rendements moyens mesurés en fonction des stratégies étudiées
(Average yields of studied strategies)



GAZ A EFFET DE SERRE (G.E.S.)

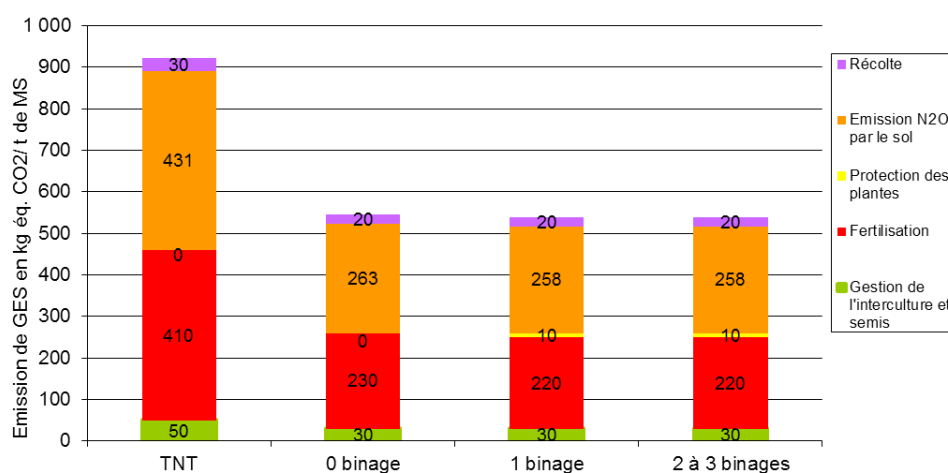
Les calculs de G.E.S. ont été réalisés sous EGES (EGES, 2016), qui est un outil simplifié de calcul du bilan énergie et G.E.S.. Les résultats, en kg équivalent $\text{CO}_2 \text{ ha}^{-1}$, mettent en évidence un impact très faible du nombre de binages ou des programmes herbicides (figure 3). Ceux-ci, regroupés dans la partie « protection des plantes » n'augmentent que de 40 kg éq $\text{CO}_2 \text{ ha}^{-1}$, par rapport à la modalité sans binage. La majeure partie des G.E.S. proviennent de la fertilisation et des émissions de NO_2 (Gac A. *et al.*, 2011). D'ailleurs, pour cette dernière catégorie, les binages successifs (1 ou bien 2 à 3) augmentent légèrement les émissions de NO_2 (+ 7 kg éq. $\text{CO}_2 \text{ ha}^{-1}$).

Figure 3 : Emission de gaz à effet de serre, en kg équivalent $\text{CO}_2 \text{ ha}^{-1}$
(Emission of greenhouse gases, in kg CO_2 equivalent ha^{-1})



Il en est de même, en transformant ces émissions de G.E.S., en tenant compte de la production (figure 4). Logiquement, le témoin non traité, avec un niveau de rendement faible, et la même fertilisation que les parcelles désherbées est défavorisé, avec des émissions proches de 900 kg éq. $\text{CO}_2 \text{ t}^{-1}$ de Matière Sèche (M.S.). Les autres modalités sont très proches, et le désherbage mécanique influence peu ces émissions, d'autant plus que le rendement est légèrement supérieur dans ces modalités désherbées mécaniquement, ce qui améliore le ratio.

Figure 4 : Emission de gaz à effet de serre, en kg équivalent $\text{CO}_2 \text{ t}^{-1}$ de M.S.
(Emission of greenhouse gases, in kg CO_2 equivalent t^{-1} Dry Matter)



DISCUSSION

Dans ces 2 essais, nous avons montré que le désherbage mécanique, en l'occurrence du binage en sortie d'hiver, pouvait améliorer l'efficacité des modalités herbicides d'automne. Le gain, même non significatif, se mesure plus facilement lorsque le programme herbicide n'est pas haut de gamme. Par ailleurs, avec une base de désherbage à l'automne, il est possible de compléter le niveau d'efficacité avec un binage en sortie d'hiver. Ce type de stratégie peut arriver à compenser une application d'automne (la prélevée ou la postlevée précoce). Il convient toutefois d'être prudent sur ce raisonnement, nombres d'essais ayant montrés des difficultés à substituer le désherbage chimique conventionnel (Gasquez, 2010 ; Bonin et al., 2010).

L'autre enseignement de ces essais, est la possibilité de biner, avec un écartement réduit (15 cm) des céréales, sans pertes de rendements dues au passage de la bineuse. Il est toutefois difficile d'exclure cette hypothèse car les efficacités étant meilleures avec les passages multiples, la moindre concurrence des adventices a peut être masquer une perte de sélectivité due à la bineuse.

Les émissions de G.E.S. sont finalement très faibles, avec le binage, en proportion des émissions liées à la fertilisation et aux émissions de NO₂ du sol. Il y a, certes, un supplément de consommation de carburant, mais qui peut être très facilement compensé par une adaptation de la fertilisation, qui aura beaucoup plus de poids dans les émissions de G.E.S.. Les temps de travaux et les bilans économiques ne sont pas calculés dans EGES, mais une reprise de ces données, avec un autre outil de diagnostic permettrait de quantifier l'impact économique et le surplus de temps, avec les binages. Ce dernier point est d'ailleurs évoqué par les agriculteurs, avec des temps moyens de 0.5 h/ha pour 1 passage de bineuse (ITAB, 2012). Cela dépend bien entendu de l'outil, de la vitesse de passage, etc... mais une stratégie incluant 2 passages de bineuse aura un impact temps de 1 h/ha minimum. Ceci est non négligeable d'autant plus que les passages en sortie d'hiver seront en concurrence avec d'autres opérations (semis de cultures de printemps, etc...), notamment si le nombre de jours disponibles est limité.

En conclusion, la combinaison de désherbage chimique et mécanique apporte un niveau d'efficacité proche, voire légèrement supérieur à la situation de référence, notamment du fait des bons niveaux d'efficacité des herbicides. Les niveaux de rendement sont équivalents voire légèrement supérieurs. L'intérêt du binage en sortie d'hiver est réel à condition d'être équipé de matériel performant (guidage) afin d'augmenter les débits de chantier, et d'avoir une base de désherbage d'automne qui assure un niveau suffisant d'efficacité.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les équipes d'ARVALIS-Institut du Végétal pour la mise en place, le suivi et les notations des essais de désherbage mécanique.

BIBLIOGRAPHIE

Agreste, 2014. Les Dossiers N° 21 - JUILLET 2014

Agreste. 2017. Chiffres et Données - Série Agriculture n° 239 octobre 2017

Bonin L. et Citron G. 2010. Binage du blé tendre : efficacité et sélectivité in XXIème Conférence du COLUMA, Journées Internationales de la Lutte contre les Mauvaises Herbes. AFPP.

Bonin L., Deswarte J.C., Lieven J., Royer C. and Muchembled C. 2010. Quelle efficacité attendre du désherbage mécanique? *Perspectives Agricoles* 369, 20-28.

Gac A., Cariolle M., Deltour L., Dollé J.B., Espagnol S., Flénet F., Guingand N., Lagadec S., Le Gall A., Lellahi A., Malaval C., Ponchant P., Tailleur A. 2011. GEST'IL, des apports pour l'évaluation environnementale des activités agricoles. *Innovations Agronomiques*. Vol 17. 83-94.

Gasquez J. 2010 – Mieux gérer les résistances au plus vite et par tous les moyens. *Perspectives Agricoles* 371, 38-42.

ITAB. 2012. Brochure « Désherber mécaniquement les grandes cultures ». 82 p.

Pottier M., Bonin L., Leclech N. 2012. Désherbage mécanique: un appui aux herbicides pour des efficacités aléatoires sur céréales d'hiver. *Perspectives Agricoles* 395, 12-16.

EGES, 2016. <http://www.eges.arvalisinstitutduvegetal.fr/form> consulté le 10/07/2019.