

# 2016, une année révélatrice de l'état acido-basique des parcelles

L'année 2016 a été marquée par une fréquence anormalement élevée de symptômes d'aphanomyces sur les betteraves récoltées. La pluviométrie du printemps est la première cause, mais pour certaines parcelles, ces effets peuvent avoir été accentués par un état acido-basique du sol dégradé.

Les betteraves sur lesquelles on pouvait diagnostiquer une attaque tardive d'*aphanomyces* étaient identifiables par un étrangement du collet, des crevasses superficielles ou profondes sur le pivot (voir BF n° 1048). On sait qu'un développement tardif du champignon est la conséquence de la saturation des sols au printemps, de son asphyxie temporaire, et de l'affaiblissement des racines mal oxygénées. Le développement du champignon est la conséquence des fortes pluviométries des mois de mai et juin, qui ont concerné la plupart des régions betteravières. Cependant, les observations en début d'été montraient que des parcelles de même type de sol, non calcaire, n'avaient pas toujours des comportements semblables.

La durée d'engorgement pouvait varier entre parcelles voisines, de même que l'aspect de surface et la sévérité des symptômes sur les plantes.

## Un élément d'explication : l'état acido-basique du sol

Les fortes pluies de fin de printemps ont eu deux effets distincts, mais additionnels, sur les sols : leur intensité a provoqué une dégradation de structure et une prise en masse dans les sols de limons, limons sableux, limons argileux, observables sur plusieurs dizaines de centimètres de l'horizon travaillé. La perte de porosité a entraîné une saturation en eau qui s'est prolongée d'autant plus lorsque le sol présentait une faible conductivité hydrique, c'est-à-dire une vitesse de transfert de l'eau en profondeur ralentie. Ces symptômes de comportement du sol sont révélateurs d'un défaut d'entretien basique de sols battants. Une acidification modérée favorise la dégradation de la structure par les pluies, et ralentit la circulation de l'eau dans les pores du sol. L'effet supplémentaire de la pluviométrie a été d'accroître l'acidification dans l'horizon superficiel, phénomène qu'on constate généralement plutôt en fin d'hiver, par apport d'acidité de l'eau de

pluie, mais qui est intervenu plus tardivement en 2016. Ainsi, un manque de chaulage peut avoir accentué les conséquences d'un épisode climatique exceptionnel.

## Quels sont les causes de l'acidification ?

L'acidité est mesurée par le pH, qui correspond à une concentration en ions  $H^+$  (ou protons) dans la solution du sol. Nous nous référerons à la mesure dite "pH eau", plus couramment utilisée que la mesure "pH KCl". L'acidification est un processus inévitable dans un sol cultivé, car il est inhérent à la production d'une culture et à sa récolte (figures 1 et 2). L'exportation des organes récoltés hors du champ est en soi un facteur important de l'acidification, par exportation d'éléments  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$  compensée par une concentration en ions  $H^+$  dans le sol. L'acidification du sol est également produite par la minéralisation de l'humus et des matières organiques, puis par le passage de la forme ammoniacale à la forme nitrique (processus de nitrification, toujours par activité microbologique du sol). Les apports d'engrais azotés ammoniacaux, ou d'autres engrais minéraux acidifiants, affecteront l'horizon superficiel et peuvent se conjuguer à l'apport d'acidité par les pluies de fin d'hiver en diminuant rapidement le pH. L'acidification peut être quantifiée. On l'exprime par la quantité d'éléments neutralisants qu'il faut apporter pour l'équilibrer, en unités VN/ha (valeur neutralisante). Cette quantité varie entre 200 et 400 unités VN dans les conditions de grandes cultures du nord de la France. L'unité VN correspond à l'ancienne unité CaO (seul le terme a changé).

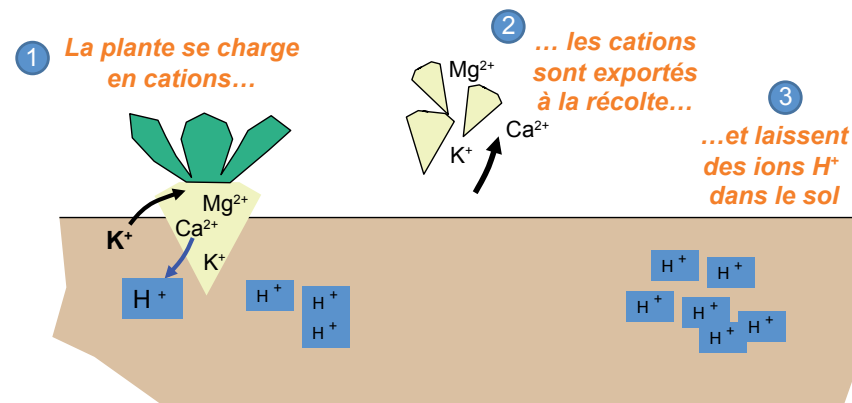
## Ses conséquences sur le sol

L'apport d'acidité est tamponné par la présence d'ions carbonates dans le sol, qui la neutralisent. On peut remarquer au passage que le calcium ( $Ca^{2+}$ ), auquel on



Les écumes de sucrerie, issues du processus d'extraction du sucre, constituent un amendement carbonaté réactif et efficace.

## 1 Causes de l'acidification des sols : l'exportation de cations



Les schémas des figures 1 et 2 illustrent les principaux processus qui contribuent à l'acidification des sols. La première cause d'acidité est le prélèvement et l'exportation de quantités importantes d'ions chargés positivement (cations) par les cultures, qui sont compensés par une quantité équivalente de protons ( $H^+$ ) laissés au sol. Ceux-ci resteront dans le sol après récolte, d'où un apport d'acidité inévitable.

attribue souvent un rôle qu'il n'a pas, ne fait qu'accompagner l'ion carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) dans les formes calcaires ( $\text{CaCO}_3$ ). C'est bien le carbonate, et non le calcium, qui est l'élément actif pour neutraliser l'acidification des sols. Tant que la présence de carbonates assure la neutralisation, le pH du sol reste constant, à des valeurs légèrement supérieures ou égales à 7. La production et l'importation d'acidité étant des processus constants dans un sol agricole, la réserve en carbonates est progressivement consommée. Si aucun apport d'amendement n'est réalisé, le pH peut alors baisser rapidement, vers des valeurs intermédiaires qui se situeront entre 6 et 7. Ce niveau de pH est sans conséquence directe sur la plante, on ne peut pas parler de problème d'acidité à ce stade, mais il doit déjà donner un signal d'alerte et peut occasionner des effets indirects. Une acidité modérée, correspondant à un pH qui reste supérieur à 6, peut affecter le comportement du sol : perte de stabilité structurale, sensibilité à la reprise en masse, perte de capacité des pores du sol à assurer les transferts d'eau et le ressuyage. Ce sont ces états d'acidité modérée qui peuvent avoir aggravé les effets des pluies en 2016 et entraîné des états d'asphyxie prolongée du sol.

En année climatique normale, sauf phénomène de battance précoce dès le semis, les betteraves ne seront pas affectées par un sol plus refermé. Si le défaut d'entretien se poursuit, et que l'acidification devient plus sévère dans les années suivantes, on peut alors atteindre des états de sol où les plantes seront directement affectées, principalement par intoxication suite à la libération d'ions métalliques présents dans le sol.

Les symptômes sont alors très marqués sur les plantes, rougissement du pourtour des feuilles et incurvation des limbes en cuiller. La croissance est nettement ralentie, puis elle reprend lorsque l'enracinement atteint des horizons plus profonds, de pH plus neutre. Cependant, le retard de végétation aura des conséquences sur le rendement.

### Attention à l'acidité de surface

Le processus d'acidification commence toujours par l'horizon superficiel en sortie d'hiver : en effet, les dix ou quinze premiers centimètres de sol sont ceux qui reçoivent les pluies, ce même horizon concentre les engrais, potentiellement acidifiants, enfin son réchauffement précoce accélère la minéralisation de l'humus. Ainsi, même si un pH mesuré en fin d'hiver sur la profondeur de l'horizon labouré est jugé acceptable, la valeur que l'on aurait mesurée en ne prélevant que l'horizon superficiel pourrait être différente, plus faible d'un demi-point ou plus (figure 4). On s'expose alors à un risque réel de battance et de reprise en masse en cas de début de printemps pluvieux, alors que l'interprétation du pH ne donnait aucune alerte. Comme déjà dit plus haut, c'est l'évolution rapide du pH quand la réserve carbonatée est consommée qu'il faut garder à l'esprit.

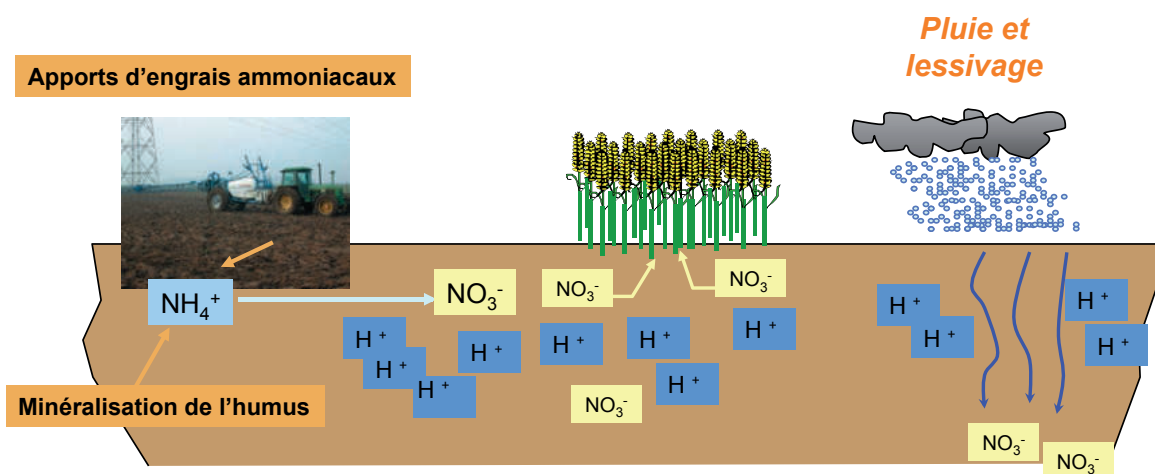
À noter qu'un bon niveau de teneur en matière organique augmente l'effet tampon et rend le sol moins sensible à ce phénomène.

Ce risque justifie un mode de raisonnement particulier pour les parcelles battantes et non calcaires des systèmes betteraviers.

### Anticiper l'acidité de ses parcelles

L'acidification ne peut être contrôlée que par la réserve en carbonates du sol, qui doit être régulièrement reconstituée par des apports d'amendements basiques, carbonates

## 2 Causes de l'acidification des sols : minéralisation de l'humus, des engrais ammoniacaux, et effets de la pluie

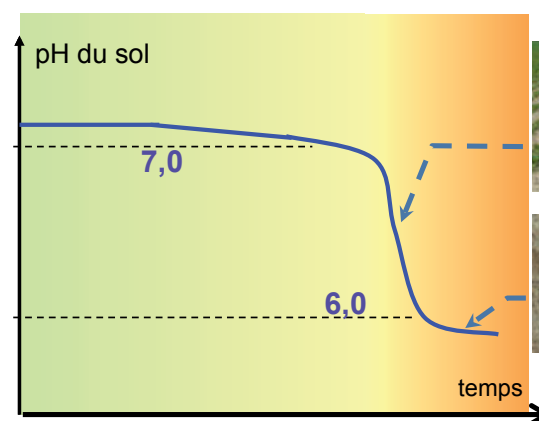


Les fertilisants azotés, minéraux et organiques, et plus généralement la production de nitrates dans le sol, contribuent à l'acidité. La minéralisation, puis la nitrification de l'humus et des matières organiques s'accompagnent d'une libération d'hydrogène, élément constitutif des molécules initiales, sous forme de protons  $\text{H}^+$ . Il en résulte une baisse de pH transitoire, mais l'acidification sera définitive lorsque les ions nitrates auront été soit prélevés, soit lessivés par les

pluies hivernales. On peut noter ici que les couverts d'interculture, en piégeant le nitrate, présentent l'intérêt de s'opposer à l'acidification. Attention, il ne faut pas en conclure que les apports de produits résiduels organiques sont systématiquement acidifiants. Les apports de fumiers, par leur contenu en paille, restituent au sol des cations qui compensent les exportations par les cultures, décrites dans la figure 1.

## 3 Évolution du pH et conséquences sur le sol et la culture

La figure ci-contre reproduit, de façon schématique, l'évolution du pH du sol au fur et à mesure de l'apport d'acidité (processus de moyen-long terme, de l'ordre de la dizaine d'années). On remarquera surtout le décrochage de la valeur du pH qui peut être brutal dès lors que la réserve en carbonate est épuisée. Cette baisse sera d'autant plus rapide que le sol est pauvre en matière organique.



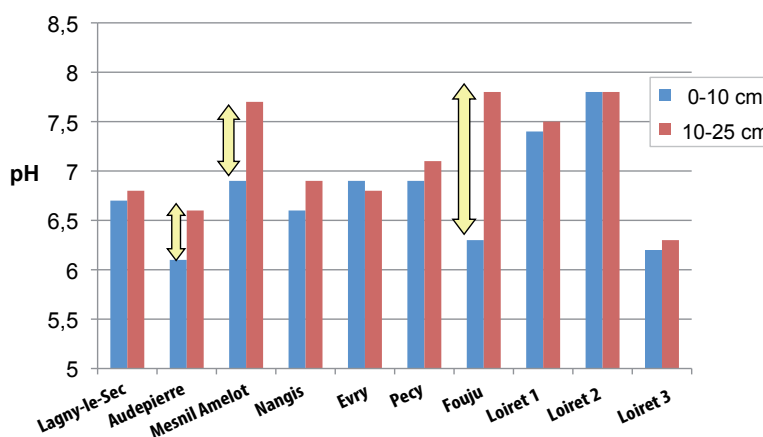
**Acidité modérée :**  
Elle affecte surtout la structure du sol et la vitesse de ressuyage



**Acidité marquée :**  
Les jeunes plantes présentent un port en cuiller, des rougissements du limbe. Le rendement sera affecté.

Le sol a une réserve en carbonates → L'apport d'acidité consomme les carbonates → La réserve en  $\text{CaCO}_3$  est épuisée, le pH diminue rapidement

## 4 Mesures de pH après des hivers pluvieux, constat d'acidification de l'horizon superficiel



↑ ↓ Écarts entre les valeurs mesurées dans l'horizon superficiel et mesurées dans l'horizon inférieur.

Des pluies abondantes en hiver, puis l'apport d'engrais uréiques ou ammoniacaux avant semis, peuvent acidifier rapidement l'horizon de surface. La baisse de pH superficiel fragilisera la structure et rendra le sol très sensible à la battance.

ou chaux (celle-ci produit des carbonates par réaction avec le  $\text{CO}_2$  dissous dans l'eau du sol). Si on constate une acidité marquée, l'amendement basique apporté en correction, constitué de carbonates (produits calcaires, marnes, écumes) ou de chaux agira directement pour remonter le pH.

L'intervention doit être établie sur la base d'une analyse de terre. Pour ne pas s'exposer au risque d'acidité de surface, le diagnostic ne sera pas établi sur la seule valeur du pH, mais il intègrera aussi la mesure de réserve en carbonates,  $\text{CaCO}_3$  (voir *tableau*). Celle-ci, qui apparaît sous la dénomination "carbonates total", ou " $\text{CaCO}_3$  total", sur le bulletin d'analyse, est exprimée généralement en g/kg. Il est tout à fait possible de lire une valeur de pH de 7 et sur la même analyse, une réserve carbonatée de 1 g/kg, voire égale à 0.

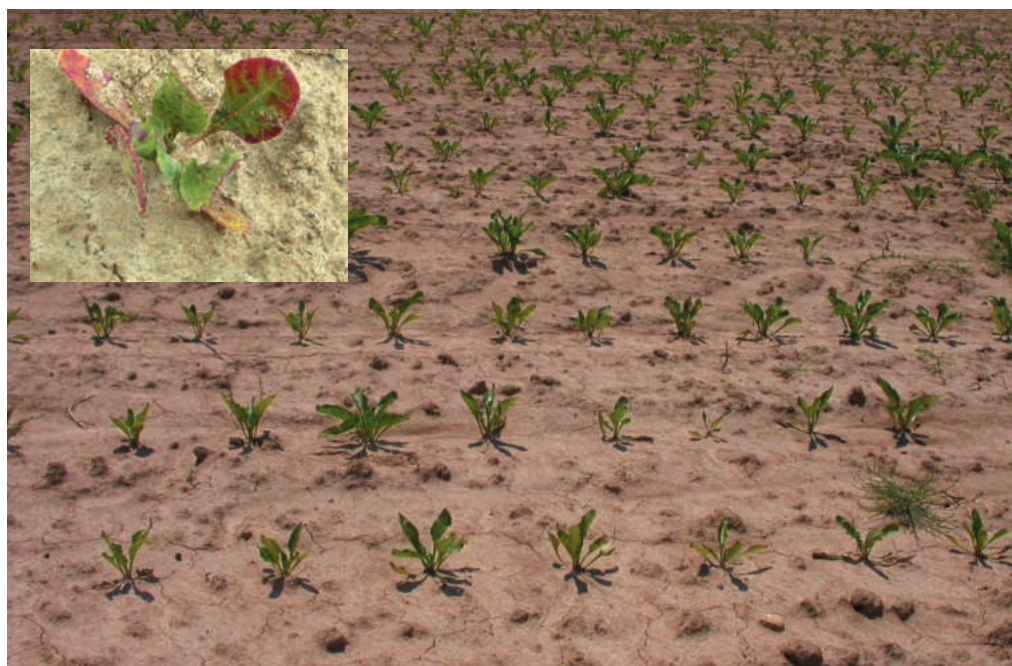
C'est cette réserve qui évalue le risque de baisse rapide du pH, donc l'exposition à une acidité de surface. Le diagnostic conduira alors à anticiper ce risque. Des apports peuvent être recommandés même avec des pH voisins de la neutralité (valeur de 7).

Des conseils détaillés et des doses calculées, conformes aux préconisations du Comifer, sont proposés dans le guide de culture de l'ITB, ou sur le site [www.itbfr.org](http://www.itbfr.org)

Les amendements crus se différencient par leur solubilité carbonique, résultante de la dureté du produit carbonaté et de sa finesse de mouture, et qui va déterminer le contact terre-produit ainsi que sa vitesse de réaction. On évitera les produits grossiers, difficiles à épandre régulièrement, et on privilégiera des valeurs de solubilité carbonique de 50 ou plus. Les écumes issues du processus d'extraction de sucre constituent un amendement carbonaté de très bonne réactivité (SC proche de 60). Plutôt qu'attendre une situation dégradée pour intervenir, mieux vaut réaliser des apports d'entretien réguliers. Les coûts seront mieux répartis, sachant qu'une intervention de correction peut demander des quantités importantes d'amendements et entraîner un coût élevé.

On doit enfin veiller à ne pas exagérer les apports d'amendements, pour ne pas occasionner de surchaulage, c'est-à-dire créer artificiellement des valeurs de pH supérieures à 7,5. Ces niveaux ne sont pas justifiés, et des apports importants présentent toujours le risque d'une carence en Bore pour la betterave qui suivra l'apport.

On conseille d'ailleurs de réaliser une fertilisation Bore conséquente en végétation, de 1 à 1,5 kg de bore en deux ou trois applications, après tout amendement basique apporté à l'automne précédent.



Parcelle de limon présentant une acidité sévère. La vignette montre les symptômes caractéristiques sur une betterave jeune.

### Quand faut-il apporter des amendements basiques ?

Conseils sur la base d'une analyse de terre<sup>(\*)</sup>

Type de sol	Valeurs issues de l'analyse de terre		Stratégie
	Teneur en $\text{CaCO}_3$ (g/kg)	Valeur de pH	
Sols argileux non battants	Pour toute valeur	Inférieur à 7	Prévoir un apport pour remonter le pH à 7
		Supérieur ou égal à 7	Entretien, pas d'apport dans l'immédiat (**)
Sols moyennement battants, limons argileux, limons à bonne teneur en MO (2,2% ou plus)	Inférieure à 3	Inférieur à 7,3	Rééquilibrer le pH, puis entretien
		Supérieur ou égal à 7,3	Entretien, surveiller la réserve en carbonates
	Supérieure à 3	Inférieur à 7,3	Rééquilibrer la teneur carbonates, puis entretien
		Supérieur ou égal à 7,3	Entretien, pas d'apport dans l'immédiat (**)
Sols battants, limons et limons sableux à teneur en MO moyenne ou faible (< 2,2)	Inférieure à 3	Inférieur à 7,3	Situation à risque, apport à prévoir avant les prochaines betteraves, pour corriger la teneur en carbonates
		Supérieur ou égal à 7,3	Risque modéré, prévoir un apport avant les prochaines betteraves
	Supérieure à 3	Inférieur à 7,3	Entretien, surveiller la réserve en carbonates
		Supérieur ou égal à 7,3	Entretien, pas d'apport dans l'immédiat (***)

(\*) Conformément aux préconisations définies dans le cadre du Comifer.  
 (\*\*) Sols à bon pouvoir tampon, l'entretien peut être espacé de 5 à 7 ans.  
 (\*\*\*) Sols à faible pouvoir tampon, préférer des apports réguliers modérés à des gros apports de redressement.



Une granulométrie régulière et assez fine, comme sur cette photo, sera un gage de régularité de l'épandage et d'efficacité du produit.

### Ce qu'il faut retenir

- L'acidification des parcelles cultivées est un processus inévitable.
- Elle est liée aux exportations des récoltes, mais les apports d'engrais acidifiants l'accélèrent.
- Une acidification modérée diminue la vitesse de ressuyage de la parcelle, et favorise la prise en masse de la structure du sol.
- Les sols de limons battants peuvent présenter des symptômes d'acidité de surface qui devancent une acidification plus généralisée de l'horizon labouré.
- L'entretien acido-basique des sols betteraviers battants doit tenir compte de ce risque.
- Un entretien régulier est préférable à des apports correctifs coûteux.



# Désherb'Avenir V

**17 et 18 mai 2017  
à Crisenoy  
en Seine-et-Marne**

Trois  
demi-journées  
au choix

**Mercredi 17 mai, après-midi**  
RDV à 14 h 15  
**Jeudi 18 mai, matin**  
RDV à 9 h  
**Jeudi 18 mai, après-midi**  
RDV à 14 h 15

**Entrée  
libre**

## Un événement en plein champ

sur les stratégies de désherbage, alternatives au tout chimique

### Programme de chaque demi-journée



**1 Les spécialistes au micro**  
Les enjeux de l'évolution des méthodes de désherbage, par la Chambre d'agriculture de Seine-et-Marne  
Une efficacité prouvée qui demande une précision technique, par l'ITB  
Les apports futurs de la robotique, par Irstea



**2 La visite de l'expérimentation de l'ITB**  
Etude de l'efficacité de différentes stratégies de désherbage, alternatives au tout chimique, selon le type de matériel et le nombre de passages réalisés.



**3 Les matériels en action sur betteraves...**  
Démonstration dynamique des différentes machines présentées par 8 constructeurs (voir pages 12 à 15)

**4 ...et sur d'autres cultures !**

Démonstration de la polyvalence des matériels sur cultures de féveroles, orge de printemps et colza.

### Nouveautés

**5 L'espace buses**

Comment améliorer la qualité de pulvérisation pour maximiser l'efficacité du produit de contact et éventuellement en réduire les doses ?  
Et pourquoi ne pas travailler de façon localisée sur le rang avec un pulvérisateur classique ?



Pulvérisateur classique équipé de porte-buses Tereos pour la pulvérisation localisée.

**6 « Robots désherbeurs »**

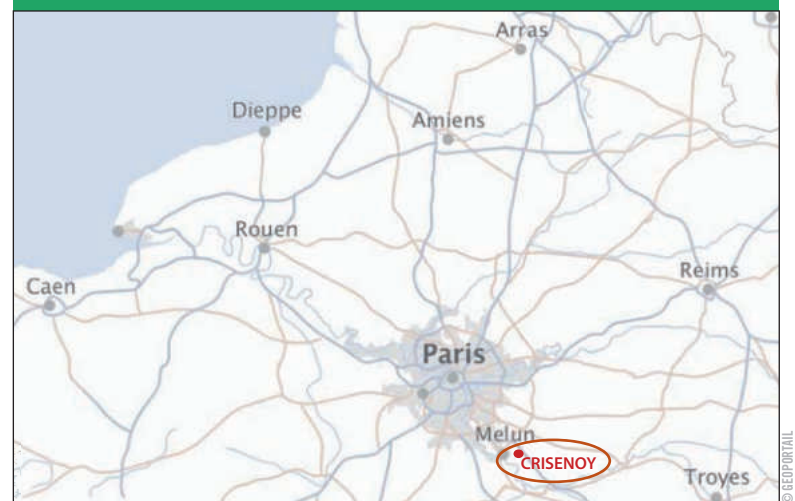
- Quels intérêts d'utiliser des robots pour désherber ?
- Comment ça marche... et est-ce que ça marche ?



A ne pas manquer !  
Une démonstration de désherbage de betterave par le robot Ecorobotix avec ARVALIS-Institut du végétal

Venez découvrir des éléments de réponses sur ces deux ateliers !

### Plan d'accès



à 15 minutes de Melun  
à 1 h 30 de Reims par l'A4 (sortie 15)  
à 1 h 45 de Beauvais par l'A16 puis la N104  
à 1 h de Paris en rejoignant l'A5 par l'A6, la N104 ou la N6

L'événement est organisé par



Pour tout groupe supérieur à 30 personnes, contactez-nous pour un guide personnalisé. Pas de restauration sur place

En partenariat avec :



Avec le soutien de

