

# Lutte biologique contre les rumex – L'eau chaude ouvre de nouvelles perspectives

Juin 2013



*Optimisation du procédé à base d'eau chaude dans la lutte biologique contre les rumex.*

## Auteurs

Roy Latsch, Joachim Sauter

## Impressum

Edition:  
Station de recherche Agroscope  
Reckenholz-Tänikon ART,  
Tänikon, CH-8356 Ettenhausen,  
Traduction: ART

Les Rapports ART paraissent  
environ 20 fois par an.  
Abonnement annuel: Fr. 60.–.  
Commandes d'abonnements  
et de numéros particuliers: ART,  
Bibliothèque, 8356 Ettenhausen  
T +41 (0)52 368 31 31  
F +41 (0)52 365 11 90  
doku@art.admin.ch  
Downloads: [www.agroscope.ch](http://www.agroscope.ch)

ISSN 1661-7576

**La lutte contre les rumex dans l'agriculture biologique est une opération pénible qui prend beaucoup de temps. Pour venir à bout des rumex, il faut à la fois faucher les hampes florales et arracher les racines à l'aide du fer à rumex. Ce travail manuel peut être effectué pendant les temps morts de l'exploitation. Comme il est cependant laborieux, de nombreuses exploitations doivent faire face à une importante population de rumex, ce qui se tra-**

**duit par des pertes significatives de rendement et de qualité fourragère. Un nouveau procédé de lutte biologique contre les rumex utilise l'eau chaude.**

**Par rapport au fer à rumex, ce procédé a un rendement plus élevé à la surface et implique moins de travail physique. Le procédé est désormais arrivé à une maturité suffisante pour pouvoir être introduit dans la pratique.**



## Biologie et valeur fourragère des rumex

Lorsqu'il est question de rumex dans l'agriculture biologique suisse, on parle généralement du rumex à feuilles obtuses (*Rumex obtusifolius*) que l'on trouve en plaine et jusqu'à une altitude de 1500 m dans les Alpes (Oberdorfer 1994). Mais le rumex crépu (*Rumex crispus*) ainsi que le rumex des Alpes (*Rumex alpinus*) en altitude causent beaucoup de problèmes aux agricultrices et agriculteurs. Ces trois espèces présentent une série de propriétés indésirables.

### Des racines profondes, des graines innombrables et une piètre valeur fourragère

Le rumex à feuilles obtuses possède une racine pivotante (fig. 1) qui peut atteindre environ 2 m de profondeur (Oberdorfer 1994). Les plantes peuvent ainsi puiser les éléments nutritifs dans les couches profondes du sol et surmonter facilement les périodes de sécheresse. Les rumex sont des plantes qui aiment l'azote et qui privilégient les sites frais à humides. Dans les 10 à 15 premiers centimètres, le système racinaire présente une zone de transition entre la tige et la racine proprement dite, appelée hypocotyle. La partie de l'hypocotyle avec écorce est la partie de la plante qui est responsable de son extraordinaire capacité de régénération. Même d'infimes fragments de ce tissu peuvent don-

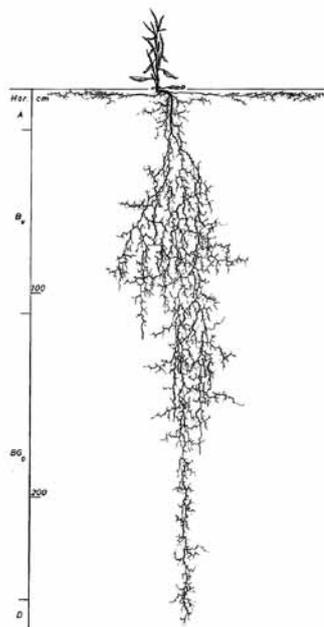
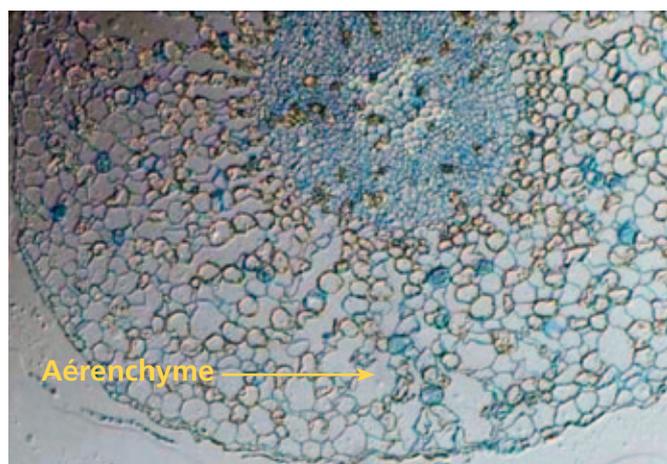


Fig. 1 à gauche: Le rumex à feuilles obtuses possède une racine pivotante qui peut aller jusqu'à 2 m de profondeur (selon Kutschera et Lichtenegger 1960).

Fig. 2 en bas: Tissu permettant la circulation de l'air (aérenchyme) dans les racines de rumex (selon Bohner et Sobotik 2003).



ner naissance à de nouvelles plantes (fig. 3). Le stockage d'amidon dans la racine à titre de source d'énergie explique la capacité de régénération des rumex, tandis que le stockage de tanins protège la plante de la putréfaction. La mise en place d'un tissu permettant la circulation de l'air (aérenchyme) permet aux rumex de prospérer sur des sols mal aérés et compactés (fig. 2, Böhm et al. 2003).

**Les graines** de rumex à feuilles obtuses germent à la lumière et peuvent lever rapidement et créer de nouveaux foyers d'adventices. Pour ce faire, il leur faut des peuplements lacunaires car leurs plants ne sont pas particulièrement compétitifs. Mais une fois que le rumex s'est établi, il est impossible de le repousser à l'aide de plantes fourragères. Dans les cas les plus défavorables, les rumex peuvent coloniser de grandes surfaces relativement rapidement.

Une seule plante de rumex à feuilles obtuses peut produire jusqu'à 60 000 graines par an (Cavers et Harper 1964; Foster 1989). Des essais longue durée ont permis de constater qu'au bout de 21 ans dans le sol, 83 % des graines étaient encore aptes à germer (Toole et Brown 1946). Dans le cas du rumex crépu (*Rumex crispus*), qui produit jusqu'à 40 000 graines par plante et par an, on a constaté que 50 % des graines étaient encore aptes à germer après 50 ans et 2 % après 80 ans (Darlington et Steinbauer 1961). Hunt et Harkess (1968) ont trouvé 5 000 000 graines de rumex à feuilles obtuses par acre dans les 15 premiers centimètres d'un pâturage (correspond à 1236 graines par mètre carré).

Les graines de rumex à feuilles obtuses sont aptes à germer dès 14 jours après la floraison alors qu'elles ne sont pas encore à maturité (Weaver et Cavers 1980). En outre, elles passent sans dommage le tube digestif des ruminants. Par conséquent, les graines se propagent sans qu'on le veuille par le cycle du lisier dans les exploitations.

**La valeur fourragère** du rumex est basse. Sur l'échelle de un à dix selon Klapp et al. (1953), le rumex à feuilles obtuses obtient la note de 1 et est donc inutilisable pour la production fourragère. En outre, les plantes de rumex possèdent de fortes concentrations en acide oxalique et en sels solubles de sodium, de potassium et d'ammonium (oxalates), qui à partir d'une certaine concentration peuvent causer des symptômes d'intoxication (Roth et al. 2012). L'acide oxalique est absorbé dans le tractus gastro-intestinal dans lequel il se lie au calcium. L'oxalate de calcium qui



Fig. 3: Repousse à partir d'un fragment de racine. (Photo: ART)



Fig. 4: L'arracheur de racines «Wuzi» donne de bons résultats, mais laisse de gros trous dans la prairie.

en résulte est insoluble dans l'eau et peut causer des lésions rénales en bouchant les tubules rénaux. En outre, le calcium n'est plus disponible pour l'organisme, ce qui peut se traduire par des crampes, des vomissements, des diarrhées, des coliques, des troubles du rythme cardiaque, une pression sanguine et un pouls irrégulier et dans les cas graves, des lésions cardiaques pouvant entraîner la mort (Institut de pharmacologie et de toxicologie vétérinaires 2012). Les animaux au pâturage ne mangent pas les vieux rumex, mais l'acide oxalique et les oxalates demeurent actifs dans le foin et l'ensilage et peuvent conduire à des problèmes de santé animale et de productivité en cas de pourcentage élevé dans la ration.

#### Procédés de lutte mécanique

Dans l'agriculture biologique, le fer à rumex est actuellement la méthode de lutte standard. En dépit des très bons résultats obtenus, l'emploi du fer à rumex a l'inconvénient d'être un procédé qui revient cher, prend beaucoup de temps et est très pénible physiquement. Selon des mesures réalisées par Agroscope à Tänikon, cette méthode a un rendement horaire moyen d'environ 60 plantes. Ce rendement comprend également le transport des racines arrachées jusqu'en bordure du champ. Des lésions peuvent toutefois se produire dans le tapis végétal facilitant la levée des graines qui peuvent germer à la lumière.

Il existe des alternatives à l'arrachage manuel: l'arracheuse mécanique à rumex, les fraises broyeuses de racines ou les procédés thermiques. Des efforts sont également entrepris dans le domaine de la lutte biologique à l'aide d'insectes et de champignons. A ce jour, aucune de ces solutions n'a réussi à véritablement s'imposer dans la pratique.

Des essais réalisés par Agroscope à Tänikon ont montré que l'arracheur mécanique de rumex «Wuzi» (fig. 4) avait un très bon taux de réussite de 88 % et un bon rendement à la surface. Il reste toutefois un problème : le procédé laisse de très gros trous dans les prairies et les pâturages et il faut en moyenne évacuer et éliminer environ 3,7 kg de bonne terre par plante avec les racines de rumex.



Fig. 5: Le «Blackenzwirbel» de la maison Odermatt Landmaschinen AG utilise des organes d'arrachage en forme de tire-bouchon pour tirer le plant de rumex entier du sol.

Le «Blackenzwirbel» de la maison Odermatt Landmaschinen AG, Hunzenschwil (AG) a poursuivi le développement du «Wuzi». Le système breveté fonctionne avec des organes d'arrachage rotatifs en forme de tire-bouchon qui parviennent mieux à séparer les racines de la terre. Après l'opération, les racines sont ramassées et la terre reste sur la parcelle (fig. 5).

Agroscope a également testé à Tänikon un dispositif de fraissage (fig. 6) qui broie les racines de rumex dans le sol, mais a obtenu un taux de réussite médiocre de 18 %. De plus, les morceaux de racines coupées ont repoussé, ce qui a permis aux plantes de se multiplier à 182 % du peuplement initial.



Fig. 6: Le broyage des racines à l'aide d'une fraise de ce type n'a pas donné de résultats satisfaisants.



Fig. 7: Des études réalisées par nos soins avec des pitons chauffés à 800 °C ont donné de mauvais résultats.



Fig. 8: La lutte contre les rumex avec des micro-ondes est certes efficace, mais n'est pas rentable sur le plan économique.

## Procédés de lutte thermique

Le traitement thermique des rumex a pour but d'empêcher durablement la plante de se régénérer.

Pour y parvenir, il est nécessaire de chauffer le tissu racinaire capable de repousser (hypocotyle) jusqu'à une profondeur d'environ 10cm dans le sol. Nos essais ont montré que le fait de plonger les racines de rumex arrachées pendant 10 secondes dans de l'eau à une température de 90 °C permettait de tuer la plante. Il suffit donc de chauffer l'écorce des racines. En termes de lutte contre les adventices, il s'agit donc d'amener la chaleur le plus efficacement possible aux racines.

Le traitement avec une aiguille chauffée constitue une des variantes de la lutte thermique. La chaleur nécessaire est produite à l'aide de gaz Butane ou Propane. Dans la série de tests que nous avons réalisée avec des pitons chauffés jusqu'à 800 °C (fig. 7), les résultats étaient insuffisants. La durée de chauffage d'au moins 5min par plante est trop longue pour une application pratique. En outre, cette méthode ne permet pas d'atteindre le taux de mortalité

souhaité de >80 %. Les essais effectués par Agroscope à Tänikon employant des micro-ondes pour lutter individuellement contre les rumex ont fourni des résultats positifs (fig. 8). Le résultat souhaité, à savoir 80 % de rumex supprimés, a pu être atteint à raison d'une durée de traitement de 27 secondes par plante. Le procédé qui consomme 0,1 l de diesel par plante est cependant très coûteux en énergie et entraînerait des investissements considérables. Il n'est donc pas rentable sur le plan économique.

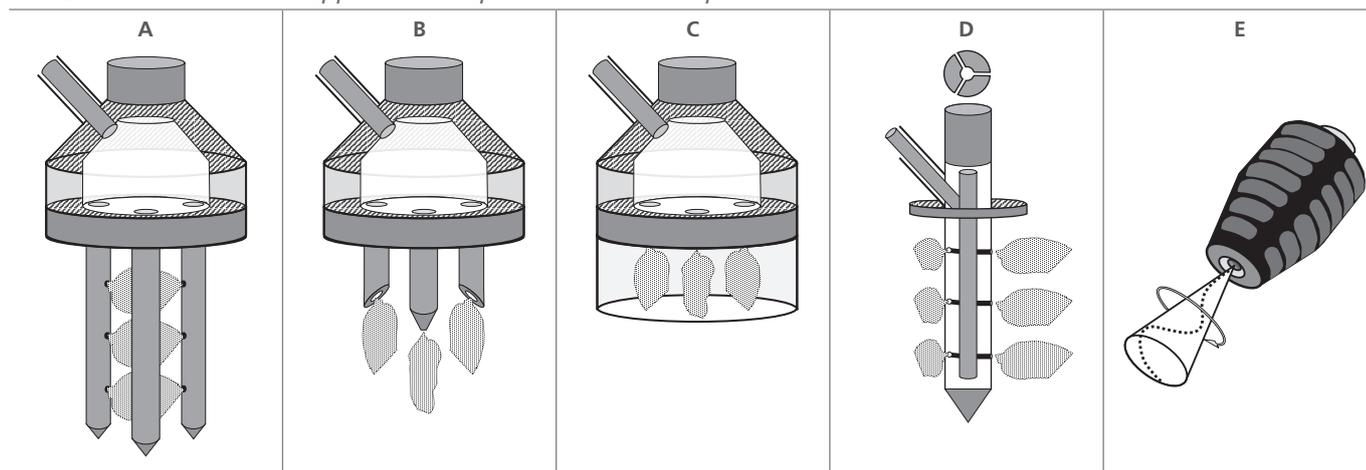
## De l'eau chaude pour lutter contre les rumex

Les nettoyeurs haute pression à eau chaude conviennent bien pour chauffer rapidement l'eau et la pulvériser à haute pression sur le sol. Pour l'utilisation dans des prairies, on peut soit utiliser un nettoyeur haute pression électrique tels qu'il en existe dans le commerce avec un générateur séparé ou un nettoyeur haute pression avec moteur à combustion intégré. A Tänikon, Agroscope et son parte-

Tab. 1: Spécifications techniques des nettoyeurs haute pression à eau chaude Kärcher utilisés pour l'essai selon les indications du fabricant.

Type	Entraînement	Puissance calorifique du brûleur (kWh)	Fonctionnement	Température maximale (C)	Débit (l/min)
HDS 9/18-4 M	400 V / 6,4 kW	69	Eau chaude	95	7,5–15
			Vapeur	155	6,5–7,5
HDS 1000 DE	Yanmar 7,4 kW L 100 AE / Diesel	59	Eau chaude	98	7,5–15

Tab. 2: Schéma des têtes d'application et spécifications techniques.



Spécifications techniques		Variante				
	Unité	A	B	C	D	E
Intervalle entre les pointes	(mm)	43	43	43	–	–
Diamètre des pointes	(mm)	12	12	–	16	–
Alésage de buse	(mm)	9 x 1,0	3 x 1,2	3 x 1,4	9 x 1,0	1 x 1,8
Surface des buses totale	(mm <sup>2</sup> )	7,1	3,4	4,6	7,1	2,5
Intervalle entre les buses	(mm)	30	–	–	30	–
Débit Moyenne ± Ecart-type	(l/min)	9,0 ± 1,3	8,9 ± 0,2	9,6 ± 1,5	8,8 ± 0,4	8,9 ± 0,5
Injection d'eau en profondeur	(mm)	90	30	0	90	–

Dispositif d'essai						
Durée de traitement	(s)	10, 15, 20, 25				
Volume d'eau Moyenne ± Ecart-type	(l/pl.)	2,2 ± 1,0	1,8 ± 0,8	2,3 ± 0,9	1,6 ± 0,6	1,8 ± 0,7
Température(s) donnée(s)	(°C)	95 / 120	95 / 120	95 / 120	95 / 120	95
Pression de l'appareil	(bar)	32	32	32	32	70
Nombre de plantes traitées	(Unité)	153	225	120	180	135

naire de projet Kärcher AG, Dällikon (AG), ont tout d'abord opté pour le nettoyeur haute pression électrique HDS 9/18-4 M de la catégorie compacte et ajouté un générateur mobile (380V/15 kVA). En 2012, cet appareil a été remplacé par un nettoyeur haute pression à moteur à combustion HDS 1000 DE (tab. 1).

Pour le transport, le nettoyeur haute pression et une citerne d'eau ont été placés sur une remorque (fig. 9). A chaque plante traitée, la consommation d'eau était mesurée à l'aide d'un compteur et la température de l'eau à l'aide d'une sonde thermique. Un réservoir supplémentaire a permis de calculer la quantité de mazout nécessaire pour le réchauffement de l'eau.

#### Comment l'eau arrive-t-elle jusqu'aux racines?

Pour étudier comment traiter le plus efficacement les racines des rumex, différentes têtes d'application ont été conçues. Leur aptitude a fait l'objet de tests en 2011 (tab. 2). Les variantes A, B et D sont enfoncées dans le sol à l'aide d'un marteau jusqu'à la butée. L'anneau de la variante C est seulement pressé dans la terre jusqu'à environ 10 mm, de manière à obtenir une zone étanche.

Les pointes des têtes A et B sont placées au niveau de la naissance de la tige. Avec la variante A, l'eau coule au cen-

tre des trois pointes jusqu'à une profondeur de 90 mm. Dans la variante B, l'eau coule verticalement jusqu'à une profondeur de 30 mm. La variante C est prévue pour fonctionner comme une cloche et empêcher l'eau appliquée de

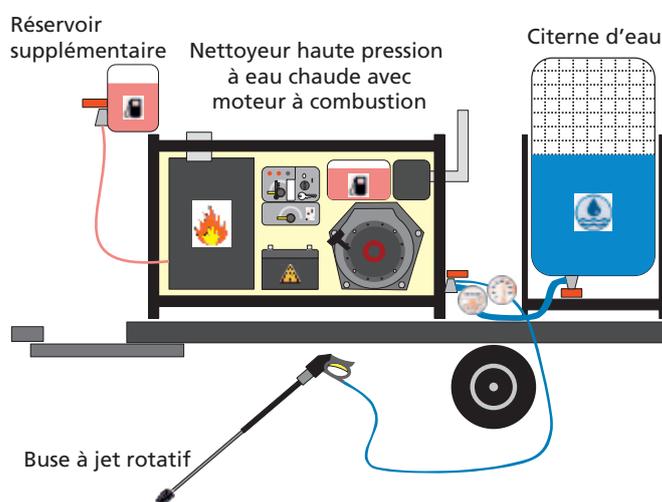


Fig. 9: Schéma du véhicule d'essai en 2012.



Fig. 10: Traitement avec la buse à jet rotatif. Une enveloppe de boue chaude se forme autour de la racine.

se distingue de celui des variantes mentionnées précédemment. La buse à jet rotatif est placée perpendiculairement au sol de manière à arroser tout le tour de la plante. Le jet rotatif détruit la structure du sol et laisse un mélange d'eau et de terre qui enveloppe les racines (fig. 10).

Les quatre têtes d'application A à D ont été construites de manière à avoir si possible le même débit (l/min) que la buse à jet rotatif E disponible dans le commerce. L'eau chaude était appliquée en lignes de 15 plantes chacune. La durée de traitement prévue était chronométrée, la quantité d'eau effectivement utilisée était enregistrée à l'aide d'un compteur à eau. Avec les variantes A à D, la plage de températures enregistrées va de 70 à 150°C. La variante E n'a été utilisée que jusqu'à 95°C conformément aux indications du fabricant. La quantité de carburant nécessaire pour chauffer l'eau par rangée de plantes a été déterminée en pesant le réservoir supplémentaire. L'humidité du sol a été calculée par rapport au volume au moyen de carottes prélevées à une profondeur de 0–10 cm (séchage à 105°C). Pour pouvoir retrouver les plantes traitées, celles-ci ont été cartographiées à l'aide d'un système RTK-GPS (Real-Time-Kinematic-GPS, Trimble R8, Sunnyvale, CA, USA)

s'échapper par côté. La variante D est enfoncée directement au centre de la tige du rumex et amène l'eau jusqu'à une profondeur de 90 mm. Le maniement de la variante E

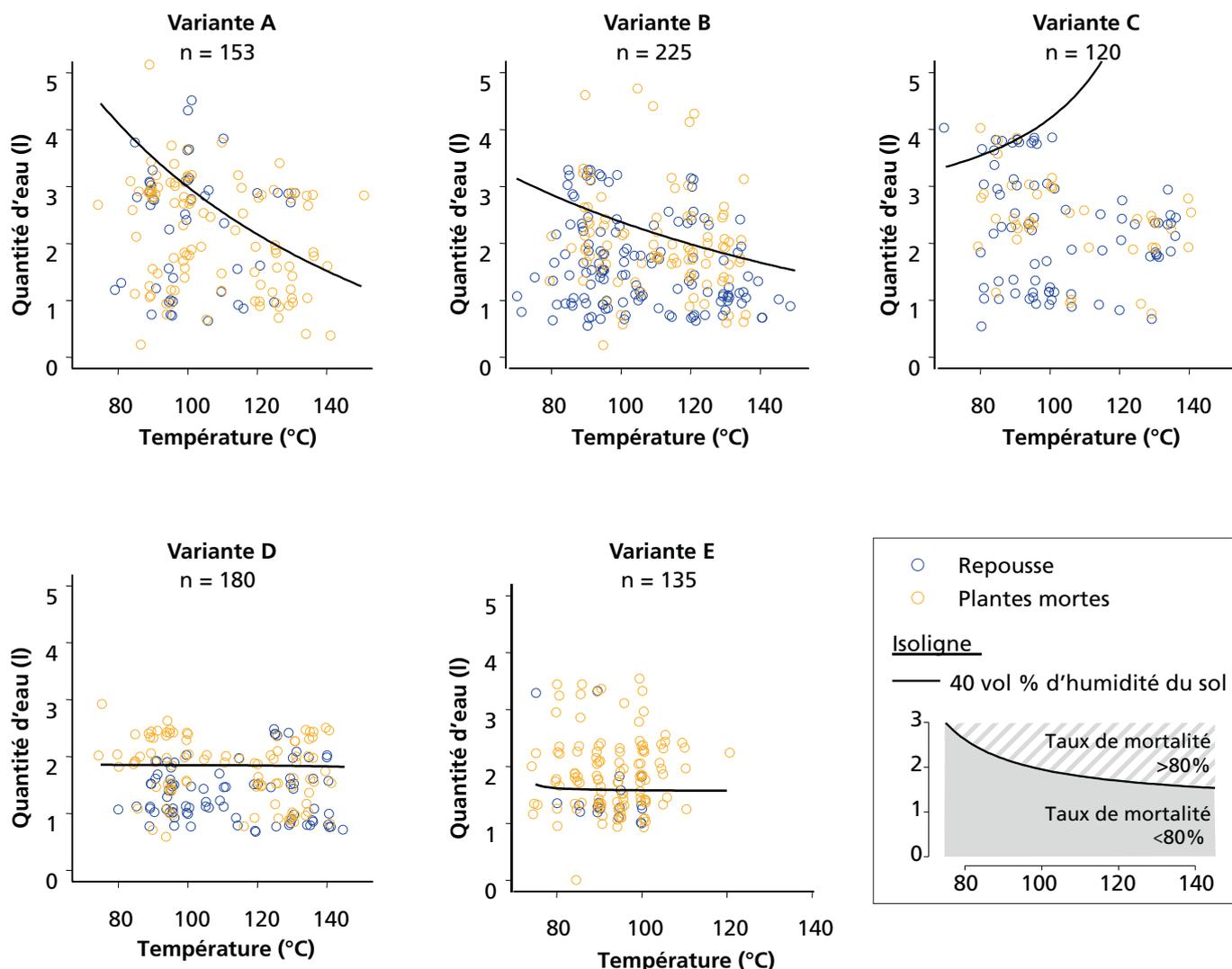


Fig. 11: Mesures 2011: Taux de mortalité en fonction de la quantité d'eau, de la température de l'eau et de l'humidité du sol. Les points situés au-dessus de l'isoligne, indiquent des plantes qui meurent avec une probabilité de 80%.

ultraprécis. Cette méthode a permis de vérifier l'effet du traitement quatre, huit et douze mois après.

### La rotabuse est celle qui consomme le moins d'énergie

Dans la représentation graphique de l'évaluation statistique des résultats des essais de 2011 (fig. 11), l'isoligne du diagramme symbolise une humidité du sol de 40 pourcents de volume. La zone au-dessus de l'isoligne indique le taux de mortalité cible >80 %.

Les variantes D et E indiquent qu'à partir de températures de 90 °C (dommages causés au patrimoine génétique [ADN] à partir de 80 °C), il est déjà possible de lutter efficacement contre les rumex avec un taux de mortalité élevé (fig. 11). Le tableau 3 représente les quantités d'eau qui, avec une humidité du sol de 40 pourcents de volume et une température de l'eau de 90 °C, entraînent un taux de mortalité d'au moins 80 %. La quantité d'eau nécessaire augmente dans l'ordre suivant : variantes E, D, B, A, C.

La quantité de mazout nécessaire par plante se calcule à partir de la quantité d'eau par plante et de la quantité de mazout calculée de manière expérimentale (tab. 3). La variante E est celle qui consommait le moins d'énergie pour un traitement avec 80 % de réussite.

L'évaluation des relevés 2011 montre que des températures de plus de 90 °C suffisent pour que les deux variantes D et E atteignent le taux de mortalité visé d'au moins 80 %. Ces deux variantes sont celles qui ont besoin de la plus faible quantité d'eau et de carburant. Si l'on compare les quantités de carburant nécessaires au chauffage de l'eau, par exemple à celles nécessaires à la technique des micro-ondes (Latsch et Sauter 2010), les variantes avec eau chaude demandent 4,3 à 6,3 fois moins de carburant.

### Maniement des principales têtes d'application

Le maniement des systèmes est un critère important pour leur application pratique. Le fait de devoir enfoncer les têtes d'application A à D à l'aide d'un marteau s'est avéré complexe. Cette opération demande beaucoup de temps surtout dans les sols très secs et très pierreux. En outre, la sollicitation mécanique à laquelle sont soumises les pointes les a fait casser à deux reprises dans la variante A. La variante E apparaît plus performante sur ce point. Le fait de traiter les plantes par le haut sans les toucher n'entraîne aucun travail supplémentaire, ni perte de temps.

L'entartrage notamment des buses de petit diamètre des variantes A et D pose toutefois problème. Les produits de nettoyage autorisés dans l'agriculture biologique suisse, comme l'acide formique, l'acide acétique ou l'acide citrique n'ont pas le droit d'être utilisés comme additifs à l'extérieur. Pour éviter l'entartrage des buses, il est recommandé d'utiliser si possible de l'eau de pluie peu calcaire.

Tab. 3: Besoin en eau, énergie et mazout déterminé par régression pour une température de l'eau supposée de 90 °C et un taux d'humidité du sol de 40 pourcent de volume.

	Unité	Variante				
		A	B	C	D	E
Volume d'eau par plante	(l)	3,7	2,6	3,8	1,9	1,6
Energie par plante	(kWh)	0,319	0,228	0,333	0,161	0,139
Besoin en mazout par plante	(l)	0,044	0,031	0,045	0,022	0,019

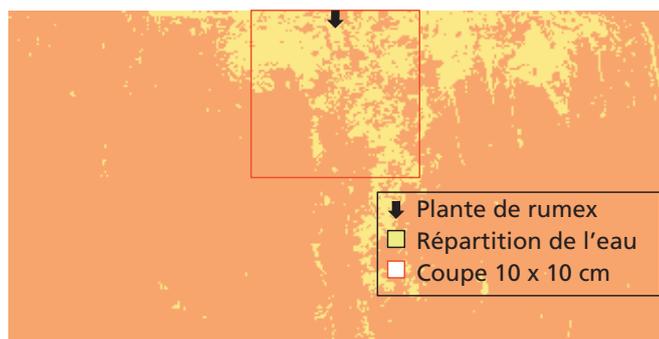


Fig. 12: Répartition de l'eau dans le sol: pour toutes les variantes, l'utilisation de colorants a permis de mettre en évidence une importante répartition de l'eau dans le sol (coupe au niveau des racines).

### Comment l'eau se répartit-elle dans le sol?

Dans un essai à part, la répartition de l'eau dans le sol a été déterminée en colorant l'eau en bleu (colorant bleu Vitasyn, Clariant GmbH, Francfort/Main, Allemagne). Les essais de répartition de l'eau ne permettent pas de démontrer clairement le principe d'action des différentes têtes d'application. Les différentes prises de vue montrent des profils de répartition de l'eau dans le sol, parfois très limités ou parfois très diffus. Les fissures du terrain forment des voies d'écoulement pour l'eau, aisées à reconnaître. Quelle que soit la variante, l'eau suit de préférence le cours des fissures et des cavités bien au-delà de la zone cible de 10x10cm autour de la racine (fig. 12). De plus, dans toutes les variantes, une certaine partie de l'eau s'écoule en surface et n'est donc pas utilisée. Ces observations prouvent que l'application d'eau chaude peut encore être améliorée.

### Effet confirmé en 2012

Que ce soit du point de vue énergétique ou de point de vue de la maniabilité et de la maintenance, c'est la variante E (buse à jet rotatif) qui a obtenu les meilleurs résultats en 2011. C'est pourquoi en 2012, les essais ont été poursuivis uniquement avec cette variante. L'essai était conçu de la même façon que l'année précédente (tab. 4). Les essais ont eu lieu sur différents sites à Tänikon. Les temps de traitement variaient entre 5 et 20 secondes.

Tab. 4: Vue d'ensemble des installations expérimentales en 2012.

Variante	Pression de l'appareil (bar)	Plantes (Nbre)	Température Moyenne ± Ecart-type (°C)	Volume d'eau Moyenne ± Ecart-type (l/Pl.)
E	100	272	77 ± 5,7	1,4 ± 0,6
E	185	465	80 ± 7,5	1,8 ± 0,7

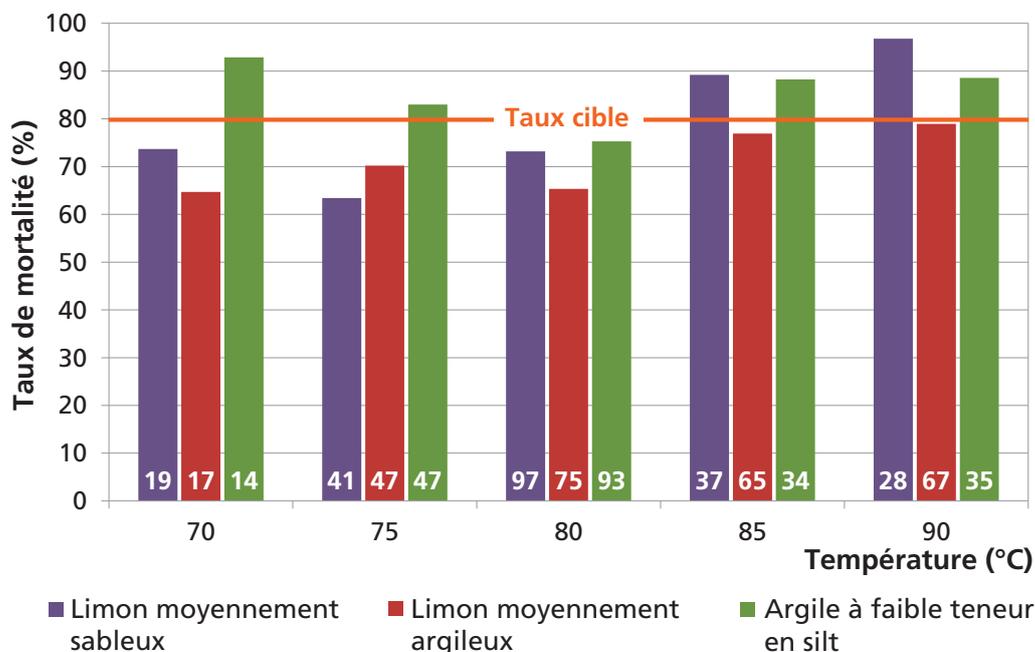


Fig. 13: Relation entre taux de mortalité, température et type de sol. Le chiffre figurant sur les barres indique le nombre de plantes traitées.

La figure 13 montre que le taux de mortalité visé, à savoir plus de 80 % est atteint lorsque la température de l'eau dépasse 80 °C. Ceci confirme les résultats de l'année précédente. La figure 14 illustre la relation entre l'humidité du sol et la quantité d'eau nécessaire dans les trois types de sol étudiés en 2012 à Tånikon. Dans le cas du site avec limon moyennement sableux, on voit bien que le besoin en eau augmente avec l'humidité du sol. L'isogline du diagramme indique le taux de mortalité visé de >80 %. Dans le cas du site avec argile à faible teneur en silt, cet aspect n'est que partiellement visible. Dans le cas du type de sol avec limon moyennement argileux, le spectre de l'humidité du sol dans les essais est très limité. C'est pourquoi il n'a pas été possible d'identifier l'influence de l'humidité du sol.

Les résultats des deux années montrent que le procédé a besoin de davantage d'énergie lorsque le taux d'humidité du sol est très élevé, notamment au-dessus de 45 pourcents de volume (sols quasiment saturés en eau), pour arriver à de bons résultats. L'efficacité peut donc être améliorée en effectuant le traitement sur des sols asséchés.

Si l'on prend comme exemple le site avec le type de sol à limon moyennement sableux, il faut compter 1,6l d'eau chaude (>80°C) pour un taux d'humidité du sol de 40 pourcents de volume pour détruire les plantes avec une probabilité de 80 %. Pour cet essai, un tel volume d'eau suppose une quantité de mazout de 0,017l par plante traitée. Ces résultats confirment les essais de 2011.

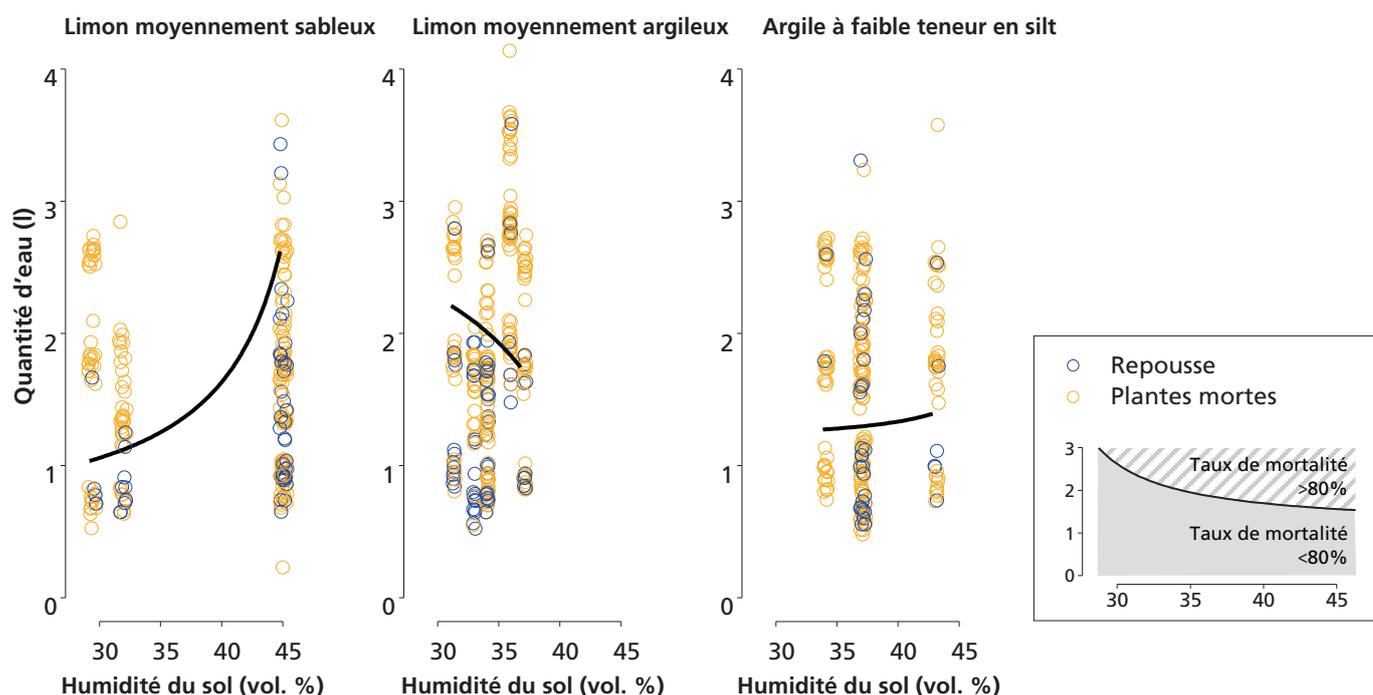


Fig. 14: Quantité d'eau nécessaire pour atteindre un taux de mortalité de >80% pour différents taux d'humidité du sol.

### Application pratique

L'emploi du procédé à eau chaude par différents agriculteurs a montré que l'application ne posait pas de problème. Le traitement des plantes «sans contact» par le haut à l'aide de la buse à jet rotatif a été jugé rapide et agréable. Des propositions d'amélioration ont été faites notamment sur le plan ergonomique. Certains agriculteurs ont par exemple suggéré une lance plus courte, car le fait de tenir la lance en position horizontale était désagréable au bout d'un certain temps. La portée du procédé à eau chaude avec le tuyau de 10 m qui pourrait encore être allongé si nécessaire a été considérée comme conviviale. Un deuxième tuyau a également été suggéré pour augmenter le rendement à la surface. Les agriculteurs souhaitaient pour certains un système plus mobile car le fait de devoir déplacer la remorque à l'aide du tracteur était perçu comme laborieux. Il obligeait en effet l'opérateur à monter et descendre sans cesse. Les points négatifs relevés étaient le bruit du moteur à combustion du nettoyeur haute pression et le dégagement de fumée lors de la mise en marche du brûleur.

Pour une durée moyenne de traitement d'environ 12 secondes pour la variante E, le rendement à la surface attendu est estimé à environ 150 à 180 plantes/h pour les surfaces à forts pourcentages d'adventices. Des relevés précis sur l'économie du travail ne sont pas encore disponibles.

### Première estimation économique

Si l'on compare avec un rendement horaire de 60 rumex avec le fer à rumex, y compris l'évacuation des racines, le procédé à eau chaude revient à peu près au même prix pour un salaire horaire de 28 francs (tarif ART) à partir d'environ 110 rumex à l'heure. Le temps de travail économisé est compensé par les coûts supplémentaires pour les machines et l'énergie (tab. 5). Avec un salaire horaire plus bas, le rapport de rentabilité se décale au profit du fer à rumex. Si l'on divise par exemple le salaire horaire par deux, il faut traiter 160 rumex avec le procédé à eau chaude pour obtenir des coûts similaires à ceux du fer à rumex.

Tab. 5: Calcul des coûts du procédé avec eau chaude par rapport au travail manuel avec le fer à rumex pour différents rendements à la surface.

	Unité	Travail manuel	Eau chaude		
			Rendement en comparaison au travail manuel		
Hypothèses			semblable	2 fois	3 fois
Nombre de plantes par heure	Pl./h	60	60	120	180
Salaire horaire	CHF/h	28,00	28,00	28,00	28,00
Véhicule de traction*	CHF/h		11,02	11,02	11,02
Nettoyeur haute pression à eau chaude**	CHF/h		9,10	9,10	9,10
Rendement du brûleur			0,88	0,88	0,88
Quantité de mazout	l/Pl.		0,02	0,02	0,02
Prix du mazout***	CHF/l		1,00	1,00	1,00
<b>Calcul des coûts</b>					
Coûts de MO	CHF/Pl.	0,47	0,47	0,23	0,16
Véhicule de traction	CHF/Pl.		0,18	0,09	0,06
Mazout	CHF/Pl.		0,02	0,02	0,02
Coûts des machines	CHF/Pl.		0,15	0,08	0,05
Nettoyeur haute pression à eau chaude					
<b>Coûts totaux</b>	<b>CHF/Pl.</b>	<b>0,47</b>	<b>0,82</b>	<b>0,42</b>	<b>0,29</b>
<b>Différence de prix par rapport au travail manuel</b>	<b>CHF/Pl.</b>		<b>0,36</b>	<b>-0,05</b>	<b>-0,18</b>

\* Tarif ART, petit tracteur

\*\* Tarif ART: hypothèse: durée d'utilisation<sub>tot</sub> = 3000 h; amortissement = 10 a

\*\*\* Prix du mazout selon <http://www.hev-schweiz.ch/vermieten-verwalten/heizoelpreise>

## Conclusions

Le traitement des rumex à l'eau chaude s'est avéré efficace dans les essais en plein champ. La buse à jet rotatif se place comme la variante la plus efficace à l'issue des essais comparatifs. A raison d'une consommation d'eau d'environ 1,6 l/plante, d'une consommation d'énergie de 0,021 mazout/plante, d'une durée d'application d'environ 12 secondes et d'un mode d'emploi simple, ce procédé est considéré comme utilisable dans la pratique. Le rendement à la surface attendu dans des parcelles à forte population de rumex est estimé à 150–180 plantes. Des relevés précis sur l'économie du travail ne sont pas encore disponibles.

Dans l'hypothèse que 2000 plantes sont traitées par hectare, l'énergie consommée se chiffre à environ 40 l de mazout et 3200 l d'eau.

Des essais ultérieurs auront pour but d'optimiser la consommation d'eau et d'énergie de la méthode et d'établir de meilleures recommandations en fonction des propriétés spécifiques aux sites. Il reste encore à déterminer à partir de quelle densité de population, l'emploi du procédé est utile. Le but est de préparer des recommandations de traitement concrètes à l'intention des agriculteurs et agricultrices.

Des comparaisons doivent également être faites avec la lutte manuelle contre les rumex sur le plan de l'économie du travail, afin de pouvoir chiffrer exactement le rendement et les coûts du procédé. Si on lui ajoute un système de détection automatique des rumex, la méthode du traitement à l'eau chaude dispose du potentiel nécessaire pour automatiser la lutte contre les rumex dans l'agriculture biologique.

## Bibliographie

- Böhm H., Engelke T., Finze J., Häusler A., Pallutt B., Verschwele A. et Zwerger P., 2003: Strategien zur Regulierung von Wurzelunkräutern im ökologischen Landbau. Publié dans: *Landbauforschung Völkenrode* (éditeur): Tagungsband zum Expertenkolloquium im Forum der FAL, 18.–19. Februar 2003, Braunschweig, Sonderheft 255, 91 p.
- Bohner A. et Sobotik M., 2003: Untersuchungen zur Ampferbekämpfung in biologisch bewirtschafteten Betrieben unter besonderer Beachtung der Wurzelökologie. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, rapport final du projet BAL21 01/98, Irdning, 16 p.
- Cavers P. B. et Harper J. L., 1964: Biological Flora of the British Isles No. 98 *Rumex obtusifolius* L. and *R. crispus* L. *The Journal of Ecology*, 52, p. 737–766.
- Darlington H. et Steinbauer G. P., 1961: The 80 year period of Dr. Beal's seed viability experiment. *American Journal of Botany*, 48, 4, p. 321–325.
- Foster L., 1989: The biology and non-chemical control of dock species *Rumex obtusifolius* and *Rumex crispus*. *Biological Agriculture and Horticulture*, 6, p. 11–25.
- Hunt I. V. et Harkess R. D., 1968: Docks in grassland. *Scottish Journal of Agriculture*, 47, p. 160–162.
- Institut für Veterinärpharmakologie und -toxikologie, 2012: *Rumex acetosa* – Veterinärtoxikologie. Site Internet: Universität Zürich, Institut für Veterinärpharmakologie und -toxikologie, accès sous: [http://www.vetpharm.uzh.ch/reloader.htm?giftdb/pflanzen/0081\\_vet.htm?inhalt\\_c.htm](http://www.vetpharm.uzh.ch/reloader.htm?giftdb/pflanzen/0081_vet.htm?inhalt_c.htm), accès: 03.02.2013.
- Klapp E., Boeker P., König F. et Stählin A., 1953: Wertzahlen der Grünlandpflanzen. *Das Grünland*. Bd. 2, Schaper-Verlag, Hannover, p. 38–40.
- Kutschera L. et Lichtenegger E., 1960: *Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen*. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 574 p.
- Latsch R. et Sauter J., 2010: Microwave for dock control on grassland. In: Schnyder H., Isselstein J., Taube F., Schellberg J., Wachendorf M., Herrmann A., Gierus M., Auerswald K., Wrage N. et Hopkins A. (Hrsg.): *Grassland in a changing world*, 30.08.–02.09.2010, Kiel, Germany, European Grassland Federation EGF, *Grassland Science in Europe*, Vol 15, p. 169–171.
- Oberdorfer E., 1994: *Pflanzensoziologische Exkursionsflora*. 7. überarb. und erg. Aufl., Ulmer-Verlag, Stuttgart, 1050 p.
- Roth L., Daunderer M. et Kormann K., 2012: *Giftpflanzen – Pflanzengifte*. 6., überarbeitete Auflage, Nikol-Verlag, Hamburg, 1122 p.
- Toole E. et Brown E., 1946: Final results of the Duvel buried seed experiment. *Journal of Agricultural Research*, 72, p. 201–210.
- Weaver S. E. et Cavers P. B., 1980: Reproductive effort of two perennial weed species in different habitats. *Journal of Applied Ecology*, 17, p. 505–513.



Des demandes concernant les sujets traités ainsi que d'autres questions de technique et de prévention agricoles doivent être adressées aux conseillers cantonaux en machinisme agricole indiqués ci-dessous. Les publications peuvent être obtenues directement à la ART (Tänikon, CH-8356 Ettenhausen). Tél. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90, E-mail: [doku@art.admin.ch](mailto:doku@art.admin.ch), Internet: [www.agroscope.ch](http://www.agroscope.ch)

<b>FR</b>	Jaton Jean-Luc, Institut agricole, 1725 Grangeneuve	Tél. 026 305 58 49
<b>GE</b>	AgriGenève, 15, rue des Sablières, 1217 Meyrin	Tél. 022 939 03 10
<b>JU</b>	Fleury-Mouttet Solange, FRI, Courtemelon, 2852 Courtételle	Tél. 032 420 74 38
<b>NE</b>	Huguelit Yann, CNAV, 2053 Cernier	Tél. 032 889 36 41
<b>TI</b>	Müller Antonio, Office de l'Agriculture, 6501 Bellinzona	Tél. 091 814 35 53
<b>VD</b>	Pittet Louis-Claude, Ecole d'Agriculture, Marcellin, 1110 Morges	Tél. 021 557 92 50
	Hofer Walter, Ecole d'Agriculture, Grange-Verney, 1510 Moudon	Tél. 021 995 34 57
<b>VS</b>	Brandalise Alain, Ecole d'Agriculture, Châteauneuf, CP 437, 1950 Sion	Tél. 027 606 77 70
	<b>AGRIDEA</b> Boéchat Sylvain, Jordils 1, 1006 Lausanne	Tél. 021 619 44 74
	<b>SPAA</b> Grange-Verney, 1510 Moudon	Tél. 021 995 34 28

