

## Réglette azote colza<sup>®</sup>: adaptation pour la Suisse d'un outil d'aide à la fertilisation azotée du colza

Arnaud Micheneau<sup>1,2</sup>, Luc Champolivier<sup>1</sup>, Nicolas Courtois<sup>3</sup>, Sokrat Sinaj<sup>2</sup>, Alice Baux<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Terres Inovia, Institut technique des producteurs d'oléagineux, de protéagineux, de chanvre et de leurs filières, 24 chemin de Borde Rouge, 31326 Castanet-Tolosan, France

<sup>2</sup>Agroscope, Institut des sciences en production végétale IPV, 1260 Nyon, Suisse

<sup>3</sup>Agrigeneve, Rue des Sablières 15, 1242 Satigny, Suisse

Renseignements: Alice Baux, e-mail: alice.baux@agroscope.admin.ch



Parcelle de colza à la sortie de l'hiver. (Photo: Vincent Nussbaum, Agroscope)

### Introduction

Développée par l'institut technique français Terres Inovia, la Réglette azote colza<sup>®</sup> est un outil en ligne d'aide à la décision pour la fertilisation azotée du colza. Elle offre aux agriculteurs et aux techniciens la possibilité de calculer rapidement et précisément la dose d'azote à apporter sur colza à partir d'une dizaine de critères. Ces critères facilement accessibles sont renseignés par l'utilisateur: département, type de sol, objectif de rendement, poids frais du colza à l'entrée et à la sortie de

l'hiver, apports de produits organiques sur la parcelle, colza précédé ou non par une légumineuse, association ou non à un couvert de légumineuses (Champolivier et al. 2014). L'objectif de rendement est défini en calculant la moyenne des rendements obtenus sur la parcelle au cours des cinq dernières années en colza, en excluant le rendement maximal et le rendement minimal. Lancée en 1998, la Réglette azote colza<sup>®</sup> est aujourd'hui largement utilisée au sein des exploitations françaises

sous sa nouvelle version re-paramétrée, numérique et gratuite. L'application pour smartphones est disponible pour Android et Apple. Elle permet de réaliser le calcul directement au champ. Un rapport PDF permet également de garder une trace du calcul. Cet outil est par ailleurs reconnu par la réglementation française en matière de fertilisation azotée.

L'une des forces de la réglette est qu'elle prend en compte les biomasses du colza à l'entrée et à la sortie d'hiver. Cette information, rapidement accessible grâce à quelques pesées, permet d'estimer l'azote déjà exporté par la plante à la sortie de l'hiver et d'ajuster la fertilisation en fonction de cette information.

La correction des situations sur- ou sous-fertilisées par les pratiques de fumure actuelles devrait permettre d'améliorer la gestion de l'azote sur l'exploitation: l'azote économisé en corrigeant une situation de sur-fertilisation devient de l'azote disponible pour une autre culture. D'autre part, une meilleure gestion des situations sur-fertilisées permettrait de limiter les pertes d'azote par lessivage et ainsi de réduire la pollution des eaux par les nitrates. En revanche, si la réglette recommande une augmentation de la dose d'azote par rapport aux pratiques habituelles, on pourra alors réduire la fertilisation sur certaines cultures, au profit du colza qui sera en mesure de mieux valoriser cet azote. Maltas *et al.* (2015) ont montré que les méthodes des normes corrigées et du N-min tendent à sous-évaluer les besoins du colza, suggérant que certaines parcelles sont en situation de sous-fertilisation avec les pratiques actuelles. Un supplément d'azote serait dans ces situations valorisé par un gain de rendement.

Sur la base des essais de fertilisation azotée réalisés par Agroscope, cette étude a permis de tester les paramètres de la Réglette et de comparer la dose d'azote préconisée à celle proposée par la méthode des normes corrigées (Sinaj *et al.* 2009) ou à la dose optimale calculée *a posteriori*.

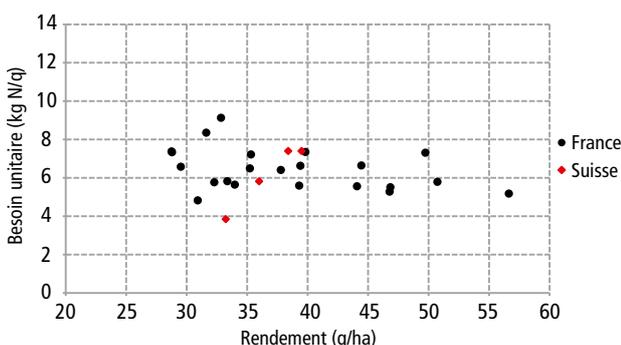


Figure 1 | Besoin unitaire observé en Suisse et en France en fonction du rendement maximal en grains.

**Résumé** La Réglette azote colza® est un outil en ligne d'aide à la décision pour la fertilisation azotée du colza, développé par l'institut français Terres Inovia. Cet outil est conçu pour déterminer la dose d'azote la mieux adaptée aux besoins de la culture, en tenant compte de l'état de croissance du colza à l'entrée et à la sortie de l'hiver. Les paramètres de la Réglette ont été évalués à partir d'essais menés par Agroscope entre 1998 et 2007. L'outil a ensuite été comparé à la méthode des normes corrigées, sur la base de critères techniques, économiques et environnementaux. A partir des essais utilisés, la Réglette a permis d'améliorer l'estimation des besoins en azote du colza par rapport à la méthode des normes corrigées. Cette meilleure estimation se traduit par une réduction des situations de sur-fertilisation et de sous-fertilisation, donc par une meilleure gestion de l'azote. Cette étude, aux premiers résultats concluants, doit être poursuivie pour évaluer la Réglette dans d'autres situations, afin de caractériser au mieux la diversité des conditions de production du colza en Suisse.

#### Estimation des paramètres de la réglette

L'utilisation de la Réglette azote® en Suisse nécessite de vérifier préalablement si les valeurs déterminées en France sont adaptées au contexte suisse ou si des évolutions sont nécessaires.

#### Données disponibles

Le travail d'adaptation de la réglette a été réalisé à partir de onze essais de fertilisation azotée menés par Agroscope entre 1998 et 2007 sur le site de Changins (Nyon). Quatre à six doses d'azote ont été testées, selon les années. Cela a permis de déterminer le rendement maximal potentiel et la dose optimale correspondante en utilisant le modèle quadratique plus plateau pour modéliser la réponse du rendement à la dose d'azote (Maltas *et al.* 2015). Ces essais ont été réalisés dans des parcelles aux caractéristiques pédologiques assez proches (profondeur de sol d'environ 60 cm et taux d'argile compris entre 20 et 25%) avec un potentiel de rendement maximal compris entre 31 et 44 q/ha.

#### Paramètres étudiés

Les données obtenues ont permis de s'intéresser à quatre

postes essentiels dans le calcul de la dose d'azote par la Réglette: le besoin unitaire, les coefficients de conversion de la biomasse fraîche aérienne en azote absorbé à l'entrée de l'hiver (coefficient EH) et à la sortie de l'hiver (coefficient SH) et l'ensemble des paramètres liés au sol, en particulier le reliquat d'azote initial. L'enjeu est de déterminer une valeur moyenne pour chacun de ces paramètres pour, au final, calculer une dose permettant d'atteindre l'objectif de rendement.

### Besoin unitaire

Le besoin unitaire correspond à la quantité d'azote que doit absorber le colza pour produire un quintal de graines lorsque la culture exprime son potentiel de rendement maximal. Parmi les essais menés en Suisse, quatre ont permis de calculer le besoin unitaire. En comparant les valeurs suisses aux valeurs observées en France (fig. 1), il apparaît que les valeurs suisses et françaises sont proches. Les données françaises, plus nombreuses et issues de situations plus variées, peuvent ainsi servir de base pour le choix de la valeur de besoin unitaire.

Trois valeurs de besoin unitaire, correspondant aux valeurs des déciles 3, 5 et 7 présentés dans le tableau 1, ont été testées. On peut considérer les déciles comme différents niveaux de sur- ou sous-estimation du besoin unitaire. Une sur- ou sous-estimation du besoin unitaire conduit à une sur- ou sous-estimation du besoin de la plante en azote. Une valeur élevée du besoin unitaire conduira à une dose plus forte qu'avec un besoin unitaire plus faible. Avec la valeur du décile 7, on prend un risque de surestimer ce besoin dans 70% des cas, contre 30% avec le décile 3 (mais avec 70% de risque de sous-estimation avec le décile 3).

### Coefficients EH et SH

Les coefficients de conversion de la biomasse fraîche aérienne en azote absorbé permettent de déterminer la quantité d'azote absorbé par la plante à partir d'une

**Tableau 1** | Valeurs testées et retenues (en rouge) pour le besoin unitaire et coefficients de conversion de la biomasse fraîche aérienne en azote absorbé, à l'entrée et à la sortie de l'hiver (respectivement EH et SH)

Décile	Valeur besoin unitaire (kg N/q grain)	Valeur EH (Kg N/10 t MF)	Valeur SH (Kg N/10 t MF)
3	5,58	51,8	62,7
5	6,45	57,5	70,0
7	7,05	64,3	78,5

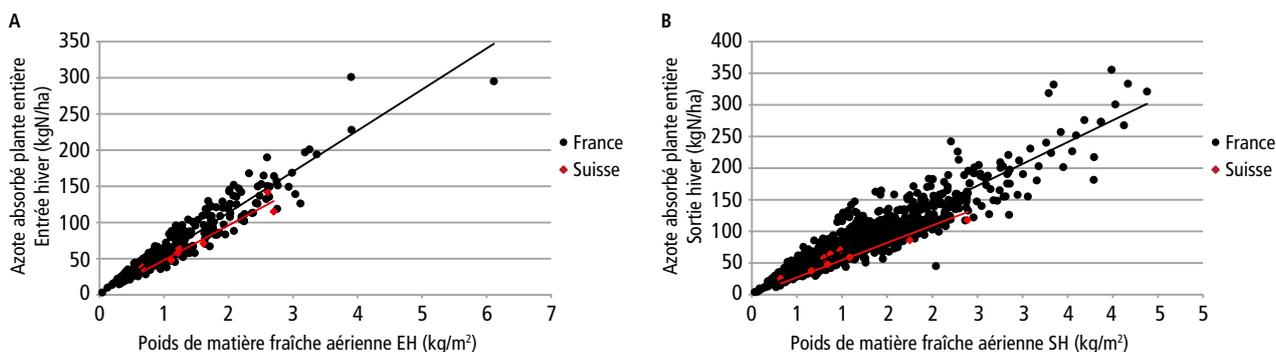
simple pesée effectuée au champ sur 1 m<sup>2</sup> de colza (idéalement deux à quatre pesées par parcelle). Le calcul tient compte également des feuilles vertes qui ont gelé pendant l'hiver et dont l'azote pourra être partiellement remobilisé par la culture.

Nous disposons de huit mesures de biomasses à l'entrée de l'hiver (fig. 2a) et de dix mesures à la sortie de l'hiver (fig. 2b) réalisées entre 2005 et 2015 par Agroscope et Agrigenève. En France, un fort effet année\*région a pu être observé sur les deux coefficients (Champolivier et al. 2014) et une variabilité interannuelle apparaît également en Suisse. Toutefois, à l'entrée comme à la sortie de l'hiver, les données observées en Suisse et en France sont proches. Comme pour le besoin unitaire, la base de données française, cohérente avec les données suisses, a été retenue pour le calcul des coefficients EH et SH.

Les valeurs du coefficient de conversion de la biomasse fraîche aérienne en azote absorbé correspondant aux déciles 3, 5 et 7 ont été testées (tabl. 1). Un coefficient de conversion faible (décile 3) conduira à une recommandation de fumure plus élevée qu'un coefficient de conversion élevé (décile 7).

### Les sols

Dans son paramétrage actuel, la réglette distingue trois grands types de sols: profonds, superficiels et craie de champagne (en région Champagne-Ardenne). Chaque



**Figure 2** | Quantité d'azote absorbée par la biomasse fraîche aérienne en fonction du poids de la matière fraîche aérienne: comparaison des données françaises et suisses A) à l'entrée d'hiver (EH) et B) à la sortie de l'hiver (SH).

**Tableau 2 | Valeurs retenues pour les paramètres liés au sol**

	Superficiel	Profond
Reliquat initial (kg N/ha)	20	30
Reliquat final (kg N/ha)	15	30
Minéralisation nette de l'humus (kg N/ha)	20	40

type est caractérisé par des valeurs forfaitaires concernant les reliquats d'azote initiaux et finaux, ainsi que la minéralisation de l'humus.

En l'absence d'éléments permettant de déterminer une classification différente pour la Suisse, et par soucis de conserver un outil simple d'utilisation, le choix a été fait de conserver les deux catégories, sol profond et sol superficiel (tabl. 2).

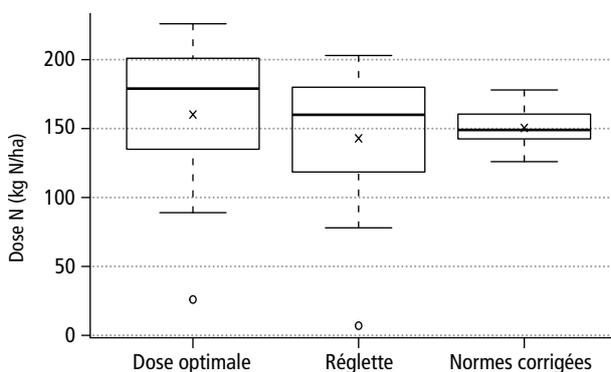
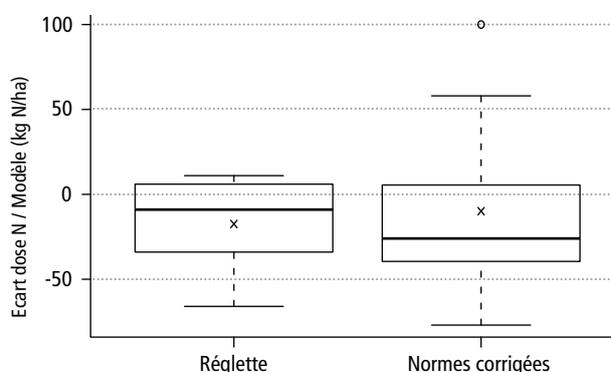
Les essais pris en compte dans cette étude ont été réalisés sur des parcelles classées comme profondes. La quantité moyenne d'azote minéral dans le sol à la sortie de l'hiver (reliquat initial) était de 22 kg N/ha, variant de 8 à 36 kg N/ha, soit un peu inférieure aux valeurs de référence de l'outil. Le reliquat final (à la récolte) et la minéralisation de l'humus n'ont quant à eux pas pu être évalués et comparés aux valeurs de référence.

Le paramétrage finalement choisi associe le décile 7 du besoin unitaire (7,05 kg N/q de grain) aux déciles 3 de coefficients de conversion de la biomasse en azote absorbé à l'entrée et à la sortie de l'hiver (respectivement 51,8 et 62,7 kg N/10 t de biomasse aérienne fraîche). Cette combinaison de valeurs vise à limiter le risque de sous-estimation de la dose d'azote préconisée. Les autres paramètres utilisés dans le calcul de dose sont les mêmes que ceux déjà utilisés par la réglette.

### Evaluation de la dose d'azote préconisée par la Réglette

#### Dose d'azote

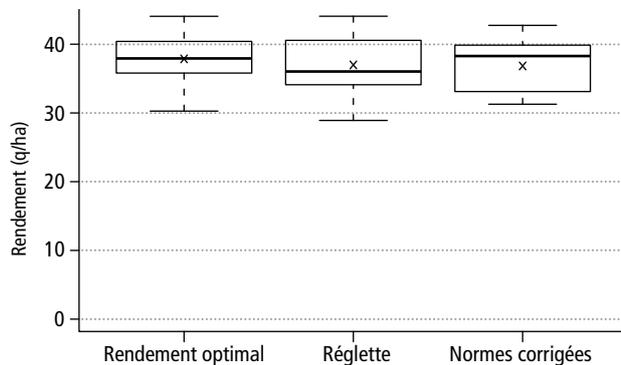
La dose d'azote proposée par la Réglette a été comparée à la dose optimale calculée *a posteriori* ainsi qu'à la dose indiquée par la méthode des normes corrigées. L'objectif de rendement utilisé pour chaque essai a été défini comme le rendement maximal observé diminué de 1 q/ha. La comparaison avec la méthode des normes corrigées permet d'évaluer l'intérêt de la réglette par rapport à l'une des deux méthodes de référence actuelle (Sinaj *et al.* 2009). Pour la méthode des normes corrigées, les valeurs utilisées correspondent aux nouvelles normes de fumure qui seront publiées prochainement, soit 150 kg N/ha pour un objectif de rendement de 35 q/ha (Sinaj, comm. pers.).

**Figure 3 | Doses d'azote recommandées par les différentes méthodes.****Figure 4 | Ecart entre la dose optimale, calculée *a posteriori* et les doses calculées par la Réglette et par la méthode des normes corrigées.****Tableau 3 | Nombre de situations de sur- et sous-fertilisation (n=11)**

	Réglette	Normes corrigées
Bonne dose (dose optimale $\pm 15$ kg N/ha)	7	3
Sous-fertilisation	4	6
Sur-fertilisation	0	2

En moyenne des onze essais, la dose optimale est de 160 kg N/ha (fig. 3). La dose moyenne proposée par la méthode des normes corrigées est de 150 kg N/ha alors qu'elle est de 142 kg N/ha avec la Réglette.

La dose optimale calculée *a posteriori* présente une variabilité allant de 26 à 226 kg N/ha. On retrouve cette variabilité avec la Réglette (7 à 203 kg N/ha), mais pas avec la méthode des normes corrigées (128 à 176 kg N/ha). Il apparaît que la méthode des normes corrigées s'adapte moins bien aux variations des besoins de la culture, notamment quand ceux-ci sont faibles. C'est ce que traduit la figure 4, qui montre l'écart entre la dose optimale calculée *a posteriori* et les doses calculées par la Réglette ou la méthode des normes corrigées. Non seulement les situations sur- ou sous-fertilisées par rap-



**Figure 5** | Rendements obtenus avec les doses d'azote préconisées par les différentes méthodes.

port à la dose optimale sont plus nombreuses avec la méthode des normes corrigées (tabl. 3), avec seulement trois situations à la bonne dose, contre sept sur onze avec la Réglette, mais les écarts sont aussi plus importants.

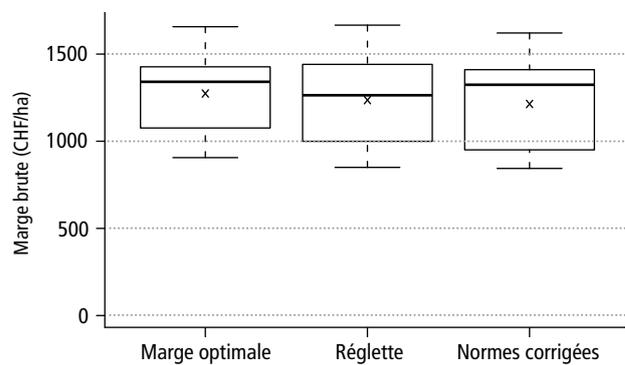
#### Rendement

En moyenne des onze essais, le rendement optimal calculé *a posteriori* est de 37,8 q/ha. Le rendement moyen permis par la Réglette est de 37,0 q/ha et atteint 36,8 q/ha avec la méthode des normes corrigées. Les rendements moyens obtenus par la Réglette azote colza® et par la méthode des normes corrigées ne sont pas significativement différents et ne sont pas différents non plus du rendement optimal moyen ( $P=0,05$ ). Le choix de l'une ou l'autre des méthodes n'est donc pas déterminant, les deux méthodes permettant d'atteindre des rendements très proches du rendement optimal (fig. 5).

#### Marge brute

Cette analyse est basée sur un prix de vente du colza de 730 CHF/t, un prix d'achat de l'azote à 1,5 CHF/unité et des charges opérationnelles estimées à 1250 CHF/ha (charges liées à l'azote exclues, données transmises par Agrigenève). La marge brute issue du calcul *a posteriori* de la dose optimale est de 1274 CHF/ha en moyenne des 11 essais (fig. 6). La marge brute moyenne permise par la Réglette est de 1236 CHF/ha alors qu'elle atteint 1214 CHF/ha avec la méthode des normes corrigées.

Sur ces essais, la marge brute moyenne obtenue par la méthode des normes corrigées est significativement inférieure à la marge brute moyenne issue du calcul *a posteriori* de la dose optimale ( $P=0,05$ ). La marge brute moyenne calculée par la Réglette azote colza® ne pré-



**Figure 6** | Marge brutes obtenues à partir des doses d'azote et des rendements obtenus par les différentes méthodes.

sente pas de différence significative avec la marge brute de référence moyenne, ni avec celle obtenue par la méthode des normes corrigées. Bien que les marges brutes obtenues avec la Réglette et avec la méthode des normes corrigées soient proches (+22 CHF/ha pour la Réglette), on retiendra tout de même que dans dix cas sur onze, la Réglette permet une marge brute légèrement supérieure (résultats non présentés).

## Conclusions

Les résultats de cette étude montrent une meilleure estimation des besoins en azote du colza et par conséquent de la dose à apporter avec la Réglette par rapport à la méthode des normes corrigées. Cette amélioration se manifeste par une réduction du nombre de situations de sur-fertilisation et de sous-fertilisation. En répondant mieux aux besoins en azote de la culture, la Réglette permet d'éviter les pertes par lessivage aux conséquences néfastes pour l'environnement. L'analyse économique a mis en évidence des résultats proches entre les deux méthodes, avec un léger avantage pour la Réglette. Cependant, la gestion de l'azote étant raisonnée à l'échelle de l'exploitation, une analyse économique à l'échelle système permettrait de mieux rendre compte de l'intérêt de la Réglette.

Les données utilisées pour évaluer la Réglette sont peu nombreuses et peu représentatives de la diversité des conditions de production du colza en Suisse. L'enrichissement de la base de données est donc nécessaire pour poursuivre l'évaluation et de la Réglette Azote en Suisse et permettre son optimisation. ■

**Riassunto****Réglette azote colza®: adattamento per la Svizzera di un ausilio per la concimazione azotata della colza**

*Réglette azote colza®* è un sistema di supporto decisionale in linea per la concimazione azotata della colza sviluppato dall'istituto francese Terres Inovia. Questo strumento permette di determinare il livello ottimale di azoto per il fabbisogno della coltura in considerazione dello stato di maturazione all'inizio e alla fine dell'inverno. I parametri del sistema *Réglette* sono stati valutati alla luce di esperimenti condotti da Agroscope tra il 1998 e il 2007. Basandosi su criteri tecnici, economici e ambientali, si è quindi proceduto a un confronto tra *Réglette* e il metodo delle norme corrette. Dagli esperimenti si evince che, rispetto al metodo delle norme corrette, il sistema *Réglette* ha permesso di migliorare la stima del fabbisogno azotato della colza. Questa maggior precisione si traduce in un minor numero di situazioni di sovraconcimazione o sottoconcimazione, quindi in una migliore gestione dell'azoto. Alla luce dei primi, incoraggianti risultati, questo studio deve essere portato avanti per valutare il sistema *Réglette* in altre situazioni, in modo da caratterizzare in modo ottimale le diverse condizioni della produzione di colza in Svizzera.

**Summary****Réglette azote colza®: a decision support tool for rapeseed N management adapted for Switzerland**

The *Réglette azote colza®* is a decision support tool for rapeseed nitrogen fertilization, developed by the French institute Terres Inovia. This tool was designed to determine the nitrogen dose the most adapted to the needs of the crop, based on the rapeseed status at the beginning and at the end of the winter. The parameters were evaluated from field experiments carried out by Agroscope. The tool was then tested on technical, economic and environmental criteria and compared to the corrected norms. On our dataset, the *Réglette azote colza®* gave better estimation of the crop's nitrogen needs than the corrected norms. The improvement of the estimation results in a reduction of the number of situation with nitrogen excess or deficiency, and therefore, an optimization of nitrogen use. This study, with first positive results, needs further assessment in various environments, to represent the diversity of the conditions of rapeseed production in Switzerland.

**Key words:** rapeseed, nitrogen fertilization, decision support tool.

**Bibliographie**

- Champolivier L., Baillet A., Flénet F. & Wagner D., 2014. Synthèse technique Terres Inovia, Nouvelle Réglette azote colza® 2014, Paramétrage et Evaluation. Non publié, 130 p.
- Maltas A., Charles R., Pellet D., Dupuis B., Levy L., Baux A., Jeangros B. & Sinaj S., 2015. Evaluation de deux méthodes pour optimiser la fertilisation azotée en grande culture. *Recherche Agronomique Suisse* 3 (3), 156–163.
- Sinaj S., Richner W., Flisch R. & Charles R., 2009. Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages. *Revue suisse d'Agriculture* 41 (1), 1–98.