

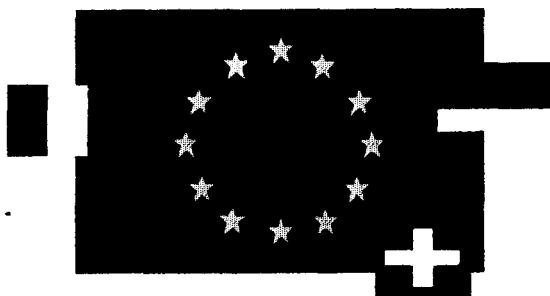


24336-2



ITADA

**Institut Transfrontalier
d'Application et de Développement Agronomique
Grenzüberschreitendes Institut
zur rentablen umweltgerechten Landwirtschaft**



**ELABORATION D'OUTILS COMMUNS DE VULGARISATION
POUR LES OPERATIONS DE CONSEIL AUX AGRICULTEURS**

Partie 2 : "introduction d'une culture intermédiaire après maïs"

RAPPORT FINAL DU PROJET B 4 (1996-1999)

**Etude cofinancée par l'initiative communautaire
INTERREG II "Rhin Supérieur Centre-Sud"**

ITADA

Institut Transfrontalier d'Application et de Développement
Grenzüberschreitendes Institut zur rentablen umweltgerechten Land



n° **33634**

Le programme d'actions de l'ITADA était placé sous la maîtrise d'ouvrage du Conseil Régional d'Alsace et cofinancé par :

- le Fonds Européen pour le Développement Régional (programme INTERREG),
- le Ministère de l'Agriculture du Land de Bade-Wurtemberg,
- les Cantons suisses de Bâle Ville, Bâle-Campagne, Argovie et Soleure ainsi que la Coop -Suisse,
- le Conseil Régional d'Alsace,
- l'Agence de l'Eau Rhin Meuse,
- l'Etat français via les Ministères de l'Agriculture et de l'Environnement,
- les Organisations Professionnelles Agricoles alsaciennes.

Le projet B 4

**ELABORATION D'OUTILS COMMUNS DE VULGARISATION
POUR LES OPERATIONS DE CONSEIL AUX AGRICULTEURS
Partie 2 : "introduction d'une culture intermédiaire après maïs"**

a été réalisé par :

R. KOLLER (ARAA) : chef de projet

F

R. VETTER (IfuL) : partenaire

D

Organismes associés : ITCF, AGPM, SUAD du Haut-Rhin et du Bas-Rhin
LEL, LAP, RPFR

ITADA Projet B 4 - 1996-1999

INTRODUCTION D'UNE CULTURE INTERMEDIAIRE APRÈS MAÏS ET AVANT CULTURE DE PRINTEMPS AFIN DE DIMINUER LE RISQUE DE LESSIVAGE DES NITRATES

SYNTHESE DE RESULTATS D'EXPERIMENTATIONS 1988-1999
réalisée dans le cadre du programme ITADA -
rédaction : Aurélie Gobillot, Hervé Clinkspoor et Rémi Koller (ARAA)
Août 1999

AVANT PROPOS

Cette synthèse a été réalisée par l'ARAA à partir des résultats recueillis depuis 1988 par de nombreuses expérimentations conduites en Alsace et en Pays de Bade.

Les organismes réalisateurs d'essais étaient

- pour la France, l'AGPM, les Chambres départementales du Bas-Rhin et du Haut-Rhin, l'ITCF, les Lycées agricoles d'Obernai et de Rouffach
- pour l'Allemagne : l'IfuL et le Regierungsprasidium Freiburg.

Nous tenons à les remercier de leur collaboration pour l'accès aux données, parfois déjà anciennes, et aux informations nécessaires à leur interprétation.

Les difficultés et les incertitudes que les auteurs expriment dans les discussions présentées dans ce rapport illustrent la sensibilité des techniques aux conditions de milieu dans lesquelles elles sont mises en œuvre et la variabilité des résultats agronomiques et environnementaux auxquelles elles conduisent.

Néanmoins, des conclusions de portée générale sur les performances et les limites des cultures intermédiaires après maïs, dans le contexte régional ont pu être dégagées, qui conduisent à présenter cette technique comme un des outils disponible pour la maîtrise des fuites de nitrates d'origine agricole, sans qu'on puisse prétendre qu'elle constitue une solution universelle et totalement sûre.

SOMMAIRE

1. Le problème posé : les sols nus en hiver derrière maïs	4
1.1 L'automne et le risque de lessivage	4
1.2 Les propositions du cadre de bonne pratique agricole en France	4
1.3 La situation en Alsace	5
1.3 bis La situation dans le Land de Bade-Wurtemberg	5
1.4 La recherche d'une alternative : l'introduction d'une culture intermédiaire	5
1.4 bis La situation réglementaire dans le Land de Bade-Wurtemberg	6
2. L'exploitation des résultats disponibles	6
2.1 Etat des données disponibles	6
2.2 L'introduction d'une nouvelle technique	7
3. Le semis sous couvert	8
3.1 Le modèle de croissance potentielle du ray-grass	8
3.2 Les résultats d'essais	12
321 Atteint-on le potentiel de croissance ?	14
322 Les causes de l'échec du ray-grass	17
3.3 La confrontation des résultats à la bibliographie	22
3.4 Les limites d'efficacité du semis sous-couvert	24
3.5 Questions économiques : les coûts de la technique	24
4. Le semis post-récolte	26
41 Le modèle de croissance	26
411 Le cas d'une céréale	26
412 Le cas d'une crucifère	27
42 La confrontation aux résultats	30
421 Atteint-on le potentiel ?	30
422 Les causes de mauvaise efficacité	30
423 Les effets sur les résultats azotés	31
43 La confrontation des résultats à la bibliographie	31
44 Les limites d'efficacité du semis post-récolte	32
45 Questions économiques	32
5. Conclusion	33
51 Résultat global de l'étude	33
52 Bilan des points forts et faibles	34
Résumé	36
Publications référencées	40
Annexes	41

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1, page 10 Calcul de l'azote prélevé par le RGI plante entière en conditions non limitantes depuis la récolte du maïs jusqu'à l'arrêt de végétation
- Tableau 2, page 13 Description des essais de semis sous couvert réalisés en Alsace de 1988 à 1998
- Tableau 3, page 16 Analyse des essais en Alsace de 1988 à 1998
- Tableau 4, page 21 Synthèse des différentes expérimentations de semis sous couvert, réalisées en Pays de Bade de 1996 à 1997
- Tableau 5, page 29 Résultats de semis post-récolte

LISTE DES FIGURES

- Figure 1, page 9 Production de biomasse des parties aériennes d'un RGI en conditions non limitantes
- Figure 2, page 11 Absorption théorique d'azote par un RGI plante entière en fonction des dates de récolte du maïs
- Figure 3, page 14 Croissance d'un RGI en conditions d'essais aux champs
- Figure 4 page 22 Parcelles du Dreisamtal : biomasse aérienne et azote prélevé
- Figure 5, page 27 Production de biomasse aérienne d'une céréale en conditions non limitantes
- Figure 6, page 28 Biomasse aérienne produite par une crucifère en conditions d'essais alsaciens

RESUME

Depuis les années quatre-vingt, le maïs est devenue la culture phare des exploitations agricoles de la plaine du Rhin supérieur et l'on en trouve aujourd'hui environ 155 000 ha en Alsace (dont 140 000 ha en grains et le reste en maïs ensilage), soit 46 % de la SAU, et environ 130 000 ha en Bade-Wurtemberg (dont 75 000 en maïs fourrage).

La meilleure marge procurée par le maïs a conduit à la simplification des systèmes et au développement de la monoculture sur certains secteurs en Alsace (plaine du centre -sud, bande rhénane nord) où les sols restent sans couverture végétale durant la moitié de l'année. En même temps, l'intensification de la culture via de fortes fertilisations azotées et l'irrigation a conduit à renforcer les possibles lessivages de nitrates vers la nappe phréatique. Ceci a provoqué inévitablement la montée des préoccupations des gestionnaires de la qualité de l'eau et abouti à l'accusation fréquemment portée au maïs d'être une culture " polluante ".

C'est pourquoi depuis maintenant 10 ans, la profession agricole alsacienne a cherché à mettre au point les techniques culturales permettant d'apporter au maïs l'azote et l'eau au plus près de ses besoins (dose, fractionnement...) par la mise en place de réseaux d'expérimentations. Parallèlement, de vastes opérations de conseil aux agriculteurs (Ferti-Mieux et plus récemment l'avertissement irrigation) ont été développées avec le soutien des pouvoirs publics. Celles-ci ont permis aux agriculteurs de mieux mesurer les enjeux économiques et environnementaux, d'accéder aux meilleures techniques possibles et d'évoluer progressivement volontairement vers des pratiques plus sûres pour l'environnement.

Aujourd'hui, force est de constater que si les pratiques de fertilisation et d'irrigation évoluent sur le terrain dans le bon sens, la plaine d'Alsace reste nue en hiver. L'azote restant dans le sol à l'automne, issu de reliquats d'après récolte en cas de " contre-performance " du maïs ainsi que de la minéralisation des sols, a donc de fortes chances d'être lessivé en profondeur et de contribuer à la pollution nitrique diffuse des eaux souterraines.

Le semis d'une culture intermédiaire après récolte d'un maïs grain est-il envisageable en Alsace ?

Si l'on peut envisager l'installation d'une culture intermédiaire après un maïs ensilage récolté avant la mi septembre, il est quasi impossible de réussir une implantation performante après la récolte d'un maïs grain qui n'intervient en moyenne, sous les conditions alsaciennes, qu'à partir de fin septembre pour les chantiers les plus précoces.

Il reste alors en effet trop peu de jours favorables à la croissance d'une culture intermédiaire avant l'hiver. Même si la levée des plantes s'effectue rapidement après le semis, ce qui n'est pas assuré chaque année, car l'automne est plutôt faiblement arrosé en Alsace, les températures deviennent dès novembre trop faibles pour assurer une croissance active du couvert. Enfin, comme l'indiquent les études climatiques fréquentielles, en année médiane, une température inférieure ou égale à - 3°C viendra stopper la croissance d'une moutarde dès la mi novembre-pour la plaine de Colmar-Mulhouse ou bien provoquer sa destruction par gel. Parmi les autres espèces au développement rapide fréquemment utilisées pour la couverture des sols, la phacélie gèlera encore plus facilement ! Le semis d'une navette fourragère d'hiver, résistante au gel, est une alternative possible, développée dans certains cas de l'autre côté du Rhin, en Bade-Wurtemberg, mais sa croissance est lente et son implantation est à réserver à des situations où le labour est repoussé à la sortie de l'hiver.

Le semis d'une céréale, espèce résistante au gel et peu coûteuse en semences ne s'avère pas non plus intéressant pour une culture intermédiaire destinée à être retournée au début de l'hiver car son potentiel de croissance est trop faible à l'automne pour un semis après la récolte du maïs. Les quelques essais de suivi d'un couvert de seigle laissé en place pendant l'hiver pour une destruction au début du printemps avant le semis du maïs n'ont pas non plus été concluants, la céréale étant trop mal installée et trop peu poussante en hiver pour améliorer ses performances en fixation d'azote du sol.

Le semis de graminées sous couvert du maïs : une alternative possible mais au résultat aléatoire !

Le semis sous-couvert désigne le fait de semer une ou un mélange d'espèces, généralement du ray-grass, entre les rangs de maïs et au début de sa période végétative. Cette culture intermédiaire s'installe tout doucement au début de l'été (stade 3-4 feuilles à début tallage pour un ray-grass vers la fin juillet) et reste ensuite à l'état latent en août et septembre sous le maïs. Elle prend ensuite de la vigueur lorsque les maïs se dessèchent et laissent pénétrer à nouveau la lumière jusqu'au sol (septembre – octobre), puis sa croissance devient maximale après la récolte de la céréale.

Le but du semis intercalaire est de piéger l'azote que le maïs n'aurait pas consommé mais aussi d'assurer une couverture végétale protégeant le sol après récolte en évitant l'érosion ou encore le tassement par les machines à la récolte ou lors d'épandage de déjections animales. Cette technique qui a été étudiée dans de nombreux pays (Allemagne, France, Belgique, Hollande et Suisse) est aujourd'hui bien connue et préconisée dans le cas du maïs ensilage et dans des régions qui ne sont pas exposées à des déficits hydriques. En Bade-Wurtemberg, cette pratique est développée sur les surfaces de maïs ensilage des exploitations ayant contracté des mesures agri-environnementales (programme MEKA), permettant de bénéficier d'une indemnisation forfaitaire de 140 DM/ha (environ 460 FF/ha) pour le semis de la culture intermédiaire, ou bien encore par obligation (loi SchALVO) dans les périmètres de captage protégés si le maïs grain se succède à lui-même. La date de retournement est fixée au 15 décembre pour les sols légers ou les parcelles ayant reçus des fertilisants organiques.

Pour ce qui concerne le maïs grain en Alsace, couramment récolté en octobre, ce thème a fait l'objet de travaux d'expérimentations ou de démonstrations depuis une dizaine d'années, dont plus de la moitié ont été réalisés dans le cadre des travaux de l'ITADA depuis 1994 (1).

En Alsace, les essais ont été réalisés le plus souvent avec une association de ray-grass anglais et de ray-grass d'Italie (fréquemment le mélange commercial allemand "Sédamix", constitué de 70 % de RGA et de 30 % de RGI).

Ces essais ont permis de mettre en évidence que le semis sous couvert était une technique difficile d'emploi dans les cultures de maïs grain. Les raisons en sont les suivantes :

- l'installation du ray-grass peut être un échec suite à une levée insuffisante à cause d'une sécheresse excessive du sol, à une phytotoxicité du désherbage du maïs ou bien encore une concurrence du maïs trop vive en été à cause d'un semis trop tardif de la graminée (après le stade 6-8 feuilles) qui n'a pas le temps de s'installer avant que le maïs ne couvre l'interligne. Une variété de maïs défavorable car tardive et dotée d'un fort développement végétatif peut aussi s'avérer responsable de l'échec de l'installation de la graminée. A noter que l'irrigation est un facteur qui ne facilite pas forcément l'installation du ray-grass, car le développement végétatif du maïs est alors maximum et occasionne une compétition pour la lumière renforcée pour la graminée sous couvert.
- Une mauvaise efficacité du couvert trouve son origine dans une date de récolte trop tardive qui ne laisse plus suffisamment de temps avant l'hiver pour une croissance significative ou bien encore une mauvaise gestion des résidus de récolte. A noter

cependant qu'une faible croissance du ray-grass après la récolte du maïs, occasionnée par exemple par une sécheresse prolongée d'automne ou bien une absence d'azote résiduel dans le sol se traduit par une faible absorption d'azote par le couvert et une impression d'échec de la technique, alors que le mauvais développement n'est pas pour autant synonyme d'échec sur le plan environnemental car le risque de lessivage de nitrates est alors quasiment nul.

Les effets du semis sous-couvert pour un maïs grains

Grâce à la présence d'un ray-grass installé sous couvert, et dans le cas d'un maïs grain récolté assez précocement (fin septembre- début octobre), on peut tabler sur :

- une diminution de la quantité de nitrates disponibles pour le lessivage. Il semble raisonnable, pour une situation moyenne sans excès de reliquats azotés à la récolte du maïs, de tabler sur 15 à 20 kg N/ha d'absorbés par la culture intermédiaire (parties aériennes + racines) d'ici l'entrée de l'hiver, comme l'ont montré les essais alsaciens. Dans des situations de reliquats azotés importants après récolte du maïs, l'absorption du couvert a pu être plus élevée (jusqu'à 45 kg N/ha dans la partie aérienne des plantes soit environ 60 kg N/ha en tenant compte des racines).
- une consommation d'eau, proportionnelle à la biomasse réalisée par le couvert, qui retardera la date de retour à une situation de drainage du sol, période à partir de laquelle le lessivage des nitrates débute.

Ces chiffres situent bien les limites que l'on peut attendre d'une technique de mise en place d'une culture intermédiaire par semis d'un ray-grass sous couvert d'un maïs grains. L'absorption d'azote par la couverture végétale obtenue dans les essais alsaciens n'a jamais atteint les valeurs obtenues dans les essais belges, allemands ou de suisse alémanique.

Les maïs à la végétation très luxuriante en Alsace (en partie irrigués) exercent sans doute un ombrage encore plus pénalisant qu'ailleurs, provoquant un dépérissement d'une grande partie des ray-grass juvéniles. De plus, la Pluviométrie souvent limitée à l'automne (27 à 32 mm en valeur médiane d'octobre sur 40 ans pour les stations d'Entzheim et de Meyenheim) ne permet pas vraiment à la culture intermédiaire de faire un fort rendement avant l'hiver et limite ainsi ses capacités à "piéger" l'azote du sol.

Une telle technique peut cependant contribuer utilement à diminuer les risques de lessivage de nitrates vers la nappe dans certaines situations préoccupantes (contre-performances du maïs qui conduit à une situation de surfertilisation). L'efficacité du couvert végétal devrait être plus forte s'il est conservé pendant tout l'hiver pour n'être détruit qu'au printemps suivant. Cette pratique pourrait s'envisager dans les cas où l'érosion pose problème ou bien chez les exploitations qui pourraient tirer partie d'une valorisation du fourrage produit avant sa destruction.

Le bilan à grande échelle d'une telle pratique semble séduisant, puisque l'on pourrait théoriquement grâce à la présence d'un couvert derrière maïs et en prenant en valeur moyenne 15 kg d'azote absorbés par hectare, fixer à l'automne sur les 155 000 ha de maïs alsaciens environ 2 300 tonnes d'azote qui seraient potentiellement soustraites du lessivage hivernal.

Cependant, il faut bien reconnaître que cette pratique qui non seulement aurait un coup important, ne constituerait absolument pas à elle seule une "assurance tout risque" et ne serait surtout pas généralisable à vaste échelle en Alsace.

En effet, pour l'essentiel de la sole de maïs grain alsacien qui est récolté après le 10 octobre, la technique de semis sous couvert d'un ray-grass est à considérer comme inadaptée. Le risque d'échec de l'installation du ray-grass est en effet non négligeable et l'efficacité en tant que piège à nitrates très limitée pour un couvert détruit par labour à l'entrée de l'hiver.

Les freins à la mise en œuvre de la pratique du semis sous couvert :

- *Les coûts directs :*

Les coûts immédiats engendrés sont ceux de l'achat des semences et du passage supplémentaire pour le semis dans le cas le plus classique. Le coût des semences varie pour 20 kg/ ha entre 250 et 350 F/ha. Enfin, le recours à un entrepreneur pour un binage préalable au semis (150 à 200 F/ha) ou un passage qui combine le binage, le désherbage localisée et le semis de ray-grass entre les rangs du maïs (coût moyen non établi) renforcent d'autant les charges. La technique unanimement recommandée d'un semis simultané avec un passage combinant le désherbage chimique localisé sur le rang et le binage entre les rangs permet déjà d'éviter un passage spécifique pour le semis du ray-grass et présente l'intérêt de pouvoir diminuer la quantité de semences car le contact sol-graines renforcé par le binage permet une meilleure levée.

- *Le manque de matériels adaptés dans les exploitations :*

En l'absence de recours à du matériel qui permet de biner, désherber sur le rang et semer en même temps, on peut utiliser un épandeur pneumatique d'engrais muni de " pendillards " qui déposent les semences à la surface du sol entre les rangs. Avec cette solution, on peut ensemençer facilement plusieurs dizaines d'hectares par jour.

Attention, les distributeurs à engrais centrifuges ne conviennent pas car les semences sont trop légères et leur distribution trop irrégulière (retenues aux aisselles des feuilles des maïs).

- *Le désherbage à adapter à la technique du semis sous couvert*

Le désherbage chimique sur le rang combiné avec un binage est plus lent qu'un traitement chimique classique en plein ce qui paraît difficile de réalisation lorsque l'on cultive de grandes soles de maïs. Cependant, une bineuse de 6 m équipée d'un pulvérisateur pour application localisée, désherbe environ 20 à 25 ha par jour (passage à 8 km/h). Bien sûr, il faut plus de temps que dans le cas d'un désherbage en plein avec un appareil de 24 m. Cependant, il convient de considérer l'économie en désherbants permise par la réduction de la dose d'environ 2/3 à l'hectare, ainsi que l'effet favorable sur l'environnement.

Notons qu'il est également envisageable de pratiquer un désherbage en plein du maïs avec des programmes qui ne sont pas phytotoxiques sur les ray-grass, soit en décalant suffisamment la date de traitement de celle du semis (désherbage de pré-levée), soit en utilisant des produits de post-levée qui ne sont pas agressifs (Mikado, Lentagran, Banvel, Titus+Bropryr..).

- *L'influence de la présence du ray-grass sur la productivité du maïs*

Contrairement à certains préjugés, les références obtenues indiquent que le semis intercalaire sous couvert du maïs n'exerce un effet dépressif que si l'on sème à un stade trop précoce (avant 4-6 feuilles).

- *L'abandon de variétés de maïs tardives pour fiabiliser la réussite de la pratique.*

On peut s'interroger si, en valeur moyenne, on prend un risque certaines années de ne pas atteindre le niveau de rendement maximum qu'offrent les variétés tardives. Le surcroît de rendement apporté par les variétés tardives n'est cependant pas systématiquement très important comme l'indiquent les comparaisons (Banguy / DK 300) faites dans certains essais de l'ITADA. D'autres situations ont permis de montrer qu'aucune différence conséquente de rendement ne se retrouvait entre une coupe du maïs réalisée fin septembre et une autre plus tardive à la mi-octobre pour une même variété sur une même parcelle. Le potentiel de rendement n'est donc pas systématiquement très handicapé par une date de récolte avancée du maïs, par contre il faut compter avec une humidité supérieure et donc avec des frais de séchage supplémentaires.

- *L'absence de broyage après la récolte des résidus*

Il est conseillé par les services techniques de broyer finement les cannes de maïs après la récolte afin de diminuer les populations de chenilles foreuses (pyrale, noctuelle..).

Quelle serait l'incidence d'un retour à des surfaces importantes de résidus de récolte non broyés à l'automne.

Publications sur les cultures intermédiaires derrière une culture de maïs

- Amon H.U. –1993- von der Unkrautbekämpfung zur Regulation der Grünbedeckung im Maïs. Landwirtschaft Schweiz Band n°6 : 649-660
- Cabaret MM et Al – 1995 – synthèse de travail sur 3 essais d'implantation d'un couvert végétal en culture de maïs – chambre d'agriculture de Côtes d'Armor -
- Chapot JY 1992 – nitrogen uptake kinetics of six nonleguminous cover crops after wheat to recover 100 kg /ha of residual nitrogen. Book of abstracts 2 th ESA Congress (Warwick) 344-345
- Chapot JY 1992 – comparison of nitrogen uptake potential of six nonleguminous cover crops after wheat. Estimate of some parameters of nitrate uptake. Book of abstracts 2 th ESA Congress (Warwick), 778-779
- Figaro M. - dans le sud-ouest : planter un ray-grass entre deux maïs – France Agricole août 1997 p 21-22
- Kansy G., Lasserre D. et Junkers F. –1997- mise en place de cultures intermédiaires après maïs avec et sans irrigation. Rapport de synthèse 1994-95 du projet 4 ITADA – 8 p
- Klay R. -1984- Untersaaten zu Maïs – rapport de Doctorat – FiBL 188 p
- Havard et al – 1998 : désherbage mixte du maïs et semis intercalaire de ray-grass – guide pratique de la chambre d'agriculture de Bretagne – guide pratique de 8 p
- Hugger H. 1989 – Umweltschonender Maisanbau in Südbaden - Zeitschrift Maïs 1/89 : 20-21
- Lacroix A : les solutions agronomiques à la pollution azotée – courrier de l'environnement de l'INRA n°24
- Lasserre D : comment piéger les nitrates entre deux maïs , Terroir magazine octobre1996 p46-47
- Laurent F –1995– Azote et interculture - dossier coordonné par ITCF – 64 p
- Mouroux et al – 1993 – couverture du sol en cultures de maïs et betterave sucrière – rapport de synthèse de l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (IRSIA)- Bruxelles- (B)²
- Thècle V. : piéger les nitrates : du ray-grass sous couvert e maïs - France Agricole avril 1998 p23
- Thierry J.et al –1994- compte rendu de synthèse d'expérimentations réalisées en Bretagne sur le semis de ray-grass entre les rangs de maïs – AGPM et Chambre d'agriculture de Bretagne
- Urvoy C. : monoculture en Alsace : Maïs : des couverts pour éviter le lessivage – France Agricole avril 1997 p28
- Van Dijk W. et al – 1997- Binden Zwischenfrüchte ausreichend Stickstoff ? Zeitschrift Maïs n°2/97 –4 p
- Vullioud P. et Collaud JF- 1997- semis intercalaire en cultures de maïs. Revue suisse d'agriculture n°29 : 253-257