

Diane Lyse Benoit

Impact du désherbage mécanique sur les patrons d'émergence des mauvaises herbes

Durée : 1 avril 2002 au 31 mars 2007 (5 ans)

Mots clés : mauvaises herbes, patron d'émergence , agriculture biologique, cultures maraîchères, sarcleur , répression mécanique

Résumé du projet : Le projet vise à documenter les patrons d'émergence des mauvaises herbes dans les systèmes de production conventionnelle et biologique tel qu'influencé par l'utilisation du désherbage mécanique.

Collaborateurs impliqués

Diane Lyse Benoit	AAC St-Jean QC	investigateur principal	1.0
Roger Chagnon	AAC St-Jean Qc	collaborateur (mise au point d'appareil de mesure de force)	0.0
Shahrokh Khanizadeh	AAC St-Jean Qc	collaborateur (essai sarcleur fraises)	0.0
Jerry Ivany	AAC Charlottetown PEI	collaborateur (essai sarcleur Plantes indicatrices)	0.0
Martin Chantigny	AAC Sainte-Foy QC	collaborateur (suivi azote et activité microbienne)	0.0

Rapport d'avancement

Au cours des dernières années D.L. Benoit a développé une expertise sur le désherbage mécanique et son influence sur la dynamique des populations de mauvaises herbes. Les derniers travaux de recherche ont permis de développer des techniques de travail pour étudier les différents phénomènes (températures sol/air en milieu naturel et en production agricole ; dormance ; sarclage) qui peuvent influencer la levée des mauvaises herbes en production maraîchère. Seuls les plus importants mauvaises herbes identifiées par le plus récent inventaire de mauvaises herbes en sol organique ont été ciblées par les travaux antérieurs.

Répression mécanique

Benoit *et al* (1995) ont développé une technique de plantes indicatrices qui permet d'obtenir des densités similaires de plantules d'une même espèce à un stade phénologique précis pour toutes les parcelles expérimentales et permettre ainsi la comparaison de l'efficacité respective des différents sarcleurs pour des conditions similaires et reproductibles. On pourra ainsi décrire le mode d'action de désherbage des sarcleurs à l'essai et comparer leur efficacité et identifier leur faiblesse (stimuler une deuxième germination, déplacer les plantules déracinées ou identifier la zone non travaillé).

Aucune information n'est disponible dans la littérature sur la force requise pour déraciner les plantules de différentes espèces d'adventices. La force requise varie selon le stade de développement, l'espèce, l'architecture d'enracinement et le type de sol et son état (humidité, compaction...). Benoit et Chagnon (données non publiées) ont développé un instrument pour mesurer la force requise pour déraciner une plante et les résultats préliminaires indiquaient que des tendance existaient (Fig. 1).

Dans le cadre de l'étude sur le sarclage mécaniques (Hotte et Benoit 1997), des données préliminaires non publiées ont démontrés l'influence du sarclage sur les patrons d'émergence. De plus, une étude non publiée (Benoit 2001) sur la levée d'*Ambrosia artemisiifolia* suite aux sarclages synchronisés avec le développement d'une culture maraîchère a démontré qu' un semis hâtif (27 avril) a créé un patron d'émergence d'herbe à poux similaire à celui que l'on observe en milieu naturel non perturbé. Un brassage de sol qui coïncide avec le stade cotylédon (carotte, laitue), le stade une feuille (laitue) et le stade crochet ou étendard (oignon) aura un effet stimulateur et augmentera l'amplitude de l'émergence de l'herbe à poux (Fig.2 et 3).

Benoit et Cloutier (1996, données non publiées) ont suivi l'activité microbienne par la méthode de la phosphatase alcaline (Tabatabai et Bremner 1969) et l'évolution de l'azote (NO_3 et NO_4) dans des parcelles sarclées et non sarclées. Des variations temporelles ont été observés pour l'azote (Fig. 4a, 4b) et l'activité microbiennes selon les différents niveaux de sarclage (Fig. 5) Cependant, ces données étaient préliminaires et des essais mieux structurés sont nécessaires pour bien documenter et confirmer l'influence du sarclage sur l'activité microbienne des sols. Des techniques de mesure mieux adaptées, plus robustes et rapides sont nécessaires pour quantifier l'activité microbienne en sol minéral.

Revue de littérature

Les secteurs de la production maraîchère où il existe une possibilité de croissance soutenue sont les exportations de légumes frais, les légumes fraîchement coupés et la production biologique dédiée au marché d'exportation. L'obstacle commun à la réalisation de cet objectif est l'amélioration des techniques de production et tout spécialement la répression des mauvaises herbes.

LA REPRESSION DES MAUVAISES HERBES

Les mauvaises herbes demeurent une des principales causes constantes de pertes de rendement des cultures maraîchères. On estimait en 1984 au Québec (Crop losses due to weeds in Canada & the United States. Weed Science Society of America) que les mauvaises herbes à elles seules contribuaient à 10% de réduction des rendements dans les carottes et 9% de réduction des rendements dans les oignons. Pour les carottes et les oignons produits en sol organique, le pourcentage de champs infestés des principales mauvaises herbes a augmenté de 1982 à 1993 et ce autant pour les champs d'oignons que ceux de carottes (Tableau 1). Comme cette hausse se poursuit depuis le dernier inventaire des mauvaises herbes, on peut présumer que les pertes de rendement dues aux mauvaises herbes sont tout probablement aussi à la hausse. À titre d'exemple, aucune donnée récente sur les infestations des mauvaises herbes dans la laitue n'est disponible mais le coût du désherbage a augmenté de 1088% depuis 1989 (Référence économique en agriculture. GEAGRI. 1989a, 1997).

La disponibilité et le choix des herbicides a grandement diminué. Dans certaines cultures maraîchères tel l'épinard, les carottes, les concombres, le céleri, la laitue, le poireau et les poivrons, il n'y a qu'une ou deux molécules homologuées quelque soit la méthode d'application et ce depuis plusieurs années (Tableau 2). Cependant pour les asperges, les haricots, le maïs sucré, les pois et les tomates, il existe plusieurs molécules disponibles. La répression des graminées annuelles en postlevée est assurée par plusieurs molécules très sélectives entre les cultures maraîchères et les graminées annuelles (Tableau 2). Ces dernières ne comportent plus d'entrave à la rentabilité des cultures maraîchères mais la répression des mauvaises herbes à feuilles larges reste problématique et coûteuse.

La pénurie d'herbicides efficaces a entraîné un changement de régie phytosanitaire tel la multiplicité des applications d'herbicides, l'ajout du sarclage mécanique et l'intensification du

désherbage manuel. À titre d'exemple, dans la culture de carottes et d'oignons en sol organique entre 1982 et 1993, les producteurs ont augmenté le nombre d'applications d'herbicides et dépendent du binage manuel et du sarclage mécanique pour arriver à contrôler les mauvaises herbes (Tableau 3). Ceci représentait en 1994 pour les carottes des coûts de désherbage de \$ 736 /ha, une augmentation importante de 55% par rapport à 1989, alors que pour les oignons cela représentait des coûts de désherbage de \$ 1036 /ha (une augmentation de 10%) sans compter les réductions de rendements associées aux herbicides moins efficaces utilisés pour contrôler les mauvaises herbes (Référence économique en agriculture. GEAGRI. 1989b,c, 1994).

Par conséquent, la contribution des méthodes alternatives à la répression chimique tel le sarclage, le faux semis et le travail minimum deviennent plus importants en absence de nouvelles molécules homologuées dans les légumes. Ces méthodes alternatives seront bénéfique pour la production conventionnelle en leur fournissant un outil supplémentaire pour lutter contre les mauvaises herbes mais aussi pour la production biologique en améliorant les connaissances écologiques reliées aux interventions mécaniques. Cependant l'efficacité de ces méthodes alternatives est dépendante de notre connaissance de leur mode d'action et des phénomènes qui gouvernent l'émergence des mauvaises herbes et notre capacité à prédire ces émergences ainsi que leur amplitude.

LE DÉSHERBAGE MÉCANIQUE

Avant les années 80, très peu d'ouvrages scientifiques abordaient le sujet du sarclage mécanique et de son influence sur le développement des cultures. Mais l'intérêt grandissant pour l'agriculture biologique et/ou la réduction des herbicides a fait en sorte qu'un nombre important d'études sur le sarclage mécanique ont été entreprises dans les grandes cultures (Gunsolus 1990 ; Lampkin 1990 ; Parish 1990) et dans les cultures maraîchères (Ascard 1992, 1993 ; Hotte et Benoit 1997 ; Melander 1998 ; Melander and Hartvig 1995, 1997 ; Melander and Rasmussen 2001 ; Meyer and Bertram 1998 ; Tessier 1993). Toutes ces études cherchaient à déterminer le type de sarcleurs et sa fréquence d'utilisation afin d'obtenir une bonne répression des mauvaises herbes et un rendement acceptable.

L'acceptation et l'incorporation du sarclage mécanique dans les systèmes de production conventionnelle ou biologique devra s'appuyer sur des technologies de pointe tel la conception assistée par ordinateur, les systèmes de guidage automatisé, la vision numérique (technologie de reconnaissance des mauvaises herbes) et des connaissances sur la dynamique de populations des plantes (Cloutier et Leblanc 2000). Il existe un grand nombre d'ouvrages de vulgarisation sur le sarclage mécanique (Bowman 1997 ; CPVQ 2000 ; Duval 1997 ; Frick 1998 ; Sullivan 1999 ; Wallace 2001) mais il n'y a pas de technique standard pour évaluer et comparer les sarcleurs mécaniques. De plus, très peu d'études scientifiques ont exploré les modes d'action des sarcleurs ou quantifié leur impact sur les levées des mauvaises herbes et l'activité biologique des sols.

Évaluation des sarcleurs mécaniques

L'évaluation scientifique des sarcleurs mécaniques est un domaine qui a été négligé et les quelques travaux effectués en ce sens l'ont été pour les céréales en Europe (Rasmussen, 1991; Reimann, 1987; Vogtmann, 1985). Il n'existe pas de méthode standard et non-subjective pour faire l'évaluation de l'efficacité des sarcleurs (Parish, 1990; Lampkin, 1990) et il serait essentiel d'établir une méthodologie objective d'évaluation qui serait utilisable dans toutes les cultures.

Traditionnellement, les évaluations ont été faites à partir de la flore adventice déjà présente dans un site. Cette approche a comme principal défaut de juger un sarclage comme étant bon si la pression exercée par les mauvaises herbes est faible (basse densité) tandis que les conclusions pourraient être le contraire dans le cas de très fortes infestations. Il importe donc d'évaluer les sarcleurs dans une situation où la densité et la distribution spatiale de l'espèce à réprimer sont connues. Pour être objective, les paramètres utilisés devraient mesurer le % de la surface où les mauvaises herbes sont effectivement détruites par le passage du sarclage, tout en tenant compte du déplacement et de la reprise des plantes suite au passage des sarcleurs. Pour être précise, une telle évaluation ne peut être faite que sur des populations semées de plantes et dont la densité émergée et le stade phénologique est connue. Ceci permet d'éviter le problème des évaluations conventionnelles qui dépendent des populations endémiques et extrêmement variables de mauvaises herbes et elle permet donc de juger les sarcleurs sur une base comparable et objective.

Benoit *et al* (1995) ont développé une technique de plantes indicatrices qui permet d'obtenir des densités similaires de plantules d'une même espèce à un stade phénologique précis pour toutes les parcelles expérimentales et comparer l'efficacité respective des différents sarcleurs pour des

conditions similaires et reproductibles. On peut ainsi décrire le mode d'action de désherbage des sarclours à l'essai et comparer leur efficacité et identifier leur faiblesse (stimuler une deuxième germination, déplacer les plantules déracinées ou identifier la zone non travaillé).

Aucune information n'est disponible dans la littérature sur la force requise pour déraciner les plantules de différentes espèces d'adventices. La force requise varie selon le stade de développement, l'espèce, l'architecture d'enracinement et le type de sol et son état (humidité, compaction...). Benoit et Chagnon (données non publiées) ont développé un instrument pour mesurer la force requise pour déraciner une plante et les résultats préliminaires indiquaient que des tendance existeraient (Fig. 1).

La levée des mauvaises herbes

Le processus de la levée débute dès que la graine a germé et dure jusqu'à ce qu'elle atteigne la surface du sol. Ainsi la levée résulte du bris de la dormance, de la germination, de la croissance du germe et de son émergence hors du sol. Les facteurs responsables de la levée sont principalement reliés à la croissance du germe qui se traduit par l'allongement de la radicule et la croissance épigée ou hypogée de la plantule vers la surface. La plantule a certaines exigences physiologiques de croissance et des barrières physiques à franchir pour atteindre la surface du sol (Leblanc *et al.* 1998).

Il est probable que certains patrons de levée qui ont été décrits dans la littérature soient des artefacts liés à la méthodologie utilisée plutôt que des cycles inhérents aux populations de mauvaises herbes (Leblanc *et al.* 1998). En effet, le patron de levée des mauvaises herbes a souvent été décrit à partir de graines récoltées l'automne précédent (Bouwmeester and Karsen 1993 ; Harvey and Forcella 1993 ; Stoller and Wax 1973). Cette méthode peut permettre de quantifier la mortalité ou la dormance de certaines graines de mauvaises herbes mais ne reflète pas nécessairement la périodicité naturelle d'émergence de la flore endémique en conditions naturelles (ie. au champ) (Leblanc *et al.* 1998). Dans la plupart des expériences effectuées pour décrire le patron d'émergence des adventices, une application de paraquat est effectuée suite au comptage des plantules (Bond and Baker 1990 ; Froud-Williams *et al.* 1983 ; Rahman and James 1993 ; Roberts 1984 ; Roberts and Potter 1980 ; Stoller and Wax 1973). L'utilisation de cet herbicide est problématique car il peut avoir un effet résiduel de courte durée dans le sol créant ainsi des cohortes artificielles de germination de mauvaises herbes.

La levée des mauvaises herbes au champ demeure intractable car elle reflète le résultat de plusieurs facteurs et leur interaction. Ces études ne tiennent souvent pas compte de toutes les conditions présentes au champ qui interagissent et qui évoluent sans cesse durant la saison (Leblanc *et al.* 1998).

Influence du sarclage sur les patrons d'émergences des mauvaises herbes

Le sol et ses composantes sont la principale barrière physique que le germe doit franchir pour atteindre la surface. Elle offre une résistance physique à l'émergence de la plantule et peut mettre en péril sa survie si elle persiste trop longtemps. Une croûte de sol peut empêcher l'émergence de 97% des graines qui germent dans le sol (Cloutier *et al.* 1996). Il n'est donc pas surprenant de voir une levée accrue de mauvaises herbes suite à un binage ou à un sarclage. Dans ce cas précis, l'intervention mécanique ne provoque pas la germination mais favorise la levée (Cloutier *et al.* 1996). La pluie a le même effet sur la croûte du sol qu'un travail mécanique. Par conséquent tout travail du sol peut favoriser ou défavoriser la germination des graines et la levée des adventices (Roberts and Feast 1970). Le germe est fragile et facilement détruit par des interventions mécaniques.

Le travail du sol, à différents moments de l'année et à différents degrés d'intensité, peut modifier la densité, la composition floristique et l'étendue de l'émergence des mauvaises herbes. Le travail du sol au printemps donne une composition floristique différente d'un travail du sol réalisé à l'automne (Lawson *et al.* 1974 ; Roberts 1984 ; Roberts and Potter 1980). En Angleterre, Roberts et Potter (1980) ont démontré qu'après la levée des plantules attribuable au sarclage, l'émergence tombe à un niveau similaire à celui des parcelles non perturbées et se caractérise par des levées mineures reliées aux précipitations. Pour déterminer l'effet du sarclage sur la levée des mauvaises herbes le râteau de jardin a été utilisé dans plusieurs expériences (Hakansson 1992 ; Roberts 1984 ; Roberts and Potter 1980). Or, il n'est pas démontré que cet instrument reproduise adéquatement la perturbation du sol occasionnées par le passage d'un sarcleur mécanique.

Dans le cadre de travaux sur la levée d'*Ambrosia artemisiifolia* suite aux sarclages synchronisés avec le développement d'une culture maraîchère, Benoit (2001, données non publiées) a démontré qu'un semis hâtif (27 avril) a créé un patron d'émergence d'herbe à poux similaire à celui que l'on observe en milieu naturel non perturbé. Un brassage de sol qui coïncide avec le stade cotylédon (carotte, laitue), le stade une feuille (laitue) et le stade crochet

ou étendard (oignon) aura un effet stimulateur et augmentera l'amplitude de l'émergence de l'herbe à poux (Fig.2 et 3).

Influence du sarclage sur l'activité biologique des sols

Beaucoup de facteurs tel les rotations, la végétation endémique, les amendements, le travail du sol et les pesticides peuvent influencés l'activité biologique (flore et faune) des sols (Tabatabai 1982). Cette activité est aussi influencée par des changements de températures, d'humidité et l'aération du sol, la disponibilité de l'azote totale sous forme de nitrite (NO_3) et nitrate (NO_4). L'activité microbienne est généralement mesurée par l'activité de l'enzyme phosphatase alcaline (Juma 1976; Speir et Ross 1978) Beaucoup de généralités sur ces phénomènes sont véhiculées dans la littérature sur l'agriculture biologique mais très peu d'études scientifiques documentent et quantifient ces phénomènes.

Benoit et Cloutier (1996, données non publiées) ont suivi l'activité microbienne par la méthode de la phosphatase alcaline (Tabatabai et Bremner 1969) et aussi l'évolution de l'azote (NO_3 et NO_4) dans des parcelles sarclées et non sarclées. Des variations temporelles ont été observés pour l'azote (Fig. 4a, 4b) et l'activité microbiennes selon les différents niveaux de sarclage (Fig. 5) Cependant, ces données étaient préliminaires et des essais mieux structurés sont nécessaires pour bien documenter et confirmer l'influence du sarclage sur l'activité microbienne des sols. Des techniques de mesure mieux adaptées, plus robustes et rapides sont nécessaires pour quantifier l'activité microbienne en sol minéral.

Description du projet

Hypothèses:

- 1) Chaque sarcler a son mode d'action. Son efficacité à réprimer certaines espèces de mauvaises herbes à des stades précis est en partie expliqué par l'architecture des racines des mauvaises herbes et la force nécessaire pour les arracher. Les différents sarclers n'ont pas tous la même agressivité (ie force requise pour arracher les mauvaises herbes).
- 2) Le stade de la culture auquel le sarclage est fait a une influence sur le développement subséquent de la culture et sur ses rendements
- 3) Les sarclers peuvent influencer les patrons d'émergence des différentes mauvaises herbes et changer l'amplitude et la durée de l'émergence.
- 4) Le sarclage mécanique augmente l'activité microbienne et la disponibilité des nitrates et certains sarclers sont plus efficace à provoquer ces changements que d'autres.

Objectifs du projet

1. mettre au point une technique objective et reproductible pour évaluer l'efficacité de différents sarclers à détruire les adventices
2. Documenter la force requise pour déraciner les plantules d'adventices
3. Documenter l'influence des sarclages à des stades critiques des cultures sur les dommages, le développement phénologique et les rendements
4. Déterminer l'impact du sarclage sur les patrons d'émergence des mauvaises herbes endémiques en sol organique et minéral sous des conditions de production conventionnelle et biologique.
5. Documenter l'impact du sarclage sur l'activité microbienne et l'évolution de l'azote des sols minéraux sous des conditions de production conventionnelle et biologique.

Expériences prévues et protocoles

1. mettre au point une technique objective et reproductible pour évaluer l'efficacité de différents sarclers à détruire les adventices
 - a. sélectionner et évaluer le potentiel d'espèces horticoles comme plantes indicatrices (2002)
 - i. Dispositif en bloc complet avec 4 répétitions. Comparer 8 espèces à 1 taux de semis en absence de culture avec sarcler Buddingh

- ii. Espèces proposées : *Amaranthus caudatus*, *Celosia plumosa*, *Mathiola*, *Sinapsis alba*, *Gypsophila elegans*, *Pennisetum glaucum*, Laitue, Brocoli
 - iii. Traitements : Non sarclé (témoin- cotylédon); Non sarclé (témoin- 2 feuilles); Sarclé au stade cotylédon; Sarclé au stade 2 feuilles
 - iv. Paramètres mesurés : 24h avant le sarclage : dénombrer le nombre de plantules et leur stade BBCH; Au moment du sarclage : déterminer la température et le % d'humidité du sol; 5 jours après le sarclage : dénombrer de nouveau les plantules et leur stade BBCH, sur les mêmes bouts de rang. Mesurer la distance entre les plantules survivantes et leur emplacement original.
 - b. Avec la technique des plantes indicatrices, documenter le comportement et l'efficacité des différents sarcleurs mécaniques disponibles pour le secteur horticole sous des conditions édaphiques et climatiques variables (2003 et 2004).
 - i. dispositif en tiroir en blocs aléatoires complets répétés quatre fois. Les parcelles principales sont les sarcleurs à l'essai et les sous-parcelles sont les stades des plantes indicatrices (cotylédon, 1F, 2F, 4F) à deux taux de semis.
 - ii. Traitements : 1) Non sarclé mais irrigué 2) non sarclé et non irrigué 3) Sarclé et irrigué 4) sarclé et non irrigué
 - iii. Paramètres mesurés : 24h avant le sarclage : dénombrer le nombre de plantules et leur stade BBCH; Au moment du sarclage : déterminer la température et le % d'humidité du sol; 5 jours après le sarclage : dénombrer de nouveau les plantules et leur stade BBCH, sur les mêmes bouts de rang. Mesurer la distance entre les plantules survivantes et leur emplacement original.
2. Documenter la force requise pour déraciner les plantules d'adventices
 - a. Décrire l'architecture des racines de différentes espèces d'adventices à des stades phénologiques juvéniles (2003)
 - i. Mesure architecture des racines au stade cotylédon, F2, F4, F6 de plusieurs adventices en utilisant la technique la plus adéquate pour les petits spécimens (Böhm 1979)
 - b. Mettre au point et tester l'instrument de mesure et tester sa fiabilité et sa précision (2003)
 - c. Mesurer la force requise de déracinement pour différentes espèces d'adventices à des stades phénologiques juvéniles et mettre en relation avec leur architecture d'enracinement (2003)
 - i. Voir Böhm 1979.
3. Documenter l'influence des sarclages à des stades critiques des cultures sur les dommages, le développement phénologique et les rendements
 - a. Décrire et mesurer l'impact du sarclage sur la carotte, l'oignon, le céleri et la laitue en sol organique (2003 à 2005)
 - i. Un dispositif par culture; Dispositif en tiroir 3 répétitions
 - ii. Traitement : SARCLAGE UNIQUE à un stade précis de la culture (avant émergence, cotylédon, 1F, 2F, 3F) avec 3 sarcleurs différents appropriés à

- chaque culture; SARCLAGE CUMULATIF à tous les stades prévus; témoin non sarclé; témoin avec herbicide
- iii. Mesurer émergence sur 1 m par parcelle; Évaluation visuelle des dommages (échelle WSSA) 2-3 jours après chaque sarclage; Développement (BBCH) pour 10 plants marqués par parcelle et nombre de MH dans 2 quadrats par parcelle, avant sarclage, et 2-3 jours après sarclage dans chaque parcelle; Biomasse de la culture 1 semaine après dernier sarclage 1 m linéaire de rang et rendement à la récolte.
- b. Décrire et mesurer l'impact du sarclage sur le maïs sucré, le concombre, et le haricot en sol minéral (2004 à 2006)
 - i. Un dispositif par culture; Dispositif en tiroir 3 répétitions
 - ii. Traitement : SARCLAGE UNIQUE à un stade précis de la culture (avant émergence, cotylédon, 1F, 2F, 3F) avec 3 sarcleurs différents appropriés à chaque culture; SARCLAGE CUMULATIF à tous les stades prévus; témoin non sarclé; témoin avec herbicide
 - iii. Mesurer émergence sur 1 m par parcelle; Évaluation visuelle des dommages (échelle WSSA) 2-3 jours après chaque sarclage; Développement (BBCH) pour 10 plants marqués par parcelle et nombre de MH dans 2 quadrats par parcelle, avant sarclage, et 2-3 jours après sarclage dans chaque parcelle; Biomasse de la culture 1 semaine après dernier sarclage 1 m linéaire de rang et rendement à la récolte.
 - c. Décrire et mesurer l'impact du sarclage sur les fraises en sol minéral (2005 et 2006)
 - i. Dispositif en tiroir 3 répétitions
 - ii. Traitement : SARCLAGE UNIQUE à un stade précis de la culture avec 3 sarcleurs différents appropriés aux fraises l'année d'implantation et l'année de production; SARCLAGE CUMULATIF à tous les stades prévus; témoin non sarclé; témoin avec herbicide
 - iii. Mesurer émergence sur 1 m par parcelle; Évaluation visuelle des dommages (échelle WSSA) 2-3 jours après chaque sarclage; Développement (BBCH) pour 10 plants marqués par parcelle et nombre de MH dans 2 quadrats par parcelle, avant sarclage, et 2-3 jours après sarclage dans chaque parcelle; Biomasse de la culture 1 semaine après dernier sarclage 1 m linéaire de rang et rendement à la récolte.
4. Déterminer l'impact du sarclage sur les patrons d'émergence des mauvaises herbes endémiques en sol organique et minéral sous des conditions de production conventionnelle et biologique.
 - a. Faire l'inventaire des mauvaises herbes endémiques en sol organique (2002) et en production biologique en sol minéral (2003).
 - i. Le but de l'inventaire de 2002 est de faire le suivi des inventaires précédents et de vérifier l'ampleur des changements floristiques des populations de mauvaises herbes dans la culture d'oignons et de carottes en sol organique suite aux changements majeurs de régimes dans ces cultures et de mieux positionner nos recherches pour les prochaines années.
 - ii. Le but de l'inventaire de 2003 est d'identifier les espèces présentes en production biologique en sol minéral.

- iii. Méthodes d'échantillonnage de l'inventaire décrites par Doyon et al. 1982. Pour chaque champ inventorié, les paramètres sont compilés pour chaque espèce: densité, abondance locale, recouvrement, recouvrement local, fréquence, recouvrement global
 - b. Suivre des patrons d'émergence des adventices suite au sarclage au printemps en sol organique en production conventionnelle (2004 à 2006)
 - i. Quatre sarcleurs sont mis à l'essai : dispositif en tiroir avec 3 répétitions
 - ii. Quatre désherbages mécaniques seront effectués à des dates différentes et selon le stade phénologique de 3 cultures. Carottes au stade cotylédon, F1,F2,F3; Laitue au stade cotylédon ou F1, F2-3,F4-5,F6-7; oignons au stade étendard, F1,F2,F3. Témoin non sarclé dans chaque culture.
 - iii. Mesurer l'émergence (# de plantules par quadrat) 2 fois par semaine.
5. Documenter l'impact du sarclage sur les patrons d'émergence des adventices, l'activité microbienne et l'évolution de l'azote des sols minéraux sous des conditions de production conventionnelle, et biologique.
 - a. Réserver une section de terrain en sol minéral et de 2003 à 2005 mettre en transition pour avoir un site certifié biologique dans lequel des essais pourront être fait
 - b. Mettre au point des techniques de mesure rapide et précise de l'activité microbienne (2004)
 - i. Mettre au point une technique plus rapide de celle de la phosphatase alcaline. Évaluer technique FAL (Federal Agricultural Research Centre, Braunschweig Allemagne).
 - c. Suivre des patrons d'émergence des adventices suite au sarclage au printemps en sol minéral pour les 2 systèmes de production (2004 à 2006).
 - i. Utiliser un protocole similaire qu'au point 4b pour la culture des haricots et du maïs sucré, brocoli
 - d. Documenter l'évolution de l'azote et autres composantes physiques associées à la qualité des sols (températures, aération (CO₂ et O₂), humidité, texture...) en sol minéral pour les 2 systèmes de production (2004 à 2006)
 - i. (voir objectif 5c et utiliser le même site expérimental)
 - ii. mesurer azote totale, nitrite et nitrate et humidité du sol 24 h avant et 24 h après le sarclage, 7, 14 21 jours après sarclage; enregistrer température du sol/air, pluviométrie
 - e. Documenter et quantifier l'activité microbienne suite au sarclage au printemps en sol minéral pour les 2 systèmes de production (2004 à 2006)
 - i. (voir objectif 5c et utiliser le même site expérimental)

- ii. mesurer l'activité microbienne 24 h avant et 24 h après le sarclage, 7, 14 21 jours après sarclage;

Retombées scientifiques, industrielles et socio-économiques

Les retombées de ce projet sur le désherbage mécanique sont d'intérêt scientifique pour les patrons d'émergence des mauvaises herbes où l'information est partielle sinon nulle dans plusieurs cas. L'efficacité du désherbage mécanique est dépendante de notre connaissance de leur mode d'action et des phénomènes qui gouvernent l'émergence des mauvaises herbes et notre capacité à prédire ces émergences ainsi que leur amplitude. Ces connaissances permettront d'alimenter les systèmes-experts tel que DÉSHERB en information mieux adapter aux systèmes de production en cultures horticoles et à CIPRA en données nécessaires à la modélisation de l'émergence des mauvaises herbes.

Les connaissances objectives acquises sur l'efficacité des sarcleurs mécaniques seront bénéfique pour la production conventionnelle en leur fournissant un outil supplémentaire pour lutter contre les mauvaises herbes mais aussi pour la production biologique en améliorant les connaissances écologiques reliées aux interventions mécaniques. Une meilleure connaissance des capacités de désherbage des différents sarcleurs disponibles sur le marché permet aussi de faire un meilleur choix et de connaître les stades auxquels ils sont moins dommageables pour la culture et plus efficace à réprimer les mauvaises herbes. De plus, une meilleure connaissance de leur efficacité à des stades précis de mauvaises herbes permet une utilisation plus rationnelle et rentable du désherbage mécanique.

Le facteur limitatif à la croissance des produits biologiques est la faiblesse d'un approvisionnement stable. De meilleurs techniques de production pour les agriculteurs biologiques aideraient les distributeurs de ces produits à maintenir un approvisionnement stable. Les connaissances sur le désherbage mécanique sont essentiel car ce sont les mauvaises herbes qui limitent le plus la production biologique. De meilleures techniques de production peuvent être développées si elles sont soutenues par une recherche scientifique accrue de l'agriculture biologique. L'IRAC (Inventaire de la recherche agro-alimentaire du Canada) indique qu'aucune recherche n'est en cours spécifiquement sur l'agriculture biologique au Canada et que l'acquisition des connaissances de la dynamique de cet agro-écosystème sont absentes.

Reviseurs suggérés

Gilles Leroux

Université Laval

Département de phytologie

Pavillon Comtois

Québec, Québec G1K 7P4

Canada

Tel : (418) 656-5141

Courriel: gilles.leroux@plq.ulaval.ca

Guy Lafond

Agriculture and Agri-food Canada

AGR Research Indian Head

CP 760

INDIAN HEAD SK S0G 2K0

Tel: (306) 695-5220

Courriel: Lafond@em.agr.ca

Clarence Swanton

University of Guelph

Plant Agriculture Department

University of Guelph

Guelph, Ontario N1G 2W1

Canada

Tel: (519) 824-4120 ext.3386

Courriel: cswanton@plant.uoguelph.ca

Références

- Ascard, J. 1993. Inter-row cultivation in carrots: the effect on yield of hoeing and brush weeding. 4^{ième} conférence internationale IFOAM. Dijon, France p.321-325.
- Ascard, J. 1992. Weed control effect of different flaming systems. Agricultural Engineering International conference. Uppsala, Sweden. p.580-581.
- Benoit, D.L. et M. Bélanger. 1994. Inventaire des mauvaises herbes dans les cultures de carottes et d'oignons en sol organique. Résumé de recherches. Agriculture et agroalimentaire Canada. Centre de recherche et de développement en horticulture. Saint-Jean-sur-Richelieu. Vol.23 : 24-28.
- Benoit, D.L., D. Cloutier, y J. Recasens. 1995. Métodos alternativos de represión de las malas hierbas: Escardadores mecánicos y técnicas de evaluación. Congreso 1995 de la Sociedad Española de Malherbología. p.27-36.
- Böhm, W. 1979. Methods of studying root systems. Ecological studies 33. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg New York 188pp.
- Bond, W. and P.J. Baker. 1990. Patterns of weed emergence following soil cultivation and its implications for weed control in vegetable crops. BCPC Monogr. 45: 63-68.
- Bouwmeester, H.J. and C.M. Karssen. 1993. Seasonal periodicity in germination of seeds of *Chenopodium album* L. Ann. Bot. 72: 463-473.
- Bowman, G. 1997. Steel in the field: a farmer's guide to weed management tools. Sustainable Agriculture Network. Burlington, VT
- Cloutier, D.C., M.L. Leblanc, D.L. Benoit, L. Assémat, A. Légère et C. Lemieux. 1996. Evaluation of a field sampling technique to predict weed emergence. Ann. Assoc. Nat. Prot. Pl. 10 :3-6.
- Cloutier, D.C. et M.L. Leblanc. 2000. Lutte mécanique contre les adventices en agriculture. Chapitre 13. p199-213 In : La lutte physique en phytoprotection. C. Vincent, B. Panneton et F. Fleurat-Lessard eds. INRA, Paris.
- CPVQ inc. 2000. Guide des pratiques de conservation en grandes cultures. Entente auxiliaire Canada-Québec pour un environnement durable en agriculture; CPVQ; FPCCQ; MAPAQ; MENV; AAC. 500pp.
- Doyon, D., J.-M. Deschênes, C.J. Bouchard et R. Rioux. 1982. Les inventaires de mauvaises herbes dans les principales cultures au Québec. I. Buts et méthodologie. Phytoprotection 63 : 10-21.
- Duval, J. 1997. Mechanical weed control in cereals. EAP Publication 72. Ecological Agricultural Projects. Ste-Anne-de-Bellevue, Qc.
- Frick, B. 1998. Weed management for organic producers. Agriculture and Agri-Food Canada, Saskatoon Research Centre, Saskatoon SK.
- Froud-Williams, R.J., R.J. Chancellor and D.S.H. Drennan. 1983. Influence of cultivation regime upon buried seeds in arable cropping systems. J. Appl. Ecol. 20: 199-208.
- GEAGRI. 1989a. Référence économique en agriculture. Légumes en terre noire - Budget. Laitue. Agdex 251/821 mai 1989. p.5-6.
- GEAGRI. 1989b. Référence économique en agriculture. Légumes en terre noire - Budget. Carottes. Agdex 251/821. mai 1989. p.11-12.
- GEAGRI. 1989c. Référence économique en agriculture. Légumes en terre noire - Budget. Oignons. Agdex 251/821. mai 1989. p.15-16.
- GEAGRI. 1994. Référence économique en agriculture. Légumes en terre noire - Budget. Carottes et oignons jaunes. Agdex 251/821. décembre 1994. 6pp.
- GEAGRI. 1997. Référence économique en agriculture. Légumes en terre noire - Budget. Laitue pommée. Agdex 251/821f. septembre 1997. 2pp.
- Gunsolus, J.L. 1990. Mechanical and cultural weed control in corn and soybeans. American Journal Alternative Agriculture 5: 114-119.
- Hakansson, S. 1992. Germination of weed seeds in different seasons. P.45-54 in IX^e Colloque International sur la biologie des mauvaises herbes, ANPP, 16-18 septembre 1992. Dijon, France.
- Harcey, S.J. and F. Forcella. 1993. Vernal seedling emergence model for common lambsquarters (*Chenopodium album*). Weed Sci. 41: 309-316.

- Hotte, M.J. et D.L. Benoit. 1997. Évaluation de trois types de sarclage dans des cultures maraîchères produites en sol organique et en sol minéral. Rapport final. Entente auxiliaire Canada-Québec pour un environnement durable en agriculture. 129p.
- Juma, N.G. 1976. Phosphatase activity of soils and of corn and soybean roots. M.S. Thesis. Iowa State University, Ames.
- Lampkin, N. 1990. Organic farming. Farming Press Book, Ipswich, U.K. 701 pages.
- Lawson, H.M., P.D. Waister and R.J. Stephens. 1974. Patterns of emergence of several important arable weed species. BCPC Monogr. 9: 121-135.
- Leblanc, M.L., D.C. Cloutier, G. D. Leroux et C. Hamel. 1998. Facteurs impliqués dans la levée des mauvaises herbes au champ. Phytoprotection 79 : 111-127.
- Melander, B. 1998. Interactions between soil cultivation in darkness, flaming and brush weeding when used for in-row weed control in vegetables. Biological agriculture and horticulture 16:1-14.
- Melander, B. and P. Hartvig. 1997. Yield responses of weed-free seeded onions (*Allium cepa* L.) to hoeing close to the row. Crop protection 16: 687-691.
- Melander, B. and P. Hartvig. 1995. Weed harrowing in seeded onions. 9th European Weed Research Society symposium. Budapest, Hungary. P.543-549.
- Melander B. and G. Rasmussen. 2001. Effects of cultural methods and physical weed control on intrarow weed numbers, manual weeding and marketable yield in direct-sown leek and bulb onion. Weed Research 41:491-508.
- Meyer, J. and A. Bertram. 1998. Strategies for optimizing the physical weed control in organic and integrated farming. Agricultural Engineering International conference. Oslo, Norway. 8pp.
- OMAFRA. 2001. Guide to weed control 2001. Publication 75. Ministry of agriculture, food and rural affairs. Toronto, Ontario. 325pp.
- Parish, S. 1990. A review of non-chemical weed control techniques. Biol. Agric. Hort. 7:117-137.
- Rahman A. and T.K. James. 1993. Patterns of weed seedling emergence in two New Zealand soils. P.665-672 in 8th EWRS Symposium "Quantitative approaches in weed and herbicide research and their practical application", Braunschweig, Germany.
- Rasmussen, J. 1991. A model for prediction of yield response in weed harrowing. weed Res. 31:401-408.
- Reimann, W. 1987. Die mechanische pflege von getreide und maisbestanden. p. 51-64 in Hoffman, M. et B. Geier (Éds.), Beikraut - requilierung statt Unkrautbekämpfung. Rohr-Druck-Hildebrand GmbH, Kaiserlautern.
- Roberts, H.A. 1984. Crop and weed emergence patterns in relationship to time of cultivation and rainfall. Ann. Appl. Biol. 105 : 263-275.
- Roberts, H.A. and P.M. Feast. 1970. Seasonal distribution of emergence in some annual weeds. Exp. Hort. 21: 36-41.
- Roberts, H.A. and M.E. Potter. 1980. Emergence patterns of weed seedlings in relation to cultivation and rainfall. Weed Res. 20: 377-386.
- Speir, T.W. and D.J. Ross. 1978. Soil phosphatase and sulphatase. P.197-250. In R.G. Burns (ed.) Soil enzymes. Academic Press. New York.
- Statistique Canada. 2001. Production de fruits et légumes. Catalogue no.22-003-XIB février.
- Stoller, E.W. and L.M. Wax. 1973. Periodicity of germination and emergence of some annual weeds. Weed Sci. 21: 574-580.
- Sullivan, P. 1999. Principles of sustainable weed management for croplands. Agronomy systems guide. Appropriate technology transfer for rural areas (ATTRA) Fayetteville, AR 22pp.
- Tabatabai, M.A. 1982. Chapter 43. Soil enzymes. P.903-947 In A.L. Page (ed.). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties – agronomy monograph no.9 (2nd edition) ASA-SSAA Madison WI. USA.
- Tabatabai, M.A. and J.M. Bremner. 1969. Use of p-nitrophenyl phosphatase for assay of soil phosphatase activity. Soil Biol. Biochem. 1:301-307.
- Tessier, M. 1993. Cultures intercalaires et sarclage mécanique en production biologique de brocolis. Thèse de maîtrise. Université Laval. 63pp.
- Vogtmann, H. 1985. Research on Organic Farming in Europe. J. Agr. Soc. 1984-1985, Univ. college of Wales, Aberystwyth 3-45
- Wallace, J. 2001. Organic Field Crop Handbook 2nd edition. Canadian organic growers inc. Ottawa, Ont. 292pp.

Tableau 2. Nombres de molécules herbicides homologuées pour les principales cultures maraîchères en sol minéral et en sol organique (en parenthèse).

Cultures	Nombre de molécules homologuées											
	Présemis incorporé				Prélevé				Postlevée			
	GR ³	FL	Gr+Fl	Mélange en réservoir	GR	FL	Gr+Fl	Mélange en réservoir	GR	FL	Gr+Fl	Mélange en réservoir
Asperges ¹	1	1				5	1		2	1	2	
Betteraves		1			1					1	1	
Carottes			1			2(2)			4(4)	2(2)		
Céleri											3(3)	
Choux			2			1			3	2		
Concombres					1				2			
Courges		1	1						1			
Epinards	1	1										
Haricots	4		2	1	1	2	1	1	5	2		1
Laitue			1			2(1)					1	
Maïs sucré	1			1	1	3	1	1	2	5	1	4
Oignons			1(1)						5(5)	1	1(1)	
Panais						2(1)					2	
Poireaux											1(1)	
Pois	2		1		1	1	1		3	3		
Poivrons	1		1						1			
Rutabaga	2		1		1				1	1		
Tomates ²	2		1	3					3		2	1

¹ plantation de deux ans ou plus

² tomates transplantées

³ GR = anti-graminées, FL = anti-dicotylédones

Source : OMAFRA, Guide to weed control 2001. Publication 75

Tableau 1 : Pourcentage des champs de carottes et d'oignons en sol organique infestés par les principales espèces de mauvaises herbes au Québec en 1982 et 1993.

Espèces	% de champs infestés			
	carotte		oignon	
	1982	1993	1982	1993
Amarante à racine rouge	44	46	90	100
Chénopode blanc	11	38	70	57
Echinochloa pied-de-coq	89	31	100	86
Matricaire odorante	22	31	10	29
Petite herbe à poux	11	38	40	57
Pourpier potager	22	31	20	14
Rorippe d'Islande	11	38	30	100
Séneçon vulgaire	11	31	0	43
Stellaire moyenne	11	54	10	71
Souchet comestible	22	38	0	29
Vergerette du Canada	56	46	0	71

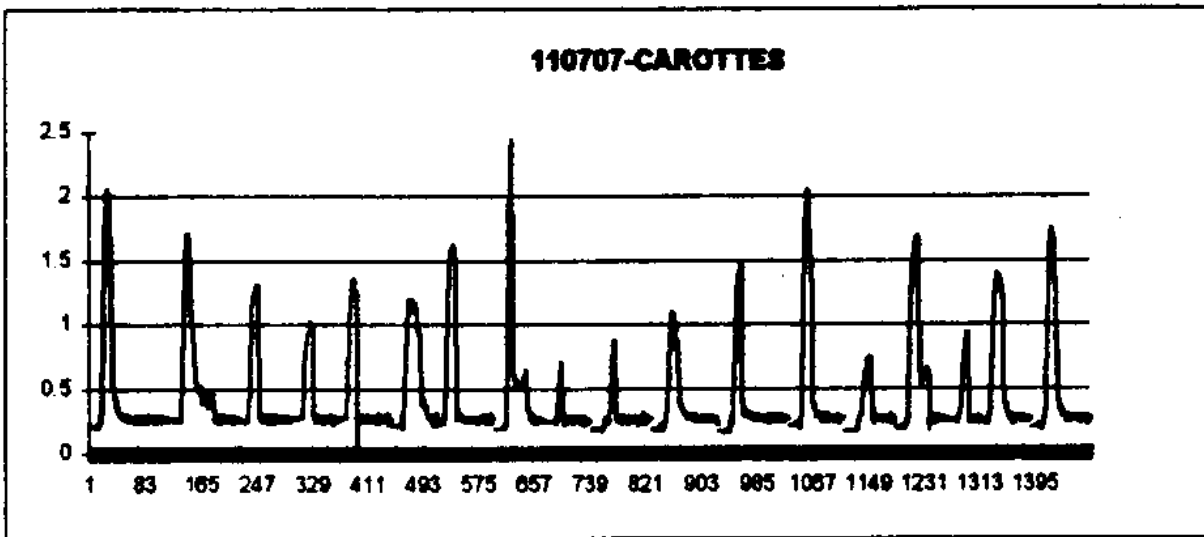
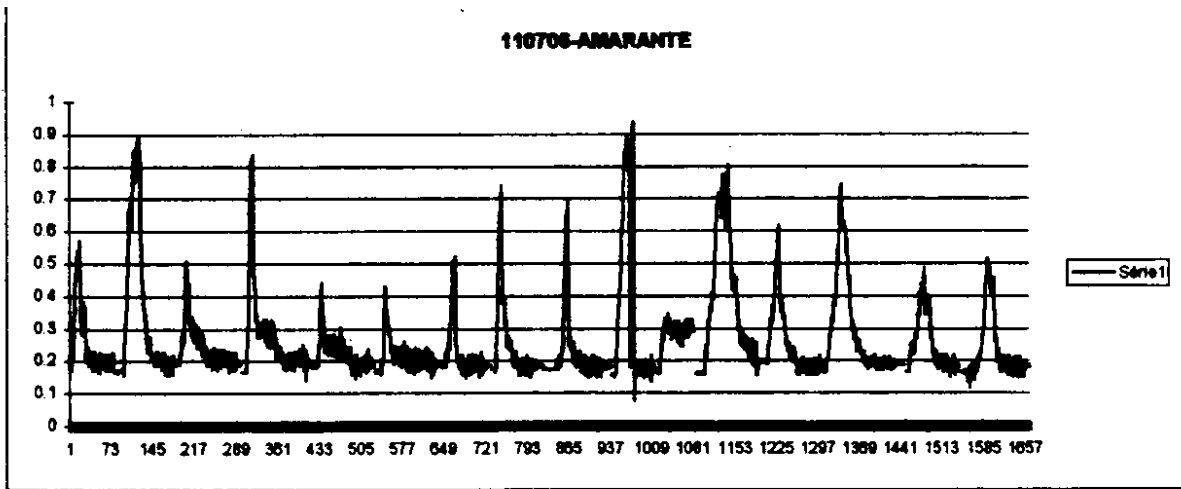
Source : CRDH Résumé de recherche vol.23 1994.

Tableau 3 : Statistiques sur les méthodes de répression utilisées dans les carottes et les oignons en sol organique au Québec en 1982 et 1993.

Répression chimique	Distribution des champs (%)			
	carotte		oignon	
	1982	1993	1982	1993
Aucun herbicide	0	0	0	0
1 application	0	0	11	0
2 applications	67	58	56	33
3 applications	33	42	33	67
Sarclage complémentaire				
Aucun sarclage	67	0	0	0
Binage manuel ou sarclage mécanique	33	42	56	67
Binage manuel et sarclage mécanique	0	58	44	33

Source : CRDH Résumé de recherche vol.23 1994

Figure 1. Force requise pour déraciner des plantules de pied-de-coq et d'amarante à racine rouge au stade 2 feuilles en sol organique.



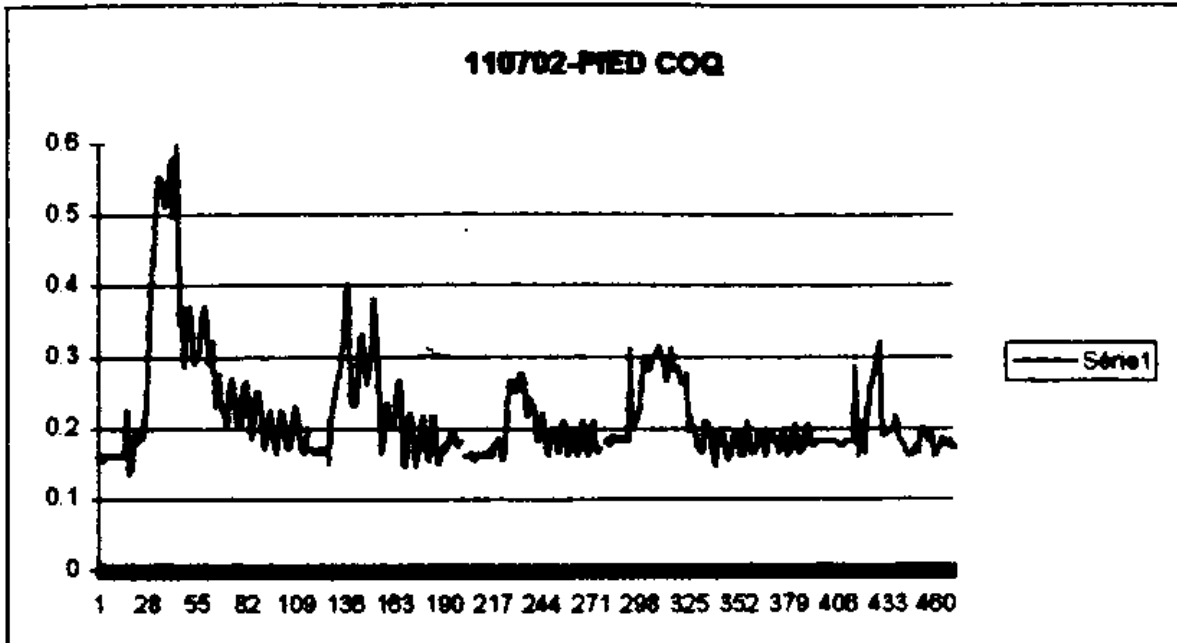
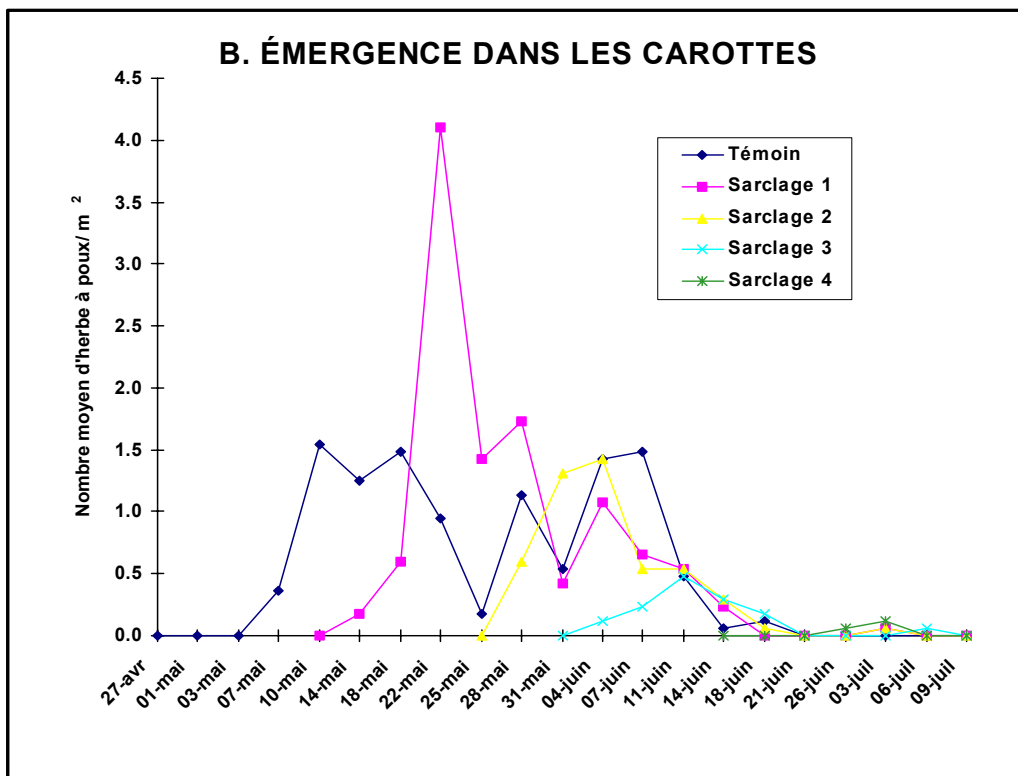
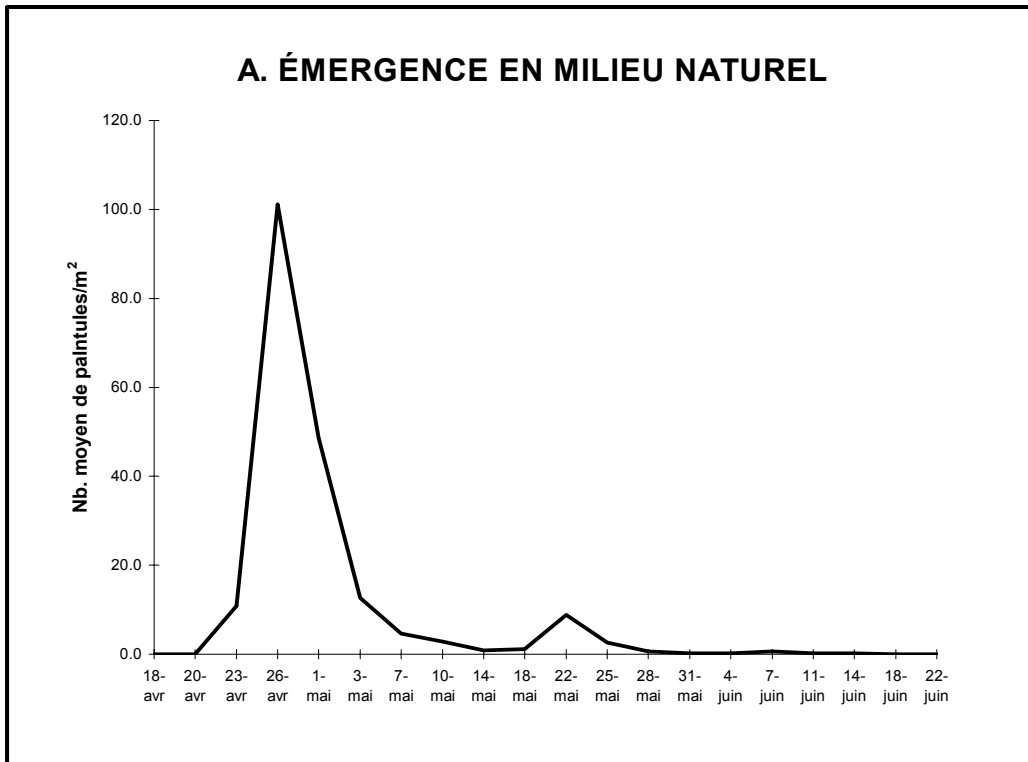


Figure 2. Émergence d'*Ambrosia artemisiifolia* : A) en milieu naturel B) dans une culture de carottes où le sarclage a été fait au stade suivant de la carotte : 1.) cotyledon, 2.) 1 feuille, 3.) 2 feuilles, 4) 3 feuilles.



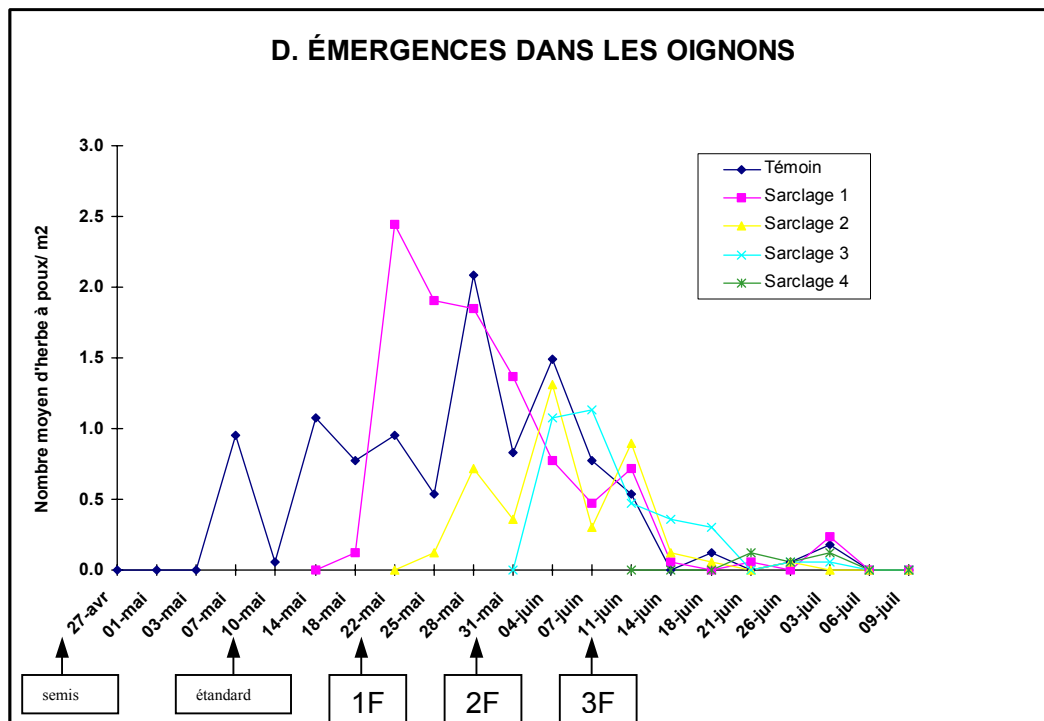
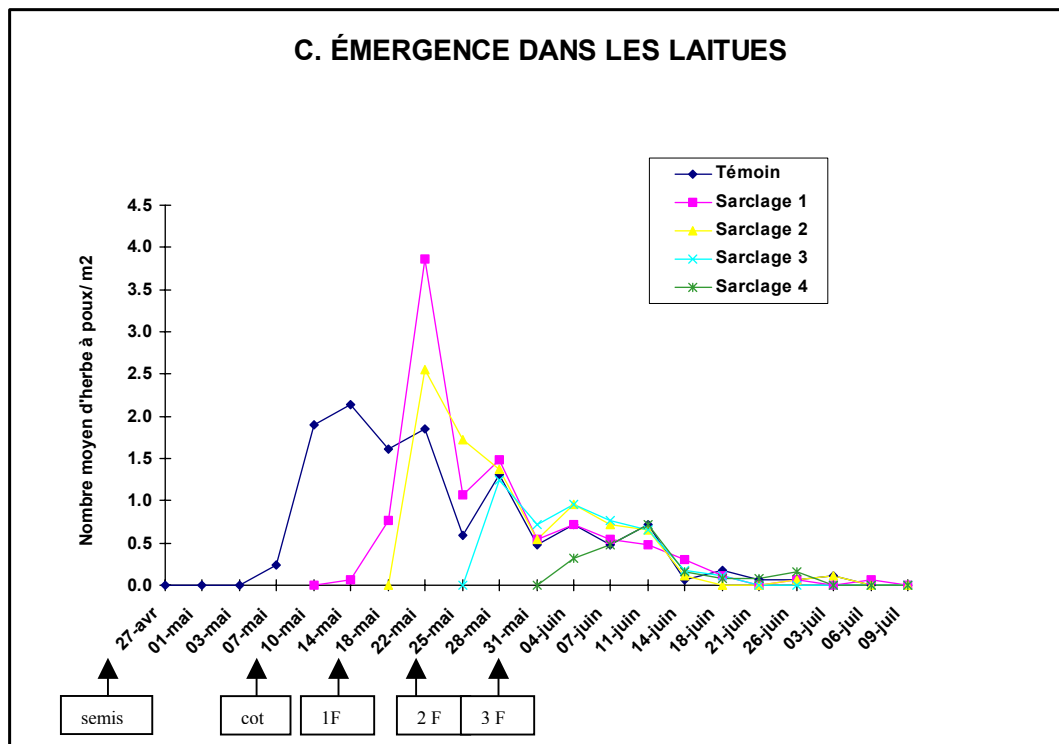


Figure 3 : Émergence de l'herbe à poux : C dans les parcelles de laitues; D dans les parcelles d'oignons

Fig. 4a Variation du N-NO3 en fonction des traitements faits dans la CAROTTE en sol minéral en 1996

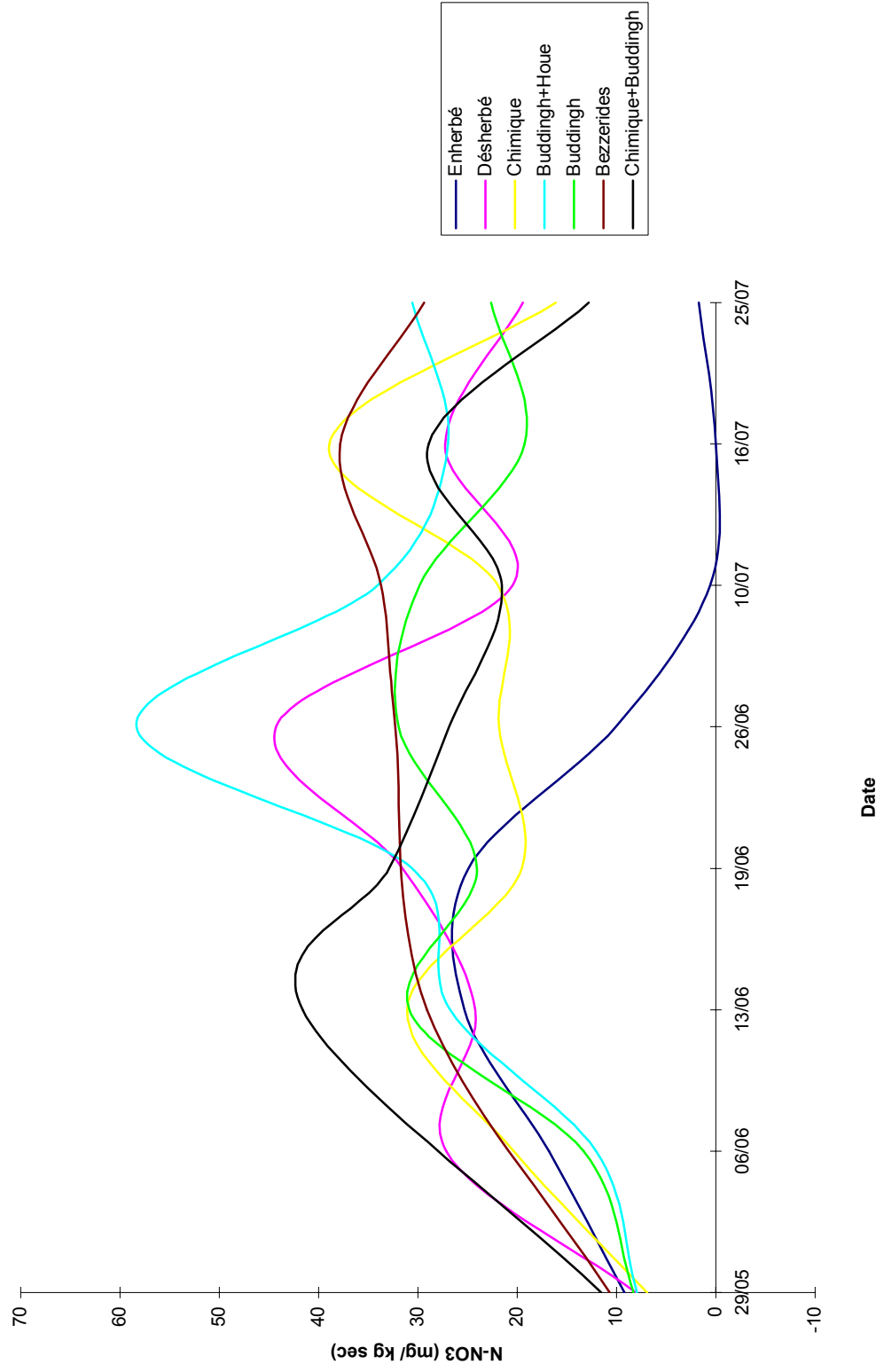


Fig.4b Variation du N-NH4 en fonction des traitements faits dans la CAROTTE en sol minéral en 1996

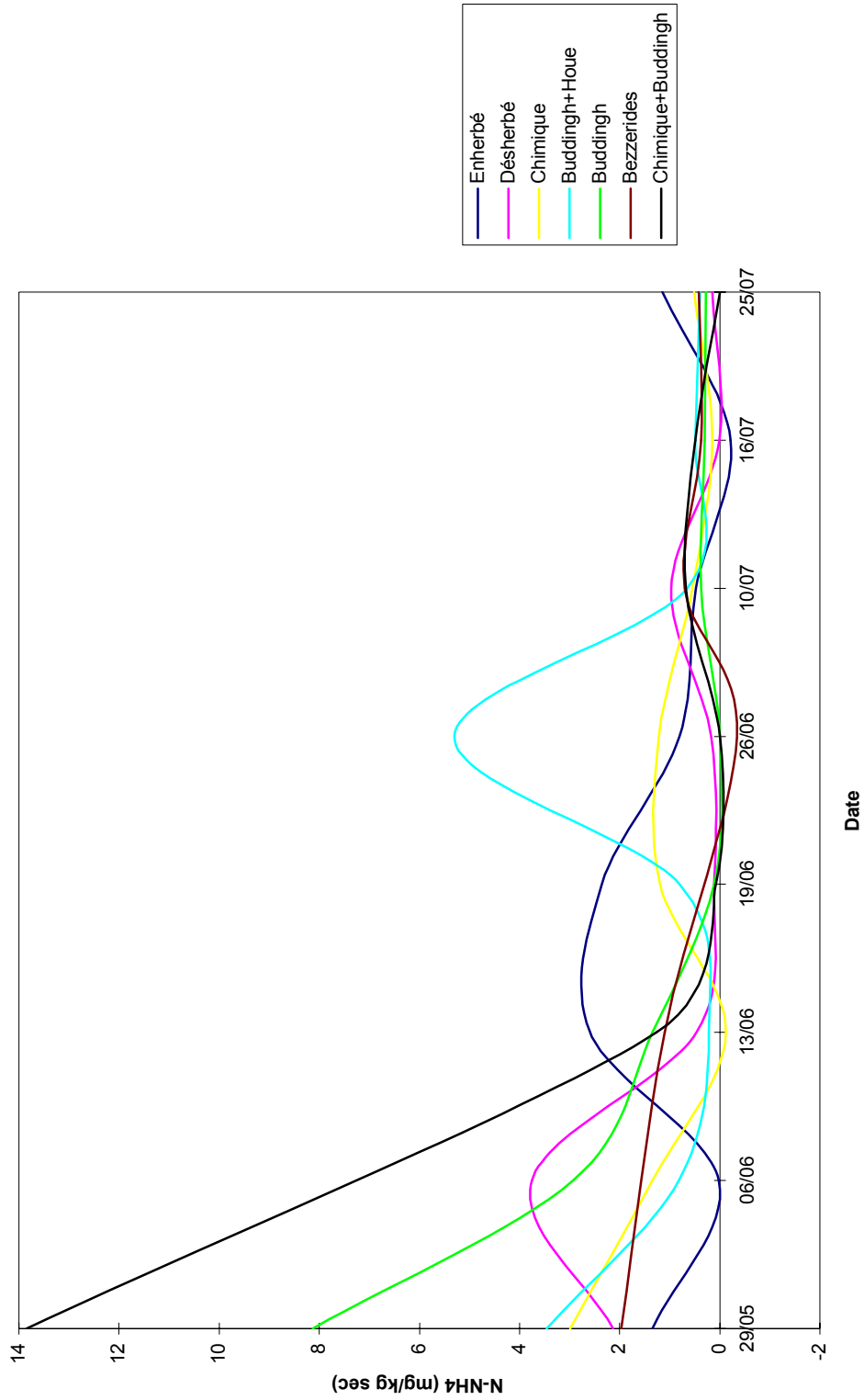


Fig.5 Variation de la PHOSPHATASE en fonction des traitements dans la CAROTTE en sol minéral en 1996

