



HAL
open science

Le potentiel enzymatique digestif osidasique de la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis* Hbn., Lep., Pyralidae) et ses variations

G. Strebler, C. Chararas, J.C. Robin

► To cite this version:

G. Strebler, C. Chararas, J.C. Robin. Le potentiel enzymatique digestif osidasique de la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis* Hbn., Lep., Pyralidae) et ses variations. *Agronomie*, 1984, 4 (4), pp.347-353. hal-02727130

HAL Id: hal-02727130

<https://hal.inrae.fr/hal-02727130>

Submitted on 2 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le potentiel enzymatique digestif osidasique de la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis* Hbn., Lep., Pyralidae) et ses variations

Gérard STREBLER, Constantin CHARARAS & Jean-Claude ROBIN

I.N.R.A., Laboratoire de Recherche de la Chaire de Zoologie, I.N.A. Paris Grignon, 16, rue Claude-Bernard, F 75231 Paris

RÉSUMÉ

L'étude des enzymes digestives des larves de la pyrale du maïs révèle la place prépondérante des α -glucosidases, notamment de l'invertase avec 70 p. 100 d'hydrolyse en 1 h à pH optimum 6-7,5 et de la maltase avec 40 p. 100 d'hydrolyse en 1 h à pH optimum 5-6. La pectinase présente une activité moyenne mais l'amylase semble peu efficace.

On note peu de variations d'activité suivant le sexe et la génération, mais de fortes différences entre les individus issus d'élevage et les insectes provenant du milieu naturel.

Mots clés additionnels : *Invertase, maltase, pectinase, amylase.*

SUMMARY

Nature and variation of the osidase digestive enzyme potential of European corn borer (Ostrinia nubilalis Hbn., Lepid., Pyralidae).

Investigation of the carbohydrase activity of larvae of *Ostrinia nubilalis* Hbn., showed the preponderance of α -glucosidases and particularly of invertase (70 % hydrolysis in 1 h at optimum pH 6-7.5) and maltase (40 % hydrolysis in 1 h at optimum pH of 5-6). Pectinase showed moderate activity and amylase little activity. There was little change in activity with sex or generation, but great differences appeared between insects reared artificially and insects caught in the field.

Additional key words : *Invertase, maltase, pectinase, amylase.*

I. INTRODUCTION

La pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* Hbn., doit être classée parmi les insectes qui ont une incidence notable sur les productions céréalières de toutes les régions du globe et cela d'autant plus que la lutte par les insecticides manque souvent d'efficacité et s'accompagne d'effets indésirables. De façon plus générale, le maïs est particulièrement sensible aux attaques de parasites et de ravageurs dans les régions tempérées froides, car son potentiel de réaction est limité dans les zones qui sont éloignées de son biotope naturel.

Il est donc nécessaire d'explorer toutes les possibilités de limitation des populations de la pyrale. Cela n'est possible que par une large connaissance, non seulement du végétal et de l'insecte, mais aussi des liens qui les unissent l'un à l'autre. Il devient en effet évident aujourd'hui qu'un insecte ne peut se permet-

tre de rechercher son abri, sa nourriture ou son partenaire sexuel au hasard de ses vols, car dans ce cas des dépenses d'énergie prohibitives seraient souvent incompatibles avec la survie. Effectivement, on découvre progressivement des liens plus ou moins étroits qui relient l'insecte phytophage à la plante-hôte. Parmi eux les liens trophiques ont une importance capitale. *O. nubilalis* ingère les tissus du maïs et s'approvisionne ainsi en nutriments qui lui permettent de satisfaire ses besoins en éléments énergétiques et en métabolites pour les synthèses vitales. Toutefois cette ingestion et l'utilisation de l'aliment sont en partie conditionnées par la présence de substances allélochimiques qui peuvent présenter un effet positif ou négatif sur le comportement de prise de nourriture ou sur la physiologie de la nutrition. Avant d'explorer l'effet particulier de ces substances, il est nécessaire de connaître le potentiel enzymatique digestif moyen de la pyrale du maïs, ainsi que ses variations dans le

temps au cours du cycle annuel et dans l'espace pour des populations d'origine différente.

L'équipement et les activités osidasiques ont été bien analysés chez de nombreux insectes xylophages (CHARARAS *et al.*, 1963 ; COURTOIS & CHARARAS, 1965 ; COURTOIS *et al.*, 1965 ; CHARARAS & COURTOIS, 1976 ; CHARARAS & KOUTROUMPAS, 1977 ; CHARARAS & PIGNAL, 1978) mais, chez les autres insectes phytophages, seuls ont été étudiés jusqu'ici certains Orthoptères comme *Schistocerca gregaria* Forsk. et *Locusta migratoria* L. (MORGAN, 1976 ; STREBLER, 1977, 1978, 1979b et c) ou quelques Hémiptères et Lépidoptères.

Dans le cas de la pyrale du maïs, peu de recherches ont été réalisées jusqu'ici (BOTTGER, 1946 ; BECK *et al.*, 1949 ; VILKOVA, 1975). Si d'un côté les substances allélochimiques (ou substances secondaires) agissent au niveau des récepteurs sensoriels olfactifs ou gustatifs en incitant l'insecte à s'orienter et en intervenant dans le mécanisme d'installation, les substances énergétiques primaires, en particulier divers diholosides, triholosides et polyosides, ne peuvent être utilisées que grâce à un équipement osidasique adéquat. La vie de l'insecte est ainsi conditionnée par son potentiel et sa dynamique osidasiques qui diffèrent suivant les espèces en fonction des substances énergétiques du milieu trophique. Le profil de l'équipement osidasique nous renseigne sur les possibilités et les limites d'utilisation des composés du végétal, en même temps que sur le préférendum alimentaire et la coévolution plante-hôte et insecte.

Par ailleurs, l'équipement osidasique subissant des fluctuations en fonction des particularités biochimiques

de la plante, on peut envisager l'extension des recherches aux relations trophiques de l'insecte avec son milieu, afin d'aboutir à des conclusions utiles sur la sélection des végétaux ou des écotypes.

La pyrale peut donc constituer un modèle sur le plan des études biologique et physiologique fondamentales mais aussi un modèle sur le plan appliqué, étant donné son intérêt économique indéniable.

II. MATÉRIELS ET TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES

A. Matériel biologique

Les provenances et les caractéristiques des différents lots de chenilles d'*O. nubilalis* sur lesquels a porté notre étude sont résumées dans le tableau 1. Parmi les facteurs de variation il faut relever en particulier :

1) L'origine géographique des souches (Levesville en Beauce et Ouest de Paris) qui, bien que paraissant toutes issues de populations de la moitié Nord-Ouest de la France, pourrait cependant correspondre à des écotypes différents. Il existe en effet à l'intérieur de la zone Nord un type dit de « Levesville » (ROBIN, 1980) qui présente la particularité de pouvoir développer 2 générations.

2) La récolte à partir d'élevages sur milieu artificiel (avec toutes les possibilités d'adaptations et de déviations particulières que cela implique) ou la capture dans le milieu naturel.

TABLEAU 1

Principales caractéristiques des lots de chenilles d'*Ostrinia nubilalis* Hbn. utilisés dans les essais. (1) Pendant la dissection nous avons pu remarquer que les testicules des mâles étaient tous atrophiés comme le signalent PARKER & THOMPSON (1927) et BECK & HANEC (1960). (2) Fin de l'élevage (4 à 5 j) à 27 ± 1 °C et 16 h de jour, afin d'obtenir les chenilles au stade prénymphé.

Principal characteristics of the caterpillar lots (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) tested. (1) During dissection, we noticed that all testes of males were regressed, as pointed out by PARKER & THOMPSON (1927) and BECK & HANEC (1960). (2) To obtain caterpillars at the prepupal stage, the rearing was stopped after 4-5 days (at 27 ± 1 °C and 16 h photoperiod time).

Caractéristiques des lots	Versailles (78)		Magneraud (17)		Saint-Nom-La-Bretèche (78)
	(V)	(MA)	(MB)	(S)	
Provenance	Elevage artificiel	Elevage artificiel	Elevage artificiel	Milieu naturel	
Origine de la souche	Levesville (Beauce) automne 1980	Levesville (Beauce) automne 1980	Levesville (Beauce) automne 1980	Ouest de Paris Souche naturelle de la région	
Age de l'élevage ou de la souche	1 ^{re} génération d'élevage	1 ^{re} génération d'élevage	2 ^e génération d'élevage	Région à 1 génération	
Stade biologique au moment du prélèvement	L 5, depuis 19 j, fin de période active, début diapause	L 5, fin de période d'activité à début prénymphé (en mélange)	L 5, prénymphé plus ou moins caractérisée, cessation de l'alimentation	L 5, majorité en diapause (début), possibilité d'absorber encore de la nourriture lors d'un dérangement	
Date du prélèvement	juin 1981	juin 1981	août 1981	Dernière décade (1) août 1981	
Conditions d'élevage					
• température	24 °C \pm 1	24 °C \pm 1	24 °C \pm 1 (2)	Conditions météorologiques de la région entre fin juin et fin août 1981	
• photopériode	14 h de jour pour 10 h de nuit	16 h de jour pour 8 h de nuit	16 h de jour pour 8 h de nuit		
• nourriture	Milieu artificiel (méridique)	Milieu artificiel (méridique)	Milieu artificiel (méridique)	Maïs de culture (hybride double précoce)	

3) La période de prélèvement, au commencement ou à la fin de l'été, de chenilles en cours d'alimentation, en début ou en fin de période de diapause, ou encore de larves issues de la première ou de la seconde génération.

B. Préparation de l'extrait enzymatique

Les extraits enzymatiques sont préparés séparément pour chaque sexe à partir de tubes digestifs entiers de chenilles du 5^e stade congelés à -30°C . Après la dissection, la préparation de chaque extrait enzymatique se fait en 3 étapes :

- broyage dans un broyeur magnétique à billes (Vibromil M 10) à basse température (environ 2°C),
- centrifugation à basse température (environ 2°C , pendant 15 mn à 8 000 g), en vue de prélever le surnageant qui renferme les protéines solubles extracellulaires,
- dialyse, si un dosage préliminaire indique la présence de sucres réducteurs.

C. Détermination de l'activité osidasique

La méthodologie mise en œuvre pour la détermination de l'activité osidasique, tant qualitative que quantitative, a été décrite dans les différents travaux consacrés respectivement aux insectes xylophages par COURTOIS & POISSON (1960), COURTOIS *et al.* (1961), CHARARAS *et al.* (1963), COURTOIS & CHARARAS (1965), COURTOIS *et al.* (1965), TAK TAK (1975), CHARARAS & COURTOIS (1976), CHARARAS & KOUTROUMPAS (1977), KOUTROUMPAS (1977), CHARARAS & PIGNAL (1978) ou aux acridiens par STREBLER (1977, 1978, 1979a, b, c). Nous nous bornerons donc à ne rappeler ici que les principes de base.

— Le choix des substrats osidasiques s'est fait en fonction d'une première détermination grossière de l'activité enzymatique générale d'*O. nubilalis* par les tests APIZYM (LAVIOLETTE, 1973), microméthode qualitative ou semi-quantitative qui permet une étude rapide des activités enzymatiques à partir de très faibles quantités d'échantillon. Ces tests ont montré la présence prépondérante d' α -glucosidases, comme c'est le cas chez de nombreux insectes phytophages. L'hydrolyse intense de l' α -glucopyranoside nous a conduits à étudier en priorité les substrats suivants, abondants dans le maïs et souvent utilisés dans les milieux nutritifs naturels :

- α -glucopyranosides : maltose et saccharose,
- polysaccharides : amidon et pectine.

— Le pH optimum a été choisi pour chaque substrat d'après les résultats d'essais effectués avec des gammes de tampon acétate ou phosphate, échelonnées de pH 2 à pH 9.

— Les réactions d'incubation, selon les quantités de solutions enzymatiques disponibles, ont été effectuées avec 100, 50 ou 25 μl d'extrait enzymatique auquel on ajoute le même volume de substrat, un demi-volume de tampon et 10 ou 5 μl de toluène destiné à éviter toute prolifération de microorganismes dans le cas où l'incubation dépasse une heure.

— Pour la détermination de l'activité osidasique en

fonction du temps, on a retenu des temps d'incubation respectifs de 1, 3 et 6 h.

— La nature des sucres présents après l'incubation est déterminée par chromatographie descendante sur papier, par comparaison avec des témoins connus. Cette chromatographie est effectuée sur du papier Schleider & Schull 2043. La migration des oses est réalisée à l'aide d'un solvant composé de propanol 2 (7 vol.), n-butanol (1 vol.) et eau distillée (2 vol.), dans une cuve saturée avec ce solvant. La durée de migration est de l'ordre de 15 à 18 h.

La révélation des sucres (témoins et oses inconnus) est obtenue par le réactif o-phénylène diamine.

— L'évaluation quantitative de l'activité osidasique est exprimée soit en μg de glucose libéré, soit en pourcentage d'hydrolyse du substrat dans une unité de temps choisie.

Le dosage des sucres réducteurs est réalisé selon 3 méthodes :

- la technique APIZYM (LAVIOLETTE, 1973), micro-méthode qui permet une première estimation des activités enzymatiques,
- la technique à la glucose-oxydase (TRINDER, 1969), méthode de dosage quantitative assez rapide mais strictement spécifique du glucose,
- la technique de SOMOGYI-NELSON (NELSON, 1944 ; SOMOGYI, 1945 ; COURTOIS & POISSON, 1960), méthode quantitative longue mais assez précise qui est spécifique des sucres réducteurs.

Ces techniques classiquement utilisées ne sont pas parfaites mais peuvent apporter des indications complémentaires, comme le montre l'expérience préliminaire suivante, réalisée avec 2 solutions enzymatiques différentes obtenues, l'une à partir de tubes digestifs entiers d'*O. nubilalis*, l'autre à partir du mésentéron de *Sesamia nonagrioides* Lef. (tabl. 2).

Ces résultats montrent que, lors de l'hydrolyse du maltose, nous obtenons, aux erreurs de manipulation près, des quantités de glucose allant du simple au double suivant la méthode d'analyse considérée. Dans le cas du maltose, des méthodes d'analyse basées uniquement sur la détection de groupements réducteurs sont insuffisantes et elles ont avantage à être complétées par d'autres méthodes.

III. RÉSULTATS ET DISCUSSION. ACTIVITÉ ENZYMATIQUE DU TUBE DIGESTIF DE LA PYRALE DU MAÏS

A. Activité générale

Une évaluation qualitative rapide de l'activité enzymatique générale du tube digestif de chenilles au 5^e stade (en provenance soit de captures en avril 1980 à Saint-Nom-La-Bretèche, soit d'un élevage sur milieu nutritif méridique à la station I.N.R.A. de Versailles) a été réalisée par la méthode APIZYM ; cette évaluation a permis de déceler la présence des systèmes enzymatiques suivants :

1. Enzymes de transfert d'énergie : Phosphatase alcaline et acide = activité moyenne.
2. Enzymes dégradant les lipides : Lipases-estérase-lipase = activité faible.

TABLEAU 2

Analyse quantitative de l'hydrolyse du maltose après 1 h d'incubation. (1) Le dosage a été effectué sur 10 μ l pour la glucose-oxydase et 50 μ l pour le SOMOGYI-NELSON. Ces résultats ont été ramenés à la même quantité de prise d'échantillon pour les deux méthodes. (2) L'unité de poids est le μ g.

Quantitative analysis of maltose hydrolysis after 1 h of incubation. (1) Dosing was performed with 10 μ l for glucose-oxidase and 50 μ l for the SOMOGYI-NELSON test. (2) Weight unit : μ g.

	<i>Ostrinia nubilalis</i>		<i>Sesamia nonagrioides</i>	
	SOMOGYI-NELSON	Glucose Oxydase (1)	SOMOGYI NELSON	Glucose Oxydase (1)
Répétition I	50 (2)	105 (2)	80 (2)	126 (2)
Répétition II	45	96	70	150
Répétition III	49	96	74	160
Moyenne	48	99	74,7	145,3

3. Enzymes hydrolysant les peptides : Leucine arylamidase = activité moyenne ; valine arylamidase = activité moyenne ; cystine arylamidase = activité faible.

4. Enzymes dégradant les glucides : α -glucosidases = activité forte.

5. Enzyme dégradant la chitine : N-acétyl- α -glucosaminidase = activité très forte.

Cette analyse grossière permet surtout d'éviter des analyses inutiles dans le cas d'absence d'activité, ce qui est le cas pour les α et β -galactosidases, la β -glucosidase, la mannosidase, l' α -fucosidase, la trypsine et la chymotrypsine.

B. Activité glucosidasique

Compte tenu de la présence d'une forte activité α -glucosidasique et de l'importance capitale de la digestion des glucides chez les insectes phytophages, tant pour le métabolisme énergétique que pour la synthèse des substances protidiques, cette étude porte en pre-

mier lieu sur la digestion des sucres. L'utilisation des tissus du maïs par la pyrale et la composition du milieu nutritif méridique d'élevage ont déterminé le choix des substances osidiques étudiées : saccharose, maltose, pectine et amidon.

Pour les 4 lots de chenilles dont nous avons défini plus haut les origines et les caractéristiques (tabl. 1), nous avons évalué quantitativement l'activité enzymatique du tube digestif après une incubation de 6 h à 37 °C et à pH 5,6. Les dosages ont été effectués par la méthode SOMOGYI-NELSON pour tous les substrats osidiques sauf pour le maltose, qui a nécessité le recours à la glucose-oxydase.

La figure 1 résume les valeurs des activités α -glucosidasiques représentées en pourcentage d'hydrolyse pour chaque substrat, avec chaque solution enzymatique, par rapport à l'hydrolyse totale de la quantité de substrat mise à incuber.

Nous observons une forte activité de l'invertase et de la maltase, une activité tout à fait moyenne de la pectinase et une très faible hydrolyse de l'amidon.

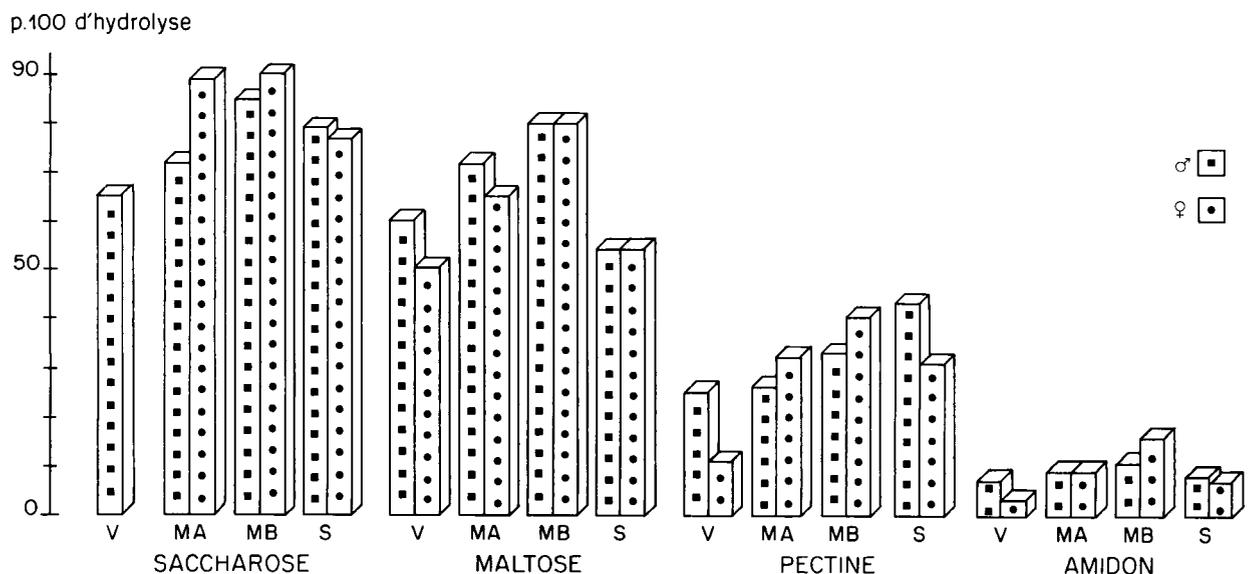


Figure 1

Taux d'hydrolyse du saccharose, du maltose, de la pectine, de l'amidon pour des solutions enzymatiques provenant de σ et de φ et pour des souches de pyrales de diverses origines. Durée d'hydrolyse : 6 h.

Rate of hydrolysis of sucrose, maltose, pectin and starch by enzyme solutions from σ , φ and various strains of corn borer. Hydrolysis time : 6 h.

— En ce qui concerne ce dernier polysaccharide, les résultats sont confirmés par de nombreuses répétitions mais leur interprétation nous incite cependant à une grande prudence. En effet, la vérification par chromatographie sur papier de la présence des divers composés osidiques dans les solutions en incubation ne révèle que la présence d' α -glucose. Une incubation prolongée de 24 h à pH 4 et pH 7, effectuée sur les lots MB ♀ et S ♀, donne par ailleurs des résultats très différents pour les 2 lots de chenilles (tabl. 3).

TABLEAU 3

Hydrolyse de l'amidon en 24 h à pH 7 par les lots de chenilles ♀ du Magneraud (MB) et ♀ de Saint-Nom-La-Bretèche (S).

Starch hydrolysis in 24 h at pH 7 by lots of ♀ caterpillars from Magneraud (MB) or Saint-Nom-La-Bretèche (S).

	pH 4		pH 7	
	g glucose	% hydrolyse	g glucose	% hydrolyse
MN ♀	60	22	130	58
S ♀	40	18	6	3

Cette observation particulièrement intéressante permet d'ébaucher l'hypothèse d'une possible adaptation des populations à des substrats alimentaires différents (variétés de maïs et milieux alimentaires artificiels) grâce à la présence d'iso-enzymes ; cette hypothèse fera l'objet d'une étude particulière ultérieure.

— L'hydrolyse de la pectine (pectine LM), parfois difficile et lente chez certains phytophages (STREBLER, 1980), ne paraît pas négligeable dans le cas présent et elle peut fournir un apport glucidique lors de la dégradation des ciments cellulaires du végétal (THIBAULT, 1980). Cette activité se situe entre 30 et 40 p. 100 pour les chenilles prélevées dans le milieu naturel, entre 25 et 30 p. 100 pour les chenilles nourries sur milieu artificiel.

— Ces résultats indiquent que la majeure partie des sucres utilisés par les chenilles de la pyrale du maïs est fournie par la dégradation du saccharose et du maltose. Nous allons donc étudier ces hydrolyses de façon plus détaillée.

1. Hydrolyse du saccharose

La teneur en glucides libres du maïs, différente suivant les variétés, est liée en partie au patrimoine héréditaire. CARLES *et al.* (1953) ont montré, sur 2 lignées anciennes (MI 3 et Ia 153), que la teneur en glucides des entre-nœuds où se nourrit la pyrale du maïs était comprise entre 5 et 7 p. 100 du poids frais et que le saccharose représentait entre 1,7 et 1,9 p. 100 du poids frais, soit 25 à 30 p. 100 des glucides totaux.

L'évaluation quantitative précise des glucides du milieu nutritif méridique d'élevage de la pyrale du maïs n'a jamais été effectuée et nous n'avons donc aucune donnée sur les proportions exactes des différents sucres. Indiquons que, grossièrement, 100 g de milieu contiennent 12,8 g de farine de maïs (obtenue à partir de grains entiers), 3,2 g de germe de blé et 3,4 g de levure de bière avec leurs glucides de constitution.

L'étude des résultats de l'hydrolyse du saccharose nous donne les indications suivantes (fig. 2).

— Pour les lots Magneraud A et B, comparables en ce qui concerne les conditions abiotiques de développement et les conditions d'alimentation, mais issus respectivement de la 1^{re} et de la 2^e génération, l'hydrolyse atteint 70 p. 100 en 1 h. Il n'y a donc pas de différence importante d'activité osidasique digestive entre les 2 générations.

— Pour les lots de Versailles et de Saint-Nom-La-Bretèche, comparables biologiquement (L 5, 1^{re} génération, début de diapause) mais très différents de par leur nourriture, la dégradation du saccharose par l'invertase est très différente. Après 1 h d'incubation, elle est 3 fois plus importante pour le lot de Saint-Nom-La-Bretèche (S) que pour le lot de Versailles (V). Cette différence s'atténue avec l'augmentation de la durée d'incubation.

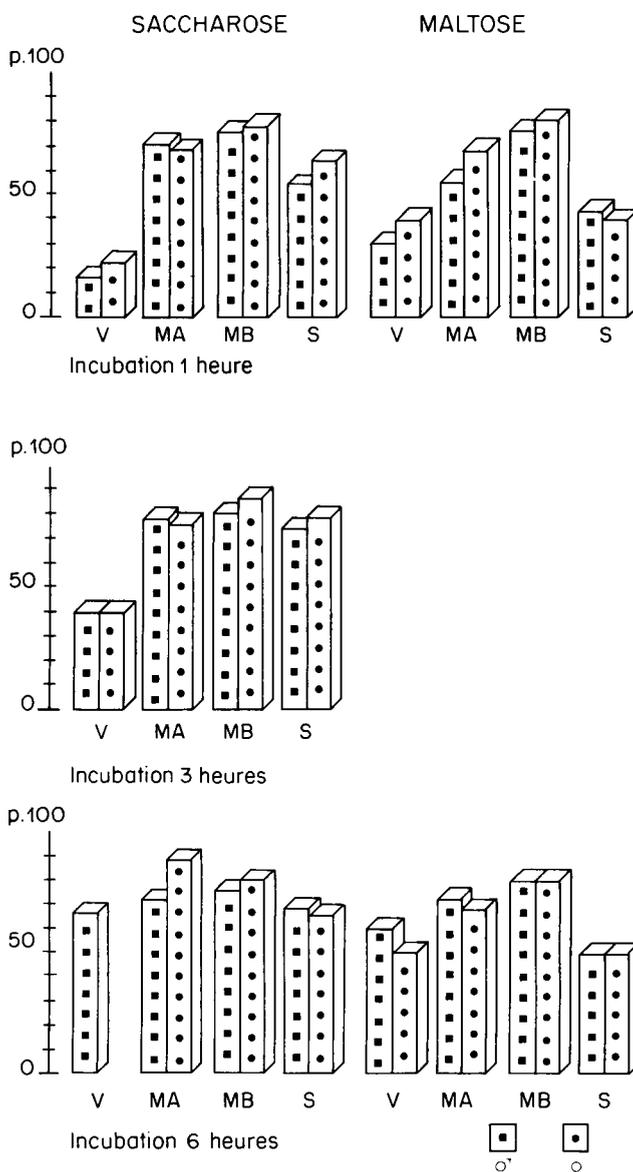


Figure 2
Taux d'hydrolyse du saccharose et du maltose pour des solutions enzymatiques de ♂ et de ♀ provenant de souches de pyrales de diverses origines. Durées d'hydrolyse : 1 h, 3 h et 6 h.
Rate of hydrolysis of sucrose and maltose by enzyme solutions from ♂, ♀ and various strains of corn borer. Hydrolysis time : 1, 3 and 6 h.

Comme le laisse soupçonner l'étude de l'activité amylasique, nous observons donc l'adaptation de l'enzyme osidasique au substrat alimentaire. Les insectes qui se nourrissent directement sur les végétaux, dont les constituants glucidiques sont plus variés et moins concentrés que dans un milieu artificiel d'élevage, ont gardé des possibilités glucosidasiques plus élevées que les insectes issus d'élevages. Les résultats de l'étude de l'alimentation et de la nutrition obtenus à partir d'insectes issus d'élevage sur milieu nutritif méridique doivent donc être analysés avec prudence.

pH optimum de l'invertase

Une réaction enzymatique comporte 3 états : un état pré-stationnaire, une période stationnaire et une phase finale ou post-stationnaire. Pendant l'état stationnaire la vitesse réactionnelle atteint son maximum (appelé souvent vitesse maximum ou parfois vitesse initiale) ; elle décroît ensuite pendant la phase finale (ROBERT & POLONOVSKI, 1964). L'étude de la cinétique d'une réaction enzymatique permet de déterminer la fin de la phase stationnaire. Ensuite pour déterminer le pH optimum d'une enzyme, nous adoptons un temps de réaction catalytique correspondant à l'établissement de l'état stationnaire ou précédant celui-ci.

Pour caractériser le pH optimum de l'invertase nous avons choisi 2 lots de chenilles très différents du point de vue de leur stade biologique, de l'alimentation et des conditions de vie : Magneraud B (MB) et Saint-Nom-La-Bretèche (S).

L'hydrolyse du saccharose est très rapide quel que soit le lot de chenilles considéré ; la fin de la phase stationnaire à 37 °C est comprise entre 3 et 7 mn d'incubation pour un pH de 5,6. Compte tenu des résultats obtenus pour nos différents lots de chenilles, nous avons donc choisi un temps d'incubation de 5 mn pour tous les lots, mâles et femelles.

Il ressort de notre étude que l'activité de l'invertase commence à être notable à pH 4. Cette activité, encore très faible (inférieure ou égale à 10 p. 100), atteint un maximum entre pH 6 et pH 7,5. Elle est encore sensible à pH 9. Les résultats obtenus jusqu'ici ne font pas apparaître de différence entre les mâles et les femelles.

2. Hydrolyse du maltose

La bibliographie ne nous apporte que très peu d'éléments en ce qui concerne la teneur en maltose des tiges de maïs ; elle paraît également inexistante pour l'étude de la présence de ce composé dans les milieux nutritifs méridiques. Cependant, l'apport fréquent de farine ou de semoule de maïs (GUENNELON, 1968 ; POITOUT & BUES, 1970 ; GAHUKAR, 1975) ou de haricot (SALAMA, 1970 ; GAHUKAR, 1976a, b) dans la préparation du milieu constitue une source importante d'amidon et celui-ci pourrait être plus ou moins dégradé par l'amylase provenant soit de la levure de bière, soit des germes de blé, autres composants du milieu nutritif.

L'étude de la maltase réalisée de la même façon que l'étude de l'invertase n'a pas montré de différences significatives entre les mâles et les femelles pour les temps d'incubation choisis (fig. 2).

L'hydrolyse du maltose est assez semblable pour les lots de Versailles et de Saint-Nom-La-Bretèche : l'activité est de 40 p. 100 en 1 h et atteint 60 p. 100 en 6 h.

Tout comme pour le saccharose, les différences d'hydrolyse entre les divers lots semblent s'estomper lorsque l'on allonge le temps d'incubation mais il s'agit dans ce cas de durées inhabituelles dans les conditions naturelles pour lesquelles les transits digestifs ne dépassent pas en général 2 à 3 h (GAHUKAR, 1976a).

C'est pour le maltose que semble s'exprimer la différence la plus marquée entre une souche classique du Nord du Bassin Parisien et une population particulière (Levesville-Beauce), présentant les caractéristiques d'un écotype distinct (ROBIN, 1980).

pH optimum de la maltase

Comme pour le saccharose, l'hydrolyse initiale du maltose est très rapide pour les 2 lots de chenilles étudiés : Magneraud B et Saint-Nom-La-Bretèche. La fin de la période stationnaire est comprise entre 3 et 6 mn et il n'apparaît pas de différence significative entre les mâles et les femelles.

Comme pour l'étude de l'invertase, nous avons choisi pour la détermination du pH optimum de la maltase, un temps d'incubation voisin de la fin de la période stationnaire. Compte tenu des résultats obtenus pour les différents lots de chenilles, nous avons choisi un temps de 5 mn pour tous les lots, mâles et femelles.

L'activité de la maltase débute à pH 4 où elle est très faible ; elle atteint son maximum entre pH 5 et pH 6, pour retomber à 8-10 p. 100 à pH 9.

IV. CONCLUSIONS

L'étude du potentiel digestif de solutions enzymatiques préparées à partir de pyrales de diverses origines fait apparaître des variations importantes sous l'influence de certains facteurs abiotiques et biotiques.

Pour des individus de sexe différent ou issus de générations différentes, les potentiels digestifs osidasiques sont assez semblables. Les variations sont au contraire très fortes entre pyrales issues d'élevage et pyrales recueillies dans le milieu naturel, à l'intérieur d'une zone bien définie : les variations vont du simple (pyrales d'élevage) au triple (pyrale des champs) pour des enzymes particulièrement actives (invertase et maltase). Ces différences ont tendance à s'estomper pour des temps d'incubation longs, qui constituent toutefois des conditions inhabituelles, eu égard à la durée assez brève du transit intestinal (2 à 3 h).

Il semble donc exister des modalités d'adaptation des populations à leur milieu nutritif particulier :

— soit par la nature des molécules enzymatiques : certains résultats, repris par de nouvelles expérimentations, laissent entrevoir la possibilité de l'existence d'iso-amylases ;

— soit par la quantité de molécules enzymatiques sécrétées : le taux global des protéines totales du tube digestif varie beaucoup plus chez les pyrales issues

d'élevage que chez les individus recueillis dans la nature ;

— soit par l'activité enzymatique au sein du bol alimentaire : cette variation a été contrôlée par l'étude de l'activité enzymatique rapportée au taux de protéines.

Compte tenu de ces variations, les travaux concernant l'incidence de substances allélochimiques végétales sur la prise de nourriture et la digestion devront

être interprétés avec circonspection. Les résultats obtenus sur des pyrales d'élevage ne pourront être généralisés aux pyrales évoluant dans les conditions naturelles sans expérimentation adéquate sur des insectes étudiés et recueillis dans des cultures de maïs de diverses régions.

Reçu le 10 avril 1983.

Accepté le 24 novembre 1983.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Beck S. D., Hanec W.**, 1960. Diapause in the European corn borer *Pyrausta nubilalis* Hbn. *J. Insect Physiol.*, **4**, 304-318.
- Beck S. D., Lilly J. H., Stauffer J. F.**, 1949. Nutrition of the European corn borer *Pyrausta nubilalis* Hbn. I. — Development of a satisfactory purified diet for larval growth. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **42**, 283-496.
- Bottinger G. T.**, 1946. Preliminary studies of the nutritive requirements of the European corn borer. *J. Agric. Res.*, **60**, 249-257.
- Carles J., Soubies L., Gadet R.**, 1953. La migration des glucides vers les grains de maïs. *C.R. Acad. Sci., Paris, Sér. D*, **236**, 1814-1816.
- Chararas C., Courtois J. E., Debris N. M., Laurant-Hube H.**, 1963. Activités comparées des osidases chez divers stades de deux insectes xylophages parasites des Conifères. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **45**, 383-395.
- Chararas C., Courtois J. E.**, 1976. Nutrition et activité enzymatique de *Dendroctonus micans* (Coléoptère, Scolytidae xylophage). *C.R. Soc. Biol. Fr.*, **170**, 1155-1158.
- Chararas C., Koutroumpas A.**, 1977. Etude comparée de l'équipement osidasique de deux Lépidoptères *Cossidae* xylophages (*Cossus cossus* L. et *Zeuzera pyrina* L.) et de divers Coléoptères xylophages. *C.R. Acad. Sci., Paris, Sér. D*, **285**, 369-371.
- Chararas C., Pignal M. C.**, 1978. Etude de l'équipement osidasique de *Phoracantha semipunctata* F. (Coléoptère, *Cerambycidae*) et de la levure symbiotique *Candida tenuis*. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **102**, 295.
- Courtois J. E., Chararas C., Debris M. M.**, 1961. Recherches préliminaires sur l'attaque enzymatique des glucides par un Coléoptère xylophage, *Ips typographus*. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **43**, 1173-1187.
- Courtois J. E., Chararas C.**, 1965. Les enzymes hydrolysant les glucides (hydrates de carbone) chez les insectes xylophages parasites des Conifères et de quelques autres arbres forestiers. Supplément à « *Matériaux et Organismes* », Symposium International « *Holz und Organismen* », 127-150, Berlin-Dahlem, Duncker und Humblot Ed.
- Courtois J. E., Chararas C., Debris M. M., Laurant-Hube H.**, 1965. Répartition comparée des osidases chez les insectes xylophages parasites des arbres forestiers. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **47**, 2219.
- Courtois J. E., Poisson J.**, 1960. Dosage du glucose dans les liquides biologiques. Méthode de Nelson-Somogyi, adaptée. *Semin. Hop. Paris. Suppl. Pathol. Biol.*, **8**, 49-109.
- Gahukar R. T.**, 1975. Nouvelles techniques adoptées pour l'élevage d'*Ostrinia nubilalis* Hbn. sur milieu artificiel. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, **7**, 491-498.
- Gahukar R. T.**, 1976a. Contribution à l'étude de la nutrition de la pyrale, *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lepidoptera, Pyraustidae) et la résistance du maïs (*Zea mays*) à cet insecte. Thèse Docteur ès Sci. Nat., Univ. Paris XI, Orsay, 104 p.
- Gahukar R. T.**, 1976b. Nutrition de la pyrale du maïs *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lépidoptère, *Pyraustidae*). *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, **8**, 119-125.
- Guennelon G.**, 1968. L'alimentation artificielle des larves de Lépidoptères phytophages. *Ann. Epiphyt.*, **19**, 539-570.
- Koutroumpas A.**, 1977. Recherches sur les enzymes hydrolysant les glucides chez deux insectes xylophages : *Cossus cossus* L. et *Zeuzera pyrina* L. (Lépidoptères, *Cossidae*). Thèse Ingénieur-Docteur, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, 190 p.
- Lavolette P.**, 1973. Sur une microméthode d'identification des activités enzymatiques. Revue de quelques résultats dans divers domaines d'application. Rapport annuel. *Group. Lyonnais Rech. Biol. Cell.*
- Morgan M. R. J.**, 1976. Gut carbohydrases in locusts and grasshoppers. *Acrida*, **5**, 45-58.
- Nelson N.**, 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem.*, **153**, 375-380.
- Parker H. L., Thompson W. R.**, 1927. A contribution to the study of hibernation in the larva of the European corn borer (*Pyrausta nubilalis* Hbn.). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **21**, 10-20.
- Poitout S., Bues R.**, 1970. Elevage de plusieurs espèces de Lépidoptères *Noctuidae* sur milieu artificiel riche et sur milieu artificiel simplifié. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, **1**, 245-264.
- Robert L., Polonovski J.**, 1964. Cinétique de la réaction enzymatique. In « *Traité de biochimie générale* », T. II, 2^e fasc. Masson et Cie, Paris, Ed., 1964, 753 p.
- Robin J. C.**, 1980. Influence de la température sur l'induction de la diapause de la pyrale du maïs *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lépidoptère, *Pyralidae*) de différentes origines géographiques. *Rev. Zool. Agric. Pathol. Vég. Fr.*, **79**, 1-7.
- Salama H. S.**, 1970. Rearing the corn borer *Ostrinia nubilalis* Hbn. on a semi-artificial diet. *Z. Angew. Entomol.*, **65**, 216-218.
- Somogyi M.**, 1945. Determination of blood sugar. *J. Biol. Chem.*, **160**, 69-73.
- Streblor G.**, 1977. Dynamique de l'activité glycosidasique chez *Schistocerca gregaria*. *C.R. Soc. Biol.*, **171**, 742-745.
- Streblor G.**, 1978. L'activité osidasique des enzymes digestifs de *Schistocerca gregaria* Forsk. Données quantitatives nouvelles. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, **10**, 85-96.
- Streblor G.**, 1979a. Les activités glycosidasiques de *Pachnoda marginata* Drury (Coléoptère, *Scarabeidae*). *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **104**, 73.
- Streblor G.**, 1979b. Incidence du pH sur l'activité osidasique digestive chez *Schistocerca gregaria* Forsk. *Bull. Soc. Linn. Lyon*, **48**, 315-320.
- Streblor G.**, 1979c. Incidence du jeûne et de la présence de microorganismes dans le tube digestif sur l'activité osidasique digestive de *Schistocerca gregaria* Forsk. *Acrida*, **8**, 35-46.
- Streblor G.**, 1980. Adaptation des phytophages à leur plante-hôte par les osidases digestives. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **127**, 187-196.
- Tak Tak A.**, 1975. Recherches sur la digestion des glucides chez *Ips sexdentatus* B. (Coleoptera, Scolytidae xylophage). Thèse Doct. 3^e cycle, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, 85 p.
- Thibault J. F.**, 1980. Les substances pectiques. In B. MONTJES « *Les Polymères végétaux* » ; Ed. Bordas, 1980, 345 p., 232-251.
- Trinder P.**, 1969. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor. *Ann. Clin. Biochem.*, **6**, 24.
- Vilkova N. A.**, 1975. Anatomical-physiological characteristic of the E.C.B. (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) caterpillar's alimentary system. *Rep. Int. Project on Ostrinia nubilalis*. Phase II, Dolinka B., Hung. Sci. Martonjasar, 129-132.