

Efficacité de la technique d'induction florale d'*Ananas comosus* (L.) Merr. au moyen de charbon actif enrichi à l'éthylène (TIFBio)

Frédéric Lebeau ⁽¹⁾, Jean-Pierre Imele ⁽²⁾, Claude Teisson ⁽³⁾, Gilles Delhove ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Univ. Liège - Gembloux Agro-Bio Tech. Unité de Mécanique et Construction. Passage des Déportés, 2. B-5030 Gembloux (Belgique). E-mail : lebeau.f@fsagx.ac.be

⁽²⁾ Biotropical. P.O. Box 12315. CA-Douala (Cameroun).

⁽³⁾ CIRAD. Département des Productions Fruitières et Horticoles (FHLOR). F-34398 Montpellier Cedex 5 (France).

⁽⁴⁾ COLEACP/Pesticides Initiative Programme. Rue du Trône 98/3. B-1050 Bruxelles (Belgique).

Reçu le 29 avril 2008, accepté le 2 septembre 2008.

L'ananas est une culture d'exportation importante pour les pays tropicaux. Les traitements d'induction florale sont essentiels à la conduite de la culture pour des raisons économiques et sociales. En agriculture conventionnelle, beaucoup de produits sont disponibles mais en agriculture biologique, l'éthylène est le seul produit autorisé. Une nouvelle technique d'induction florale développée dans le cadre du Programme Initiative Pesticides du COLEACP, financé par le Fonds Européen de Développement, rend depuis peu le traitement accessible aux petits producteurs. Les essais réalisés montrent que le traitement permet d'obtenir des floraisons de plus de 80 % à 10 semaines, que ce soit pour les modalités d'application par voie sèche ou par voie humide. Les différentes modalités d'application par voie humide ont montré un effet de la dose et de la répétition du traitement. Le taux de floraison culmine à 100 % dès 8 semaines pour les meilleurs résultats obtenus lors du traitement par voie humide à 250 mg par plant répété à 2 jours d'intervalle. Les traitements par voie sèche ont tous produit des taux de floraison compris entre 85 et 90 % à 10 semaines pour les différents essais, suggérant un facteur environnemental limitant. Le moment d'application dans la journée n'a pas eu d'effet sur l'efficacité du traitement. Il est recommandé aux producteurs désirant utiliser la technique d'évaluer dans leurs conditions spécifiques celle qui leur est la plus adaptée en raison de l'effet des facteurs environnementaux.

Mots-clés. Induction florale, ananas, éthylène, charbon actif, agriculture biologique.

Efficiency of the *Ananas comosus* (L.) Merr. flower induction treatment based on ethylene enriched activated carbon (TIFBio). Pineapple is an important export crop for tropical countries. The flower induction treatments are essential to the pineapple production for economical and social reasons. For conventional agriculture, many chemicals are available but for organic farming ethylene is the only allowed product. A new flower induction method suited to small organic growers has been developed by the Pesticides Initiative Programme of the Coleacp funded by the European Development Fund. The trials conducted proved that the method reaches more than 80% efficiency at 10 weeks for the different application methods evaluated. The wet application trials show a doses response effect as well as effect of the application replication at 2 days interval. The flowering rate culminates at 100% after 8 weeks for the best results, obtained with the wet treatment at 250 mg per plant applied two times at 2 days interval. The different dry treatments tested gave all 85 – 90% flowering rates at 10 weeks, suggesting the presence of an undetermined limitation factor in the conditions prevailing for the trial. The time of application during the day shows no significant effect. It is concluded that the growers can use the TIFBio technique for production control. It is recommended to evaluate the most suited application technique according to their particular case as environmental effect can affect the efficiency.

Keywords. Flower induction, pineapple, ethylene, activated charcoal, organic farming.

1. INTRODUCTION

L'ananas, *Ananas comosus* (L.) Merr., est un des principaux fruits tropicaux faisant l'objet d'un commerce au niveau mondial avec une production mondiale qui dépasse 15 millions de tonnes depuis 2005 (Loeillet, 2005).

La culture de l'ananas se concentre dans les zones tropicales, entre 30°N et 25°S. Sous ces climats, la floraison naturelle de l'ananas est très hétérogène et dispersée dans le temps, particulièrement aux faibles latitudes. Les principaux facteurs environnementaux responsables de l'induction florale naturelle sont la photopériode avec le raccourcissement du jour et la vernalisation due aux basses températures de nuit (Bernier, 1988). La susceptibilité du plant d'ananas aux stimuli de floraison est fonction de l'âge ou de la taille du plant (Vieira et al., 1983 ; Cunha, 2005a). La floraison naturelle génère un pic de production qui n'est pas nécessairement en phase avec les attentes du marché.

Dans les années 1920, des études montrèrent que l'éthylène est une molécule permettant d'induire une floraison artificielle (Brug et al., 1966). Le traitement d'induction florale (TIF) qui permet le contrôle du cycle de production présente de nombreux avantages économiques et sociaux. Parmi ceux-ci, l'uniformité de la fructification et la concentration de la récolte, l'approvisionnement régulier et constant de l'industrie et du marché du frais en fonction des demandes saisonnières, le contrôle des maladies, le contrôle de la taille et du poids des fruits en fonction des attentes du marché, l'augmentation du rendement, la meilleure utilisation de la main-d'œuvre.

Dès 1936, l'acétylène gazeux et la pulvérisation de solutions de carbure de calcium furent employés à Hawaii pour induire la floraison. Depuis lors, des méthodes hormonales alternatives ont été développées, comme les acides alpha-naphtylacétique (ANA) et bêta-naphtylacétique (BNA) qui induisent la production d'éthylène, le bêta-hydroxyethyl hydrazine (BOH), l'acide naphtalène acétique sel de sodium (SNA), l'acide 2-chloroéthylphosphonique (Etephon), l'acide 1-carboxylic 1-aminocyclopropane, le carbure de calcium, l'acétylène, l'acide indolbutirique (IBA), l'acide succinique (Cunha, 2005b).

Le traitement à l'éthylène reste toutefois utilisé dans la mesure où il génère des fruits de la meilleure qualité et s'avère le plus efficace (Py et al., 1954). Par ailleurs, elle est la seule tolérée en agriculture biologique. L'éthylène gazeux est absorbé par les feuilles. En laboratoire, des concentrations de 100 $\mu\text{l}\cdot\text{l}^{-1}$ pendant 12 heures et de 1000 $\mu\text{l}\cdot\text{l}^{-1}$ pendant 12 heures permettent d'induire 100 % de floraison (Cooper et al., 1942). Pour réaliser le traitement au champ, les grandes exploitations recourent à un pulvérisateur agricole à

jet projeté, souvent automoteur, muni d'un dispositif permettant la dissolution de l'éthylène gazeux dans de l'eau additionnée d'une suspension de charbon actif à 0,5 pour mille. L'éthylène gazeux provenant d'une bouteille est injecté sous pression (6,5 à 7 bars) dans la bouillie au moyen d'une bougie métallique poreuse. La solution est typiquement pulvérisée à un volume par hectare de 6000 l à une dose de 800 g d'éthylène par hectare, soit 640 l d'éthylène à pression atmosphérique. La dose d'éthylène gazeux s'établit donc approximativement à 10 ml par plant pour un volume d'eau de 100 ml par plant. La pulvérisation sur l'ensemble du feuillage est généralement répétée en deux traitements de nuit, ou tôt le matin, réalisés à 3 jours d'intervalle. L'eau froide permet une meilleure réussite du traitement, la température de l'eau ayant une influence directe sur la quantité d'éthylène pouvant être dissous.

Ce matériel coûteux utilisé pour appliquer l'éthylène gazeux est un obstacle à l'utilisation de la technique pour de nombreuses exploitations. Il en résulte que les petits planteurs sont en pratique exclus de la filière biologique certifiée qui leur est pourtant particulièrement adaptée. En effet, le Règlement européen (CE) n°1318/2005 autorise, depuis août 2005, uniquement l'utilisation de l'éthylène en production biologique pour provoquer la floraison de l'ananas. Dans le cadre du programme européen PIP (Programme Initiative Pesticides), une nouvelle technique appelée TIFBio a été mise au point pour le COLEACP (Comité de Liaison Europe - Afrique - Caraïbes - Pacifique) financé par le Fonds Européen de Développement. Cette technique repose sur l'utilisation des propriétés d'absorption du charbon actif comme vecteur de l'éthylène gazeux. Dans un premier temps, un procédé d'enrichissement du charbon actif en éthylène a été développé. L'éthylène provenant d'une bouteille sous pression est mis en contact dans une cuve étanche avec du charbon actif préalablement dégazé au moyen d'une pompe à vide. Une fois enrichi, le charbon actif peut être appliqué selon deux modalités sur la plante avec du matériel simple et bon marché par les petits producteurs. Une première technique, par voie sèche, consiste à appliquer du charbon actif en granulés directement au cœur du plant et une seconde, par voie humide, consiste à appliquer une bouillie de charbon actif enrichi en poudre au moyen d'un pulvérisateur à dos. Des ateliers de fabrication de charbon actif enrichi peuvent aisément être mis en place au niveau local. Dans le cadre du PIP, trois unités pilotes ont été installées respectivement au Cameroun (Biotropical, Douala), au Ghana (Eloc Farms, Accra) et au Togo (PNWA, Lomé).

L'objectif de cette note est de faire le point sur l'efficacité de la technique (COLEACP, 2007) sur base des derniers essais agronomiques réalisés dans le cadre du PIP depuis sa mise au point.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Charbon actif enrichi en éthylène

Le charbon actif enrichi a été produit par les unités pilotes. Le Programme Initiative Pesticides a publié une fiche technique présentant en détail la technique d'enrichissement du charbon actif en éthylène (COLEACP, 2007). Dans le cadre de la présente étude, deux types de charbon actif ont été utilisés en fonction de la technique d'application. D'une part, du charbon actif en granulés de type Filtrasorb 400 (Chemviron Carbon) a été utilisé pour l'application par voie sèche. Ce charbon actif a été porté à un taux d'enrichissement compris entre 4,9 et 5,3 % en masse, selon les échantillons. D'autre part, du charbon actif en poudre de type Pulsorb GW (Chemviron Carbon) a été utilisé pour l'application par voie humide. Ce type de charbon actif a été porté à un taux d'enrichissement compris entre 2,8 et 3,1 % en masse car il présente une moindre capacité d'adsorption de l'éthylène. Le charbon actif est stocké entre sa production et son utilisation dans des récipients en polypropylène. Sous cette forme, le produit peut être conservé durant de longues périodes. Un stockage de plusieurs mois n'a pas fait apparaître de perte de masse caractéristique d'un dégazage dans ce type de conditionnement.

2.2. Techniques d'application

Deux techniques d'application sont évaluées : la technique par voie sèche et celle par voie humide.

Dans la technique par voie sèche, le charbon actif en granulés enrichi en éthylène est appliqué directement au cœur du plant. Dans cette étude, un dispositif doseur à poudre (Hornady, type Lock-n-load) issu du domaine du rechargement des cartouches en artillerie a été utilisé, légèrement adapté. Un mouvement alternatif d'une manivelle permet d'appliquer une dose déterminée de charbon actif. Le réglage de la dose par plant a été effectué préalablement au moyen d'une balance. Le poids d'un nombre connu de doses, fonction de la précision de la balance, est déterminé par pesée. Le poids moyen de la dose par plant est calculé en divisant le poids recueilli par le nombre de doses. Cette technique est particulièrement avantageuse lorsque la disponibilité d'eau n'est pas assurée facilement au niveau de la parcelle. Par ailleurs, les femmes portent un attrait pour cette technique qui est moins éprouvante physiquement que l'application par voie humide.

Dans la technique par voie humide, le charbon actif en poudre enrichi en éthylène est mélangé à de l'eau dans la cuve d'un pulvérisateur à dos. Après dispersion dans la cuve par une légère agitation, les cœurs des plants sont aspergés à la lance dont la buse a été préalablement enlevée. Le réglage de la dose par plant est réalisé en

adaptant le temps de l'écoulement au niveau de chaque plant. Préalablement à l'application, l'opérateur est entraîné au respect du temps d'application par plant.

Les deux techniques d'application permettent de traiter manuellement approximativement 1000 plants par heure pour un opérateur normalement entraîné. La technique par voie humide est légèrement plus rapide mais nécessite de s'approvisionner en eau, ce qui dans certaines régions peut demander un temps de travail complémentaire très important. La technique par voie humide présente l'avantage qu'elle peut être appliquée de manière mécanisée à l'aide d'un pulvérisateur agricole.

2.3. Matériel végétal

Les traitements sont réalisés sur une plantation biologique d'ananas de la variété Cayenne lisse. Les plants sont de taille homogène. La plantation a été réalisée en septembre 2006. Le stade végétatif a été caractérisé en mesurant sur une balance de précision le poids moyen de la plus grande feuille de 20 plants choisis aléatoirement dans la plantation. Ce poids moyen s'établit à 86 g.

Onze parcelles d'essai ont été délimitées dans la plantation. Les parcelles d'essai comprennent entre 109 et 243 plants.

2.4. Conditions environnementales

Les traitements ont été réalisés en octobre 2007 dans une plantation située sur les terres du village de Dzolo, à environ 6° de latitude nord et 1° de longitude est. Ce village de Dzolo est situé en plaine au sud-ouest du Togo, près de la frontière ghanéenne, à environ 50 km de la capitale Lomé. Le site est situé à environ 6 km à l'intérieur des terres depuis la route principale de Lomé à Kpalimé.

Les traitements à l'aube ont été réalisés par une température de 23 à 27 °C et une humidité relative d'environ 80 %, entre 6 h et 7 h 30 du matin. Les traitements d'après-midi ont été réalisés par une température de 31 à 32 °C entre 15 h 30 et 16 h avec une humidité relative légèrement supérieure à 60 %.

Le vent était faible ou nul et n'a jamais excédé 4 km à l'heure.

2.5. Protocole d'essai

Le **tableau 1** synthétise les essais réalisés sur les 11 parcelles expérimentales. La parcelle témoin ne subit aucun traitement. Les 10 parcelles restantes sont divisées en 2 blocs qui subissent l'un des traitements par voie sèche et l'autre, des traitements par voie humide. Au sein de chaque bloc, 5 traitements sont testés : un traitement à l'aube avec une application de

Tableau 1. Synthèse des conditions expérimentales des essais mis en place — *Synthetic view of the field trial experimental setup.*

Numéro de l'essai	Technique d'application	Dose de charbon actif par application	Nombre de plants	Nombre d'applications	Moment du traitement
1	Voie sèche granulés enrichis 5 %	250 mg par plant	218	1	Aube
2	Voie sèche granulés enrichis 5 %	250 mg par plant	222	2	Aube
3	Voie sèche granulés enrichis 5 %	125 mg par plant	228	1	Aube
4	Voie sèche granulés enrichis 5 %	125 mg par plant	231	2	Aube
5	Voie sèche granulés enrichis 5 %	250 mg par plant	109	2	Après-midi
6	Témoin	Non traité	116	0	-
7	Voie humide poudre 3 % - eau	250 mg par plant	234	1	Aube
8	Voie humide poudre 3 % - eau	250 mg par plant	231	2	Aube
9	Voie humide poudre 3 % - eau	125 mg par plant	240	1	Aube
10	Voie humide poudre 3 % - eau	125 mg par plant	243	2	Aube
11	Voie humide poudre 3 % - eau	250 mg par plant	122	2	Après-midi

250 mg par plant ; un traitement pour cette même dose de 250 mg par plant appliqué à deux reprises à 2 jours d'intervalle dans les mêmes conditions ; un traitement en une application pour une dose réduite de moitié à 125 mg par plant le matin ; un traitement à cette dernière dose de 125 mg par plant répété à 2 jours d'intervalle ; et enfin un traitement l'après-midi à la dose de 250 mg par plant répété à 2 jours d'intervalle.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

La **figure 1** présente le résultat des comptages des floraisons sur les 11 parcelles expérimentales à la date du premier traitement, ainsi que les 6^e, 7^e, 8^e, 9^e et 10^e semaines après le premier traitement. La parcelle témoin présente des floraisons naturelles qui passent de 5 à 11 % entre la 6^e et la 10^e semaine. Ces taux de floraison sont très significativement différents de toutes les parcelles traitées qui présentent toutes après 6 semaines des taux de floraison supérieurs à 40 % et après 8 semaines, supérieurs à 80 %. Ces taux de floraison démontrent que le traitement TIFBio utilisant le charbon actif enrichi à l'éthylène est une méthode très efficace pour induire la floraison.

Le très haut taux de floraison obtenu pour tous les traitements après 10 semaines rend peu puissants les tests statistiques de comparaison entre les traitements pour le nombre de plants traités. En effet, des échantillons de l'ordre de 200 plants offrent une marge d'erreur sur l'estimation du taux de floraison de l'ordre de 5 %.

La mise en évidence de différences entre traitements est toutefois possible grâce au suivi régulier des floraisons. La cinétique de la floraison des différentes parcelles représentée à la **figure 1** montre qu'après 8 semaines, l'évolution du taux de floraison suit une tendance similaire à celle des floraisons naturelles. C'est à 6 semaines que la discrimination entre l'efficacité des traitements est la plus importante.

3.1. Traitement par voie sèche

On observe globalement que, quelle que soit la modalité d'application, le traitement par voie sèche s'est avéré moins efficace à 6 semaines. Toutefois, avec des taux de floraison compris entre 86 et 90 % à 10 semaines, le traitement est considéré comme réussi pour le producteur. Les différences entre les modalités d'application par voie sèche ne sont pas significatives. Pour une même efficacité, il s'avère donc, dans le cas présent, plus intéressant de traiter à faible dose sans

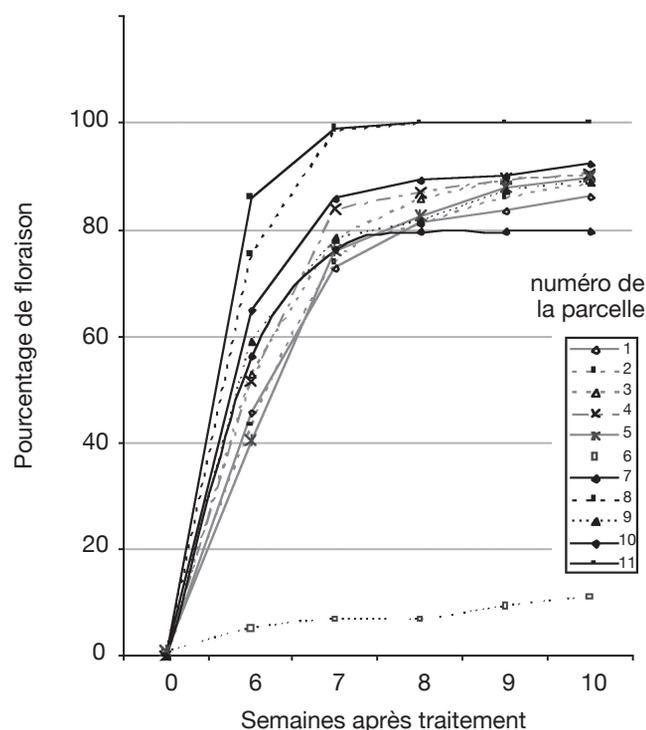


Figure 1. Cinétique de floraison pour les différents traitements d'induction florale — *Flower count evolution with time for the different flower induction treatments.*

répétition car cela limite le coût du traitement. Ce résultat est toutefois à interpréter avec précaution. En effet, des essais antérieurs réalisés au Cameroun en décembre 2006 sur des parcelles de 200 plants avaient montré l'intérêt de la répétition du traitement à la dose de 250 mg par plant tant pour la voie humide que pour la voie sèche, qui passaient respectivement de 43 à 78 % et de 78 à 93 % de taux de floraison à 10 semaines. Par ailleurs, dans ces conditions, le traitement par voie sèche s'était avéré le plus efficace, contrairement à ce qui est observé ici. Ces différences sont probablement liées à des paramètres environnementaux. Des essais réalisés dans cette même zone au Togo en mars 2006 avaient également mis en évidence une plus grande efficacité de la voie humide, tandis que des essais réalisés parallèlement au Togo mais en zone de plateaux (Blifou) avaient montré une meilleure efficacité de la voie sèche.

3.2. Traitement par voie humide

L'efficacité des traitements par voie humide présente une plus grande variabilité que celle présente lors de l'utilisation de la voie sèche. Les traitements à la dose de 250 mg par plant, avec répétition de l'application, permettent d'atteindre 100 % de taux de floraison dès 8 semaines, indépendamment du moment d'application dans la journée. La comparaison des taux de floraison à 6 semaines de ces deux traitements montre que le traitement d'après-midi semble encore plus efficace avec un taux de 86 % contre 75 % pour l'application matinale. Ce résultat, peu significatif du point de vue statistique, va à l'encontre de l'adage qui veut que les traitements d'induction florale des broméliacées soient plus efficaces quand l'humidité relative est plus élevée en raison de l'ouverture des stomates. Ce résultat est cohérent avec l'ensemble des expérimentations menées sur le TIFBio qui n'ont jamais montré d'effet majeur de moment de réalisation du traitement dans la journée.

La réduction de dose se traduit par une réduction de l'efficacité du traitement. À 6 semaines, les taux de floraison pour les doses de 125 mg par plant n'atteignent pas 60 %. Ce résultat confirme des essais précédents qui ont montré qu'une dose de 250 mg par plant est nécessaire pour obtenir une bonne efficacité. La répétition de l'application n'apporte d'avantage que pour la dose de 250 mg par plant. Il n'est pas avantageux de fractionner la dose de 250 mg en 2 doses de 125 mg appliquées à 2 jours d'intervalle, ce qui est cohérent avec l'existence d'un mécanisme de seuil.

4. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

D'une manière générale, les essais confirment l'efficacité du traitement TIFBio qui permet d'obtenir

des taux de floraison compatibles avec une conduite optimale de la culture pour une dose de 250 mg par plant. Ils montrent que le traitement peut être appliqué à tout moment de la journée avec une efficacité comparable. La répétition du traitement peut, dans certaines conditions, augmenter le taux de réussite du traitement. La différence d'efficacité observée entre la voie sèche et la voie humide confirme des essais antérieurs menés dans la même zone mais n'est pas généralisable.

L'interprétation des résultats dans leur globalité montre que les traitements par voie sèche et par voie humide se distinguent par leur réaction au facteur dose. L'explication reste une énigme mais est probablement à rechercher du côté des modalités de transfert de l'éthylène vers la plante en fonction de la rapidité de désorption de l'éthylène du charbon actif et d'absorption par la plante. Il est possible que le taux d'assimilation ou la concentration maximale perçue par la plante soit similaire pour les différentes modalités d'application par voie sèche, un facteur limitant étant présent soit au niveau de la désorption ou de l'absorption. Ce facteur limitant n'est manifestement pas présent dans le cadre de la voie humide. Il serait utile d'identifier ce facteur limitant par des recherches scientifiques en conditions contrôlées pour mieux comprendre les mécanismes de transfert en présence. Il faut remarquer qu'il ressort d'essais antérieurs que ce facteur limitant peut être dépassé dans la mesure où des taux de floraison de 100 % ont été atteints par la voie sèche qui s'avère dans certaines conditions plus efficace que la voie humide.

Dans l'état actuel des connaissances, il est recommandé aux producteurs voulant utiliser la méthode du TIFBio de s'assurer de l'adéquation de la méthode retenue à leurs conditions environnementales et de production particulières sur base d'essais d'efficacité similaires à ceux qui ont été menés dans la présente étude. Ce choix doit également prendre en compte les différentes contraintes locales qui peuvent se présenter en termes économiques et de disponibilité en eau.

Remerciements

Cette étude a été réalisée à l'initiative du Programme Initiative Pesticides (PIP) / COLEACP.

Bibliographie

- Bernier G., 1988. The control of floral evocation and morphogenesis. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, **39**, 175-219.
- Brug S.P. & Brug E.A., 1966. Auxin-induced ethylene formation: its relation to flowering in the pineapple. *Science*, **152**(3726), 1269.

- COLEACP, 2007. *L'induction florale de l'ananas. Unité fixe de production de charbon actif enrichi en éthylène et techniques d'application au champ*. Fiche technique Programme Initiative Pesticides. Bruxelles : COLEACP-PIP.
- Cooper W.C. & Reese P.C., 1942. Induced flowering of pineapple under Florida conditions. *Proc. Florida State Hortic. Soc.*, **54**, 132-138.
- Cunha G.A.P., 2005a. Applied aspects of pineapple flowering. *Bragantia*, **64**(4), 499-516.
- Cunha G.A.P., 2005b. Relationship among growth regulators and flowering, yield, leaf mass, slips production and harvesting of 'Pérola' pineapple. *Acta Hortic.*, **666**, 149-160.
- Loeillet D., 2005. *Cyclope 2005 : les marchés mondiaux*. Paris : Economica, 339-341.
- Py C. & Silvy A., 1954. Traitements hormones sur ananas. Méthodes pratiques pour diriger la production. *Fruits*, **25**, 101-123.
- Règlement (CE) n°1318/2005 de la commission du 11 août 2005 modifiant l'annexe 2 du règlement (CEE) n°2092/91 du Conseil concernant le mode de production biologique de produits agricoles et sa présentation sur les produits agricoles et les denrées alimentaires. *J. Off. Union Eur.*, **L210/11**.
- Vieira A., Gadelha R.S.D., Maldonado J.F.M. & Dossantos A.C., 1983. Plant age and its influence in the flowering induction and yield of pineapple cultivar Smooth Cayenne. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, **18**, 33-35.

(10 réf.)