



TRANSFERT DE TECHNOLOGIE EN AGRICULTURE

MAPM/DERD

• Mars 2009 •

PNTTA

Une nouvelle plante sucrée au Maroc *Stevia rebaudiana*

Exigences, techniques culturales et potentialités

Introduction

La *Stevia rebaudiana* est une espèce appartenant à la famille des Astéracées. C'est une plante originaire du Paraguay. Ses feuilles contiennent des glycosides naturels, qui ont un goût très sucré mais non calorifique, dont le stéviolide constitue le principal édulcorant qui est 250 à 300 fois plus sucré que le sucre de canne.

Cette plante connaît actuellement, dans le monde entier, un intérêt croissant auprès des chercheurs, des agriculteurs, des grandes firmes commerciales et pharmaceutiques, et des consommateurs en raison d'une part de son adaptation à une large gamme de climats et d'autre part à ses divers vertus thérapeutiques et médicinales pour la santé humaine, en particulier pour les diabétiques et les obèses. La forte demande mondiale en édulcorants naturels non calorifiques est le résultat du changement des habitudes alimentaires des consommateurs, de plus en plus exigeants en nourriture plus naturelle en raison des problèmes d'obésité et de diabète, et à la polémique qui entoure les édulcorants synthétiques.

Actuellement, en plus des pays de l'Amérique latine (Paraguay, Brésil, Argentine, Uruguay) et de l'Amérique Centrale, la stévia est cultivée dans divers pays du monde, comme culture expérimentale ou commerciale (USA, Canada, Russie, Israël, Angleterre, Japon, Chine, Corée, Thaïlande, Malaisie, Inde, Géorgie, République Tchèque, Allemagne, Suède, Australie). Le premier producteur mondial reste la Chine avec une superficie de 20.000 ha et le premier consommateur mondial est le Japon avec une consommation d'environ 2.000 tonnes de feuilles sèches/an, soit presque 40 % du marché mondial.

Au Maroc, cette culture a été officiellement introduite pour la première fois en 2008, à partir de son pays d'origine le Paraguay, dans le cadre d'un projet de Recherche-Développement (PROFERD)

financé par la Direction de l'Enseignement de la Recherche et du Développement et coordonné par l'ENA de Meknès avec un partenariat avec l'IAV Hassan II, l'INRA-Meknès, la DPA d'Essaouira et les agriculteurs.

L'insertion de cette espèce dans les systèmes de production agricole nécessite une connaissance approfondie de la plante, ses exigences et son potentiel agronomique. La documentation concernant la production et le développement de la stévia est très limitée. L'objectif de cette synthèse bibliographique est de présenter l'état actuel des connaissances sur cette culture en matière des exigences environnementales, des techniques culturales, des potentialités de production et des perspectives d'avenir pour cette nouvelle culture au Maroc.

Description botanique

Les feuilles de *Stevia rebaudiana* sont pointues, en forme de lance avec une longueur de 5 cm et une largeur de 2 cm. La tige est annuelle, semi-ligneuse plus ou moins pubescente. Elle contient moins de stéviolides que les feuilles et les fleurs. La hauteur de la plante se situe entre 50-70 cm dans son milieu naturel. Sur des sols fertiles, la hauteur peut atteindre 100 cm voire 120 à 180 cm. En conditions du Sud-Ouest du Maroc (Essaouira), la hauteur maximale atteinte par la stévia est de 150 cm à 152 jours après transplantation. Les fleurs de stévia sont petites, blanches et auto-incompatibles, ce qui nécessite des insectes pour une pollinisation croisée et pour la production de graines viables. Les graines sont petites (environ 3 mm de longueur) et portent à leurs extrémités des poils fins leur servant de transport par le vent, et présentent une très faible viabilité. Les graines de couleur claire sont généralement infertiles et les graines de couleur foncée sont fertiles. Le système racinaire est fibreux, filiforme et pérenne se rami-

SOMMAIRE

n° 174

Agronomie

- Description botanique..... p.1
- Origine, histoire et utilisations..... p.2
- Exigences environnementales..... p.3
- Techniques culturales..... p.4

fiant fortement mais superficiellement. Il renferme des réserves importantes en nutriments, mais ne contient pas de stéviolides.

La stévia est normalement décrite comme une espèce pérenne dans son habitat naturel, mais dans certains environnements à hiver froid, elle peut être cultivée comme une culture annuelle. Le cycle de croissance de stévia peut être divisé en 4 phases: germination, période de croissance active, floraison et maturité des graines. La première phase inclut la germination et l'établissement, la seconde concerne la croissance végétative, la troisième englobe l'initiation du bouton floral, la pollinisation et la fertilisation et la quatrième représente la croissance et le remplissage des graines. La durée de chaque phase dépend des conditions environnementales, notamment la température, la photopériode, la lumière, l'alimentation en eau et en éléments minéraux.



Plante de Stevia

Origine et Histoire

L'histoire de la culture de la stévia commence au Paraguay et au Brésil. A l'origine, la stévia poussait seulement dans la partie sud de l'Amérique du Sud. Les indiens de la tribu des Guaranis connaissent la stévia depuis des siècles en raison de son goût sucré car ils utilisent les feuilles pour sucrer leurs tisanes. Elle est souvent nommée «la plante sucrée du Paraguay» et on la décrit aussi souvent comme étant la plante la plus sucrée du monde. La stévia est apparue en Europe pour la première fois au 16^{ème} siècle quand les conquérants espagnols ont appris par les habitants de l'Amérique du Sud que cette plante possédait un incroyable pouvoir de sucrer les aliments. La recherche et le développement commercial de la stévia a connu un début assez hésitant. En 1908, il a été fait état que la plante contenait différents édulcorants mais c'est seulement en 1931 qu'il a été possible d'isoler des stéviolosides. Pendant la seconde guerre mondiale, les alliés ont eu l'intention de commercialiser les stéviolosides pour remplacer le sucre conventionnel qui n'était plus disponible en quantité suffisante. Malheureusement, la technologie n'était pas assez développée pour permettre une production industrielle. En 1970, le gouvernement japonais a interdit l'utilisation des édulcorants synthétiques, une décision qui a permis de développer la commercialisation des stéviolosides naturels. Depuis plus de 25 ans, les consommateurs japonais utilisent l'extrait de la plante, non seulement parce que c'est un produit naturel et sûr, mais surtout parce que c'est un édulcorant sans calories.

Actuellement, le Japon est le plus grand consommateur mondial de stévia et le pays le plus avancé dans le domaine de la recherche sur cette culture. Par la suite, d'autres pays se sont joints au Japon tels l'Inde et la Chine. Ce dernier est actuellement le plus grand producteur mondial. En Europe, la stévia est autorisée en tant que supplément alimentaire et non pas en tant qu'édulcorant. Aux USA, la FDA a récemment autorisé (Décembre 2008) l'utilisation de la stévia en tant qu'édulcorant et les grandes firmes multinationales s'intéressent actuellement aux extraits très sucrés de la stévia.

Chimie de la plante

Le goût sucré de la stévia est dû à la présence dans ses feuilles de stéviol glycosides qui sont des glycosides di-terpéniques solubles dans l'eau. En tout, au moins une dizaine de stéviol glycosides ont été identifiés, mais les quatre principaux présents dans les feuilles de stévia sont: le Stévioloside, le Rebaudioside A, le Rebaudioside C et le Dulcoside A avec des proportions dans le poids sec des feuilles respectivement de 5-10%, 2-4%, 1-2% et 0,5-1%. La teneur des plantes en stéviol

glycosides dépend du génotype, des conditions climatiques et culturelles. Le pouvoir sucrant des stéviol glycosides (évalué en comparaison à celui du saccharose) varie entre 50 et 450 fois celui du sucre. Il est de 350-450 fois pour le Rebaudioside A, 300-350 fois pour le Rebaudioside D, 250-300 fois pour le Stévioloside, 50-120 fois pour le Dulcoside A et non déterminé pour le Rebaudioside C. Concernant la valeur nutritionnelle, les stéviol glycosides ont une valeur énergétique nulle (acaloriques).

Intérêt et utilisation de la stévia

La stévia présente un intérêt agronomique important du fait que c'est une espèce pérenne à bonne capacité de régénération qui s'adapte à une large gamme d'environnements et qui peut être récoltée 3 à 4 fois par an. Sa propagation est possible par semences, boutures ou par culture *in vitro* de tissus. Elle présente aussi un intérêt économique considérable du fait des utilisations diverses de ses feuilles et de leur extraits. Ces utilisations peuvent être médicinales, alimentaires ou culinaires:

(i) Utilisations Médicinales: amélioration du fonctionnement cardiovasculaire, efficace dans le cas de l'hypertension artérielle, efficace dans le cas de certaines infections chroniques, agent bactéricide, notamment sur *Streptococcus mutans*, *Pseudomonas aerugin*, et *Proteus vulgaris*, action hypoglycémique, sans effet inverse sur le taux du sucre sanguin, inhibe la formation des cavités et des plaques dentaires, utilisations dermatologiques (eczéma, acné, candida, anti-rides), antagoniste au calcium, additif aux comprimés pour l'amélioration du goût, améliore l'appétit et aide à la digestion, améliore les fonctions gastro-intestinales, alimentation pour diabétiques et dans les régimes de perte de poids,

(ii) Utilisations Alimentaires et culinaires: édulcorant pour sucrer divers aliments: thé, café, boissons, jus, yaourts, chewing gum, biscuits, cakes, pâtisserie, confiserie, salades, sauces, plats cuisinés...; régime pour perte de poids (obèses et minceurs) et diabétiques; colorant, odorant et savourant; source d'antioxydants; utilisation pour diminuer le désir de consommation du tabac.

(iii) Autres utilisations: additif et savourant au tabac, production de régulateurs de croissance des plantes.

La stévia est également utilisée grâce à ses caractéristiques chimiques et nutritionnelles importantes, notamment sa richesse en éléments nutritifs essentiels pour l'organisme (macro et oligo-éléments, vitamines et huiles essentielles).



Feuilles de Stévia



Feuilles sèches de Stévia



Poudre de feuilles de Stévia



Techniques culturales

Propagation de la stévia

A l'état sauvage, la stévia se régénère à partir des semences et des racines des tiges touchant le sol et à partir de la base de la plante. La germination des graines de stévia est très faible, essentiellement en raison de l'infertilité des semences. Certains génotypes produisent des semences non viables en raison de l'auto-incompatibilité de leur fécondation.

En culture, la stévia peut être multipliée par semences et par voie végétative incluant le bouturage des tiges et la culture de tissus (culture *in vitro* ou micro-propagation). Mais, la méthode de semis/transplantation reste la méthode la plus économique.

Multipliation par semences

La germination est un problème chez la stévia. Le taux de germination est très faible et souvent inférieur à 50% en raison essentiellement de la non viabilité des semences (auto-incompatibilité pollinique). Les graines fertiles sont généralement de couleur noire, alors que les graines infertiles sont de couleur pâle, claire. Les graines de stévia sont très petites et très légères. Leurs poids de mille graines se situe entre 0,15 et 0,30 g. Le semis des graines de stévia se fait sous serre au printemps (Février-Mars), étant donné que le froid limite leur germination et la transplantation au champ est réalisée 6 à 8 semaines plus tard. La germination nécessite au moins une température de 20°C mais elle est meilleure à 25°C. La stévia étant une espèce photo-réactive, sa germination est améliorée par la lumière. Il est recommandé d'assurer une durée de lumière de 14 à 16 heures par jour pour augmenter le taux de germination. La durée de germination varie en fonction des conditions de semis, notamment la température et la lumière. Elle peut varier entre 2 et 21 jours. En conditions du Sud-Ouest du Maroc, la germination commence à 7 jours après semis et elle dure environ 30 jours.

Propagation par bouturage des tiges

En raison du problème de germination des graines chez la stévia, la multiplication par bouturage des tiges est la méthode la plus souvent utilisée, malgré son coût élevé. Elle permet d'obtenir des plantes uniformes avec des caractéristiques identiques aux plantes mères. En général, les boutures enracinent facilement. La taille (nombre de feuilles) et la durée du jour peuvent également influencer l'enracinement et la croissance des boutures.

Les boutures avec quatre paires de feuilles donnent un faible taux d'enracinement, notamment en Février. Durant ce mois, ce sont les boutures à deux paires de feuilles qui enracinent le mieux et en Avril, ce sont celles à trois paires de feuilles qui donnent de meilleurs résultats. Le lieu de

Exigences environnementales de la stévia

Distribution géographique

L'habitat d'origine de stévia se situe au niveau des hautes terres des régions du Nord-Est du Paraguay entre les latitudes 23 et 24° S, les longitudes 54 et 56° E, à une altitude comprise entre 500 et 1500 m et avec une température annuelle moyenne de 25°C et une pluviométrie moyenne annuelle d'environ 1.375 mm. Par ailleurs, malgré son origine au Paraguay, la stévia croit avec succès dans une grande diversité d'environnements à travers le monde: Inde, Chine, Californie, Géorgie, l'Abkhazie, Italie, Corée, Slovaquie, République Tchèque, Canada, Russie, Indonésie, Brésil, Argentine, Ukraine, Maldives, Japon, Mexique, Taiwan et Thaïlande. En Afrique, la stévia est expérimentée en Egypte et au Maroc.

La croissance et le développement de la stévia sont affectés par les conditions environnementales, notamment, le rayonnement, la photopériode, la température, le vent, l'eau et le sol.

Température

Le climat idéal pour la culture de stévia est semi-humide subtropical avec des températures comprises entre 6 et 43°C avec une moyenne de 23°C. La température optimale de croissance de la stévia se situe entre 15 et 30°C. Selon certains auteurs, la variation de la température diurne et nocturne est un élément déterminant pour la production des stévioides. Pour une croissance favorable de la stévia, la température maximale journalière ne doit pas dépasser 40°C et la température minimale nocturne ne doit pas baisser en dessous de 10°C. Au Maroc, les climats doux en hiver des zones côtières seraient favorables pour la croissance et le développement de la stévia. C'est pour cette raison que nous avons choisi la région d'Essaouira pour la conduite des essais d'adaptation de la stévia (température minimale supérieure à 10 degrés en hiver).

Durée du jour/Photopériode

La stévia est très sensible à la durée du jour, elle exige 12 à 16 h de lumière de soleil. La variation de la longueur du jour a une grande influence sur la croissance végétative de la culture de stévia. Les plantes exposées aux jours longs présentent des internœuds longs et une tige principale unique et large.

L'augmentation de la durée du jour jusqu'à 16h, accompagné d'une augmentation de l'intensité lumineuse, peut engendrer une augmentation de la croissance végétative et de la teneur en stévioides des feuilles. La durée du jour agit également sur la floraison de la stévia. La stévia est une espèce à jour court obligatoire et la floraison est initiée par les jours courts (11 heures). Celle-ci commence à 46 jours après transplantation pour une

longueur de jour de 11h, tandis qu'elle est retardée jusqu'à 96 jours pour une durée de jours de 12.5 heures.

En conditions du Sud-Ouest du Maroc (Essaouira), la floraison de la stévia a commencé en juillet (durée de jour d'environ 14h), soit 54 jours après la transplantation qui a été réalisée en fin Mai. Puisque la synthèse des stévioides est réduite à la floraison ou juste avant, le retardement de la floraison avec des jours longs permet à la plante d'avoir plus de temps d'accumuler les stévioides dans ses feuilles. Par conséquent, la production de la stévia est meilleure dans les environnements à jours longs, où la période de croissance végétative est plus longue et les rendements en stéviols glycosides sont ainsi élevés. Cette conclusion nous laisse supposer que la longue durée du jour en été pourrait être un facteur qui favoriserait la production de cette culture au Maroc.

Lumière

La stévia est une plante qui prospère dans les climats chauds, humides et ensoleillés. L'ombre a un effet négatif sur la productivité de la stévia. Il réduit la croissance et le taux de floraison. Une réduction de la lumière de 60 % implique un retard de la floraison, une baisse de la production de biomasse et une diminution significative du taux de floraison. Dans son habitat naturel, la productivité de la stévia est faible du fait qu'elle croit en conditions partiellement ombragées. Ce facteur non limitant en conditions marocaines pourrait être un atout favorable pour le développement de cette culture au Maroc.

Sol

Les sols d'habitat naturel de stévia sont généralement peu fertiles, acides et sablonneux à pH 4-5 avec un taux de matière organique faible et une nappe phréatique superficielle. Cependant, la plante peut croître dans une large gamme de types de sols ayant une bonne disponibilité de l'eau, un drainage adéquat et de préférence un pH acide à neutre (5-7). Il faut néanmoins éviter les sols salins et alcalins puisque la stévia tolère peu la salinité et l'alcalinité. La croissance de la stévia est affectée par une eau d'irrigation dont le niveau de salinité se situe entre 2 et 4 mmhos/cm. Les sols rouges et équilibrés en sable et limon sont meilleurs pour la stévia. Au Maroc (Sud-Ouest), la stévia prospère sur un sol équilibré en limon et sable et enrichi en matière organique (fumier de bovins et ovins). L'adaptation de cette culture aux larges gammes de types de sols présents au Maroc est un atout important pour le développement de cette culture au Maroc ■.



prélèvement des boutures sur la plante mère peut également affecter la croissance et l'enracinement des boutures. En général, les boutures avec quatre internœuds, prélevées sur la moitié haute de la plante, donnent de meilleurs résultats. La longueur des boutures qui donne le meilleur résultat est de 8 à 15 cm.

Des régulateurs de croissance peuvent être utilisés pour stimuler l'enracinement. Le Paclobutrazol à 50 ou 100 ppm est l'hormone de croissance qui donne de meilleurs résultats. Le meilleur moment pour la pépinière des boutures sous conditions contrôlées est l'hiver et la meilleure période de plantation est le début printemps.

Micropropagation par culture de tissus

Différentes parties de la plante peuvent être utilisées avec succès pour la micropropagation par culture de tissus (culture *in vitro*). Ainsi, on peut utiliser les feuilles, les pousses auxiliaires, les pousses de racines de base de la plante, les pousses primordia et les tissus nodaux et internodaux etc... Les techniques de micropropagation ainsi que les milieux de culture sont nombreux, mais le milieu le plus utilisé est celui de Murashige et Skoog, supplémenté par différentes hormones de croissance (AIA, AIB, ANA) pour l'induction des racines et des pousses. Des techniques et des équipements pour une propagation de masse à large échelle ont été développés, notamment au Japon.

Variétés, croisement et sélection

Dans son milieu naturel, les populations sauvages de *Stevia rebaudiana* présentent une grande variabilité de phénotype et de teneur des feuilles en glycosides. Il existe une variabilité génétique suffisante pour obtenir un gain génétique significatif en terme de rendement feuilles et en teneur en glycosides. Cette variabilité naturelle serait partiellement due à une large auto-incompatibilité naturelle des fleurs de stévia. L'héritabilité pour le rendement feuille, le ratio feuilles/tiges et la teneur en stévioides est élevée (75-83 %). Au Maroc, les premiers essais d'adaptation de la stévia montrent que la production de semences viables est possible pour un semis sous serre de fin Mars, une transplantation en fin Mai et une floraison en fin Juillet. La collecte de semences commence en Août et dure jusqu'à Octobre. La viabilité des semences produites est testée naturellement par la germination des graines tombées au sol après les pluies de l'hiver.

Semis et transplantation

Technique de semis

Plusieurs techniques de semis en pépinière ont été décrites mais la technique commune consiste à semer sur des bacs de semis dans un terreau spécial ou dans un substrat du sol de texture sablonneuse mélangé avec de la matière organique et à pH acide à neutre (4 à 7) et sous au

moins 14 heures de lumière par jour. Les graines doivent être maintenues en surface et ne doivent pas être couvertes entièrement de terre puisqu'elles nécessitent la lumière pour leurs germinations.

Densité de plantation

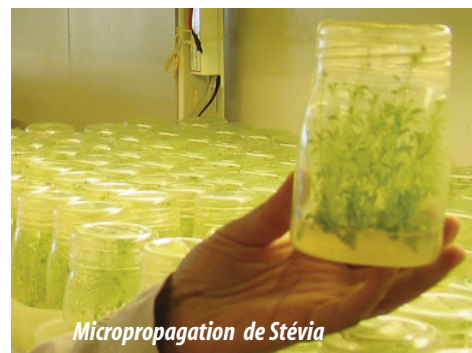
La densité de plantation est un paramètre lié à l'objectif de production, les conditions environnementales et les techniques d'installation de la culture. L'installation de la stévia s'effectue dans la majorité des situations par transplantation de jeunes plantules issues de la pépinière. La transplantation se fait sur des billons de 50-60 cm de largeur et 15-20 cm de hauteur et couverts ou non d'un mulch en plastique permettant de limiter l'évaporation et le développement des adventives. La densité de peuplement recommandée se situe entre 80.000 et 100.000 plantes/ha avec un écartement entre les lignes de 45 à 65 cm. Dans les systèmes pérennes à récoltes multiples, il est recommandé de semer à une densité de 50.000 plantes/ha. En conditions de culture au Maroc (Essaouira), la densité de plantation pratiquée a été de 3,7 plantes/m², mais en raison de la forte ramification de la culture, la couverture du sol est presque complète à 130 jours après transplantation.

Date de semis et de transplantation

La date de semis de la stévia dépend des conditions climatiques qui conditionnent la germination et la croissance des jeunes plantules. La date de semis optimale de la stévia est le début de printemps et la transplantation au champ est réalisée 6 à 8 semaines plus tard. L'été et l'automne sont à éviter puisque le premier est caractérisé par de fortes températures et une faible disponibilité en eau et le second coïncide avec des températures faibles limitant la germination et le développement de la plante.

Fertilisation

Les exigences en éléments nutritifs de la stévia sont faibles à modérés puisque cette culture croît sur des sols pauvres dans son habitat naturel. Cependant, en culture commerciale, la nécessité d'avoir des rendements élevés en feuilles impose l'apport de fertilisants, notamment l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K), pour l'amélioration du rendement en matière sèche des feuilles. Les besoins en N, P, et K diffèrent selon les conditions édapho-climatiques et l'objectif de rendement et doivent être raisonnés pour chaque situation. Au moment de l'accumulation du maximum de matière sèche, la composition de la stévia en N, P et K est de 1,4 %N, 0,3%P et 2,4 %K. La production d'une tonne de feuilles sèches nécessite en kg/ha 64,6 N, 7,6 P, et 56,1 K. Au Maroc, le seul apport du fumier (60 tonnes/ha) au moment de la transplantation, sur un sol à texture équilibrée en limon et sable (environ 40 % de chacun) et relativement riche en matière organique (2,2 %), a permis la production



Micropropagation de Stevia



Stade floraison de Stevia



Pollinisation par les insectes des fleurs de Stevia

de 1.938 kg/ha de matière sèche aérienne à la maturité des graines en première coupe de la première année, soit 968 kg de matière sèche foliaire pour un ration feuilles/tiges de 50 % et un peuplement de 37.000 plantes/ha. Par ailleurs, il a été montré qu'il existe une étroite relation entre l'approvisionnement en éléments nutritifs et la l'accumulation des stévioides dans les feuilles.

Irrigation

La stévia est une plante très exigeante en eau et elle résiste très peu au stress hydrique. Dans son habitat naturel, où le climat est semi-humide tropical avec une moyenne des précipitations d'environ 1.500 mm, elle croît dans des endroits qui sont continuellement humides mais non soumis à des inondations prolongées, sur des sols ayant une grande réserve en eau et continuellement humides. Dans ces conditions, elle ne nécessite pas d'irrigation fréquente. En culture commerciale, l'irrigation de la stévia est nécessaire pour avoir des rendements élevés. L'humidité du sol doit être constamment proche de la capacité au champ (80 % de la capacité au champ), notamment en période estivale après transplantation ou récolte des feuilles. Le coefficient cultural Kc varie selon les milieux de 0,25 à 1,45 pour la phase 0-25 jours après transplantation (JAT); de 0,56 à 1,14 pour la phase 26-50 JAT; et de 0,85 à 1,16 pour la phase 51-80 JAT.

En raison de ses forts besoins en eau et pour des considérations d'économie de l'eau, la méthode d'irrigation localisée (goutte à goutte) est la plus recommandée pour la stévia. L'irrigation par aspersion favoriserait les maladies foliaires et la chute des graines dans le cas de la production des semences. La fréquence d'irrigation dépend du stade de la culture, de la technique d'irrigation et des conditions climatiques, notamment, la température et l'humidité relative. En conditions du Sud-Ouest du Maroc, les essais sont en cours pour déterminer la dose et la fréquence d'irrigation optimales.

Contrôle des mauvaises herbes

La stévia présente une faible capacité de compétition vis-à-vis des mauvaises herbes durant le début de son cycle de croissance en raison du faible taux de croissance initial des plantules. A ce stade, le contrôle des mauvaises herbes est nécessaire puisqu'elles peuvent limiter sa croissance et par conséquent son rendement. Les adventices peuvent également entraver la récolte des feuilles. Le contrôle des adventices peut se faire mécaniquement, manuellement ou par utilisation d'un mulch en plastique. Ce dernier limite la germination des graines des adventices et présente aussi l'avantage de réduire l'évaporation de l'eau à partir du sol. Mais, il présente l'inconvénient de gêner la transplantation et d'empêcher le développement de nouvelles pousses à partir de la base des plantes. Le recours aux herbicides chimiques pourrait être également envisagé mais cette pratique est à proscrire pour préserver la qualité des feuilles et protéger l'environnement et la santé du consommateur. L'utilisation d'une forte densité de plantation pourrait également constituer une stratégie de lutte contre les mauvaises herbes.

Maladies et ravageurs

Les maladies ne semblent pas constituer un problème majeur pour la stévia bien que certaines attaques fongiques ont été enregistrées, notamment en conditions humides. Les plantes âgées semblent plus sensibles aux maladies que les jeunes plantules. Les principales maladies observées sur la stévia à travers le monde sont: *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia rolfsii*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium dephini*, *Alternaria steviae*, *Septoria steviae*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium spp.*, *Septoria Steviae*, *Erysiphe cichoracearum* et *Phytophthora spp.* En conditions du Sud-Ouest du Maroc, aucune maladie fongique n'a été identifiée jusqu'à ce jour mais une mortalité de certaines plantes a été constatée, pouvant être expliquée par un excès d'eau d'irrigation. Afin de préserver l'environnement et la santé du consommateur, la lutte biologique basée sur des extraits végétaux est la méthode recommandée pour le contrôle des maladies fongiques. Cependant, le recours au traite-

ment chimique serait nécessaire en cas de forte attaque.

Les attaques de ravageurs ne sont pas économiquement significatives dans une culture de stévia. Cependant, les jeunes plantules pourraient être la cible de certains insectes. Les ravageurs potentiels pour la stévia sont les cochenilles, les pucerons, les mollusques, les limaces, les fourmis, les coléoptères, les araignées rouges et les nématodes nodulaires qui sont attirés par le goût sucré des feuilles. La lutte biologique contre les ravageurs reste la technique la plus recommandée.

Récolte

Date et fréquence de récolte

La date de récolte optimale de la stévia dépend du climat, de la variété et de la saison de croissance. Dans les climats froids, à hiver sévère, une seule récolte par an est possible du fait que la stévia ne tolère pas le froid hivernal (les plantes meurent en hiver). Dans ces conditions, la récolte est effectuée au début de la saison froide quand le rendement est à son maximum. Par contre, en climats chauds où la croissance de la plante est possible tout au long de l'année, plus d'une récolte par an est possible. En conditions climatiques favorables, la stévia est considérée comme semi-pérenne et peut être maintenue jusqu'à 5-6 ans avec 2 ou 3 récoltes par an. La récolte doit être effectuée juste avant la floraison, au stade initiation du bouton floral, étant donné que ce stade correspond à une teneur maximale en glycosides et la concentration en stéviolside chute quand la floraison commence. L'intervalle de récolte peut être moins de deux mois en milieu d'été.

En conditions du Sud-Ouest du Maroc, pour une transplantation de fin Mai, une première récolte est possible la première année en Juillet à 50-60 jours après transplantation, qui correspond à l'initiation du bouton floral. Une seconde récolte est possible en Septembre-Octobre juste au moment de l'apparition des boutons floraux. Lors des années suivantes, plus de deux récoltes sont possibles (Mars, Mai, Juillet, Septembre). La récolte est effectuée en coupant la plante entière à 5-10 cm au dessus du sol.

Rendement

Le rendement de la stévia dépend des conditions climatiques et culturales. Dans son habitat d'origine, le rendement en feuilles sèches est entre 1.500 et 2.500 kg/ha/an en conditions pluviales et d'environ 4.300 kg/ha en conditions irriguées. Le rendement en culture pérenne est plus élevé qu'en culture annuelle. En culture pérenne, il augmente avec l'âge de la culture avec un maximum en troisième ou quatrième année. Le rendement en stéviolside varie en fonction du génotype et des conditions climatiques et culturales. La teneur des feuilles en stéviolside varie entre 5 et 10 %, mais le taux de 9 % est



considéré comme le seuil minimum de commercialisation. Certaines variétés améliorées présentent des teneurs plus élevées en stéviolside (14 à 21 %). Au Maroc, le rendement en feuilles sèches est d'environ 1.500 kg lors de la première année et un rendement de 3.500 kg est possible lors des années suivantes (2^{ème} et 3^{ème} années) avec 4 coupes par an (Mars, Mai, Juillet, Septembre).

Post-récolte

Séchage et stockage

Une fois coupées, les plantes fraîches sont transportées pour être immédiatement séchées. Le séchage se fait soit en conditions naturelles au soleil, soit dans des séchoirs artificiels (Chariot ou four de séchage). Sous une faible humidité relative, le séchage au soleil des plantes, disposées en couche mince sur une toile, est rapide; il dure 9 à 10 heures et permet de baisser l'humidité des plantes de 80 % à 10 %. La durée du séchage artificiel dépend des conditions climatiques et du taux de chargement. Elle est généralement de 24 à 48 heures à une température de 40 à 50 °C. La durée de séchage affecte la qualité des feuilles (couleur et teneur en stéviolside). Un séchage rapide donne une meilleure qualité des feuilles sèches. Si les plantes coupées ne sont pas séchées rapidement, la qualité des feuilles peut se détériorer par oxydation perdant ainsi jusqu'à un tiers de leurs teneurs en stéviolside après trois jours. Une température élevée lors du séchage artificiel peut également engendrer une baisse de la qualité des feuilles. Le séchage peut être également effectué à l'ombre dans un endroit sec et chaud où circule un courant d'air. Dans ce cas, la durée de séchage est de quelques jours, mais la qualité des feuilles reste à vérifier. La couleur verte des feuilles sèches est désirée et représente un critère de bonne qualité. Une fois séchées, les feuilles sont séparées des tiges manuellement ou à l'aide d'un séparateur mécanique avant qu'elles soient destinées pour le stockage, le conditionnement ou la transformation. Pour les grandes quantités, les feuilles sèches doivent être stockées dans des couches en fibre synthétiques ou en jute, à raison de 10 kg/couche, gardées dans un endroit sec et obscur. La durée de stockage peut aller d'une année à deux ans. Pour les petites quantités, le stockage des feuilles sèches peut se faire dans une jarre en verre. Le conditionnement se fait dans des boîtes

en carton revêtues de plastique, scellées et étiquetées pour une commercialisation ou une transformation ultérieure.

Transformation

La méthode traditionnelle d'utilisation des feuilles de stévia par les indiens du Paraguay consiste à les sécher et à les utiliser pour sucrer les thés et pour des utilisations médicinales ou pour les mâcher. Les feuilles sèches sont utilisées soit en pièces soit en poudre dans les cuissons domestiques, mais elles peuvent laisser un sédiment et une couleur verte, notamment dans les boissons claires. Un arôme désagréable peut être également associé aux feuilles sèches de stévia. Cet arôme, dû aux autres composés spécifiques des feuilles (non glycosidiques), peut être éliminé par une transformation appropriée des feuilles sèches.

Les extraits aqueux des feuilles, qui consistent à faire bouillir les feuilles sèches dans l'eau, à les refroidir et à les filtrer, sont préférables et mieux appropriés pour contrôler le niveau de douceur des aliments ou des boissons. Par ailleurs, les poudres cristallines et leurs extraits liquides sont les plus préférés dans les situations commerciales puisqu'ils sont plus sucrés et plus stables. La majorité des industries de transformation des feuilles de stévia se trouve au Japon où il existe une douzaine de processus de raffinement brevetés qui décrivent les méthodes d'extraction des stéviols glycosides. Ces méthodes utilisent généralement quatre étapes essentielles: **(i) dissolution** des édulcorants dans de l'eau bouillante ou autre solvant **(ii) séparation** par échange d'ions **(iii) filtration** par précipitation ou coagulation **(iv) cristallisation** et séchage. Une nouvelle méthode, basée sur une ultrafiltration a été récemment étudiée. Le méthanol est utilisé dans la majorité des processus d'extraction et de purification, vraisemblablement, en vue d'améliorer l'efficacité d'extraction et faciliter la séparation des stéviols glycosides. Cette utilisation de méthanol suscite des problèmes de sécurité des extraits de stévia, notamment aux USA, malgré son élimination entière dans le produit final. Pour cette raison, des processus de transformation plus récents utilisent des procédures d'extraction basée uniquement sur l'eau. La dissolution dans de l'eau bouillante peut aboutir à l'extraction de 93-98 % de stéviolsides.

Sécurité de la stévia pour la santé humaine

Malgré l'utilisation de la stévia sans aucun problème pendant plusieurs siècles par les indiens du Paraguay et par les Japonais depuis plusieurs années (plus de 35 ans) et d'autres pays depuis quelques années, les avis sur la sécurité de la stévia pour la santé humaine sont très controversés lors des vingt dernières années, notamment en

Europe et aux USA. Mais la majorité des réclamations contre la stévia provient de sa forte position compétitive vis-à-vis des édulcorants synthétiques. Les avis formulés par le Comité Scientifique de l'Alimentation de la Commission Européenne (SCF), le JECFA (Joint Expert Committee on Food Additives) et la FDA des USA (Food and Drug Administration) prouvent l'absence de données scientifiques suffisamment claires sur les risques potentiels des stéviols glycosides pour la santé humaine et qu'il n'a jamais été rapporté de problèmes liés à la consommation de feuilles de stévia ou de ses produits dérivés, notamment dans les pays où elle est consommée depuis longtemps (Paraguay, Japon, etc...). Les études toxicologiques menées au Japon et dans d'autres pays confirment l'innocuité de la stévia pour la santé humaine en général et pour les diabétiques en particulier. De ce fait, la consommation des stéviols glycosides ne présente pas de danger pour la santé humaine.

Plus récemment, en Décembre 2008, la FDA a approuvé l'utilisation des édulcorants issus des feuilles de stévia dans l'alimentation et les boissons. Cette décision importante ouvre des perspectives intéressantes pour la stévia dans l'avenir puisque les grandes compagnies internationales de boissons gazeuses s'intéressent à ces édulcorants naturels. Ces firmes n'utilisent jusqu'à présent, pour sucrer leurs produits «light» que les édulcorants synthétiques, actuellement très controversés.

Economie et Marché de la stévia

Il existe peu de données sur le coût de production de la stévia. Mais les données existantes montrent que le coût de production est très élevée en première année de culture en raison du coût de production des plantules en pépinière (jusqu'à 60 % du coût total). En culture pérenne, le coût de production est réduit et le bénéfice net se trouve amélioré, notamment en deuxième et troisième années de production. Les coûts d'extraction et de raffinement des extraits de la stévia ne sont pas disponibles. Au Maroc, les essais sont en cours pour évaluer le coût de production de la stévia. Selon les résultats préliminaires, on peut estimer le coût de production à 81.385 Dh/ha en première année dont 34 % sont dû au coût d'installation de l'infrastructure nécessaire à la production des plants en pépinière et 31 % destinés à l'installation du système d'irrigation goutte à goutte. En deuxième et troisième années de production, le coût devient seulement 27.060 Dh/ha. La rentabilité de la stévia serait donc faible en première année et très élevée en années suivantes (2^{ème} et 3^{ème} années).

Les prix des extraits de la stévia sont très variables selon les pays en fonction de la nature et de la qualité des produits. Le prix des feuilles sèches varie de 1,6 \$US/kg à 2,85 \$US/kg et celui des sté-

viosides varie, en fonction du type d'emballage, de 145 \$US/kg pour les paquets en vrac jusqu'à 615 \$US/kg pour les petits paquets de 15-60 mg. Sur la base du pouvoir sucrant, les prix de la stévia sont souvent supérieurs de 25 % à ceux du sucre et sont presque similaires à ceux des édulcorants synthétiques.

Le marché mondial de la stévia est dominé par le Japon qui commercialise à lui seul 40 % des édulcorants issus de la stévia. Mais les décisions récentes de son approbation aux USA et en Australie augmenteraient davantage sa demande, notamment par les grandes compagnies internationales. Le marché de la stévia est également très croissant en Inde et en Chine avec l'augmentation du nombre de diabétiques et de personnes obèses suite à une surconsommation en sucre de canne.

Perspectives futures

Au vu de tous ses atouts, la stévia pourrait constituer une culture alternative au Maroc pour le développement des régions où le climat et le sol répondent aux exigences de cette culture et où l'irrigation est possible. Le marché de la stévia est également très croissant en Inde et en Chine avec l'augmentation du nombre de diabétiques et de personnes obèses. Les résultats des expérimentations en cours dans la région d'Essaouira (Sud-Ouest) sont satisfaisants et encourageants.

Toutefois, il ya encore un besoin en matière de recherche scientifique pour combler certaines lacunes en matière de connaissances additionnelles sur cette culture, notamment dans les domaines suivants: **(i)** développement de variétés produisant des graines à taux de germination élevé, **(ii)** amélioration des techniques de multiplication et d'installation, **(iii)** développement de variétés à teneur élevée en stéviols glycosides, **(iv)** développement de techniques culturales intégrées associant l'optimisation de la production, la qualité du produit et le respect de l'environnement et la santé humaine, **(v)** développement de techniques de récolte, de séchage et de transformation efficaces produisant un produit naturel de haute qualité. Le développement de ce paquet technologique complet permettra à la stévia d'être une culture socialement acceptable, économiquement viable et écologiquement durable ■.

Dr. Abdellah ABOUDRARE

Ecole Nationale d'Agriculture de Meknes
abdellah_ aboudrare@yahoo.fr

Remerciements: La stévia a été introduite au Maroc dans le cadre du projet PROFERD07 financé par la DERD. Mr. A. Oulabboub, Mr. M. Boulif, Mr. K. Hidane, Mr. A. Bouaziz, Mme S. Zrina, Mr. H. Chekli, Mr. A. Boudra, Mr. S. El Moula, Mr. A. Nani, Mr. S. Saoud, A. Nabloussi, Mr. A. Abidar, Mr. L. Aziz, Mr. A. J. Boutaleb, Mr. A. Bentaibi, Mr. M. A. El Bouskraoui, Mr. A. El Hroud, Mr. S. Chibane, Mr. H. Aboudrare, Mr. D. Franke et Mr. T. J. Lybbert sont vivement remerciés pour leur aide et encouragement.