

## Évolution de la teneur glucidique et protéique dans les tubercules de topinambour (*Helianthus tuberosus* L.)

Mounsif BEN CHEKROUN\*✧, Jamila AMZILE\* & Nour Eddine EL HALOUI\*

(Reçu 10/01/1994 ; Accepté 21/04/94)

### المضمون السكري و البروتيني في بطور القلقاس

يتضمن هذا البيان دراسة النسبة المئوية من مجمع السكريات و البروتينات في المادة الجافة لاختلاف أطوار نمو بطور القلقاس. تتراوح النسبة المئوية من المادة الجافة في المادة الطازجة لبطور القلقاس ما بين 17 و 20 % و تكون المواد السكرية ما بين 8.85 و 14.5 % من المادة الطازجة و يحتل سكر الفريكتوز 75 % من مجمع هذه السكريات. أما البروتينات فتكون ما بين 9.20 و 12.85 % من المادة الجافة. و يبلغ الإثمار المتوسطي من المواد السكرية 6.5 طن في الهكتار (5.9-7.2)؛ نسبة السكريات في البطور تضعف خلال فصل الشتاء. كما يحتوي ثقل البطور على مواد سكرية و أحماض أمينية مما يجعلها ذا قيمة غذائية عالية للثروة الحيوانية خاصة في فصل الشتاء.

الكلمات المفتاحية : القلقاس - معايرة - كليكو فريكتوزان - بروتينات.

### Évolution de la teneur glucidique et protéique dans les tubercules de topinambour (*Helianthus tuberosus* L.)

Cette note concerne l'étude de la production de matière sèche, de glucides totaux et de protéine pendant les différents stades du développement des tubercules de topinambour (*Helianthus tuberosus* L.). La matière sèche varie de 17 à 20% matière fraîche, les glucides totaux de 8,85 à 14,5% matière fraîche dont 75% de fructose (6,71 à 12,3% matière fraîche) et les protéines de 9,20 à 12,85% du poids sec. La production moyenne de glucides totaux à l'hectare se situe en année normale à 6,5 T/ha (5,9-7,2); les tubercules perdent une fraction de leur glucides en hiver. Les sous-produits d'extraction des glucides contiennent des résidus sucrés et des acides aminés et constituent un aliment dont la valeur nutritive n'est pas négligeable en période hivernale.

**Mots-clés :** Topinambour - *Helianthus tuberosus* L. - Glucofructosane - Protéine

### Carbohydrates and proteins evolution in the Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers

This note concerns a study of production of dry matter, total carbohydrate and protein at all stages of development of the tubers of the Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). Dry matter ranges from 17 to 20% fresh matter, overall carbohydrates from 8,85 to 14,5% fresh matter, of which 75% is fructose (6,71 to 12,3% matière fraîche) and protein from 9,20 to 12,85% dry matter. The average overall carbohydrate production per hectare amounts to 6,5 T/ha (5,9-7,2) in a normal year; the tubers lose a fraction of their carbohydrates in winter. The by-product from extraction of carbohydrates contain residual carbohydrates and amino-acids and provide a food of significant nutritional value for the winter season.

**Key words :** Jerusalem artichoke - *Helianthus tuberosus* L. - Glucofructosan - Protein

\* Laboratoire de Biologie, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, 14000 Kénitra, Maroc

✧ Auteur correspondant

## INTRODUCTION

Les édulcorants constituent à l'heure actuelle un marché en pleine expansion. Le fructose, qui bénéficie d'une bonne image sur le plan alimentation-santé, s'impose de plus en plus sur ce marché.

Doté d'un pouvoir sucrant de 1,5 fois celui du saccharose, le fructose a l'avantage d'être obtenu à partir de matières premières renouvelables largement disponibles (Ettalibi, 1986).

Dans la Communauté Economique Européenne (C.E.E.), il existe trois procédés pour l'obtention du fructose à partir :

- Du saccharose (filrière sucrière): la betterave est considérée comme la principale matière première utilisée en France et dans la C.E.E. pour la production de saccharose vendu sous forme cristallisé et appelé couramment " sucre ".
- De l'amidon (filrière amyliacée) : les deux principales plantes considérées comme matière première pour la production d'amidon dans la C.E.E. sont le maïs et le blé.
- Des glucofructosanes, type inuline : les deux plantes productrices d'inuline les plus connues, sont le topinambour *Helianthus tuberosus* L. et la chicorée (*Cichorium intybus* L.) (Montero, 1984).

Le topinambour constitue l'une des sources potentielles de fructose les plus intéressantes (Ben chekroun *et al.*, 1993) ; la masse principale de ses réserves est représentée en grande partie par l'inuline (Roggen, 1976 ; Guiraud, 1981 ; Ettalibi, 1986 ; Benchekroun *et al.*, 1994).

Ces fructosanes, fortement solubles et localisés dans la vacuole (Edelman & Jefford, 1968), forment des réserves facilement disponibles et, de ce fait, jouent un rôle physiologique important dans le métabolisme du topinambour (Barloy, 1984 ; Barloy & Lemercier, 1988).

Le choix du topinambour s'accorde parfaitement avec les objectifs agricoles fixés tant au plan régional que national.

L'objectif de ce travail est donc d'étudier la possibilité du développement de cette culture en vue d'approfondir la perspective d'une valorisation agro-industrielle dans son sens le plus large pour les agriculteurs et pour la région du Gharb.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

### Matériel d'étude

Chaque semaine, trois pieds de topinambour sont prélevés, pesés puis rapidement nettoyés ; les tubercules sont séchés et râpés pour la détermination des teneurs en matière sèche, en glucides et en protéines.

### Détermination de la matière sèche (MS)

Les teneurs en MS ont été mesurées après dessiccation à l'étuve à 80°C pendant 24 heures.

### Préparation de la solution mère

10g de râpure des tubercules de topinambour sont introduits avec 40 ml d'eau distillée dans une fiole ; l'ensemble est porté au bain-marie à 100°C pendant 1 heure puis filtré pour l'obtention d'un jus sucré qui servira ultérieurement de solution mère pour le dosage des glucides et des protéines.

### Analyse des glucides

Le dosage des glucides totaux est fait suivant la méthode à l'antrone (Sattler & Zerban, 1948). Cette méthode fait intervenir une hydrolyse acide, la courbe étalon est réalisée avec des concentrations de 0 à 100 µg de fructose/ml. Les mesures sont effectuées par colorimétrie à 620 nm. Pour le dosage du glucose, 25 ml de jus sont récupérés dans un tube à essai, on y ajoute 2,5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N puis on place l'ensemble, pendant 1 heure, au bain-marie à 90°C. Le dosage spécifique du glucose se fait par la méthode enzymatique de Bergmeyer *et al.* (1974).

### Dosage des protéines

Dans ce cas, la méthode de Lowry *et al.* (1951) a été utilisée à 750 nm. La gamme étalon est établie avec de la serum albumine bovine de 0 à 400 µg/ml.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

- Teneurs en matière sèche et en glucides des tubercules

Le dosage de la matière sèche et l'analyse de glucides montrent (Figures 1 et 2) que l'évolution des glucides est strictement liée à celle de la matière sèche et atteint son maximum (≈ 14,5 % du poids frais du tubercule vers la mi-novembre (période de maturité)), la teneur en glucides totaux des tubercules varie peu.

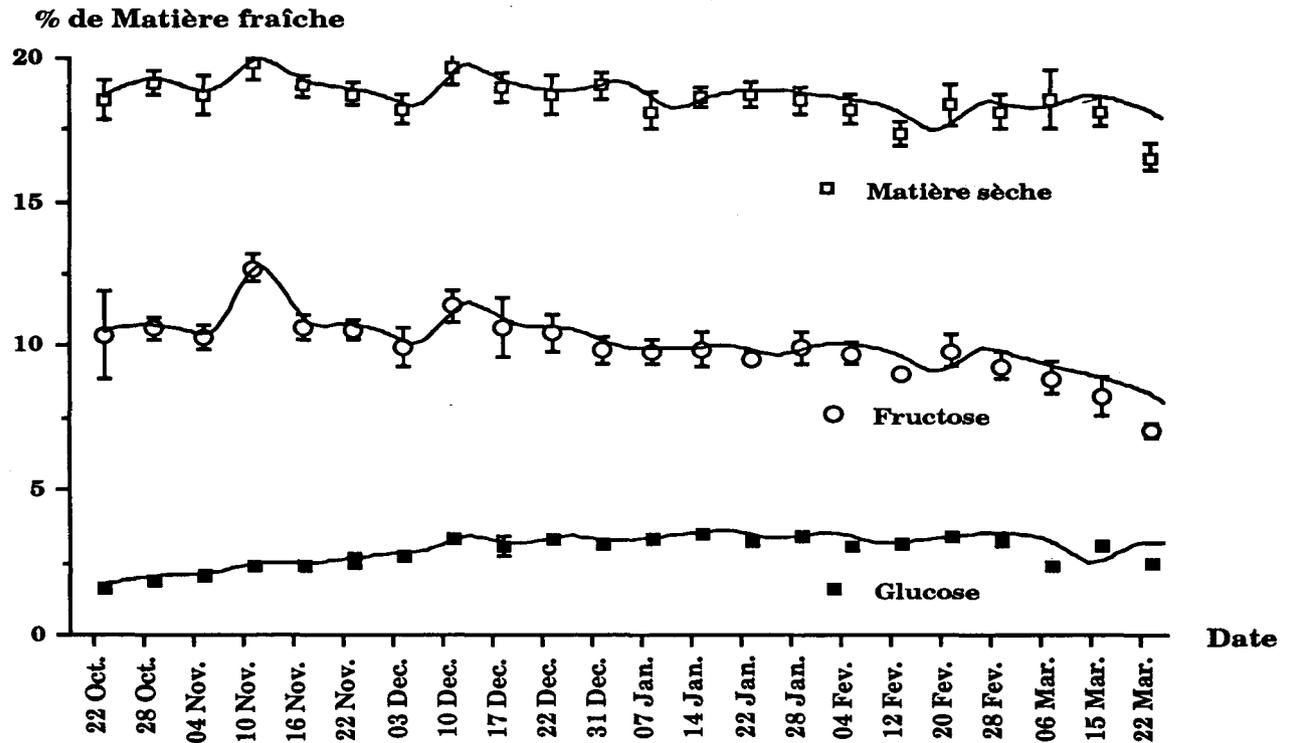


Figure 1. Variation des teneurs en glucides des tubercules de topinambour au cours de son évolution physiologique

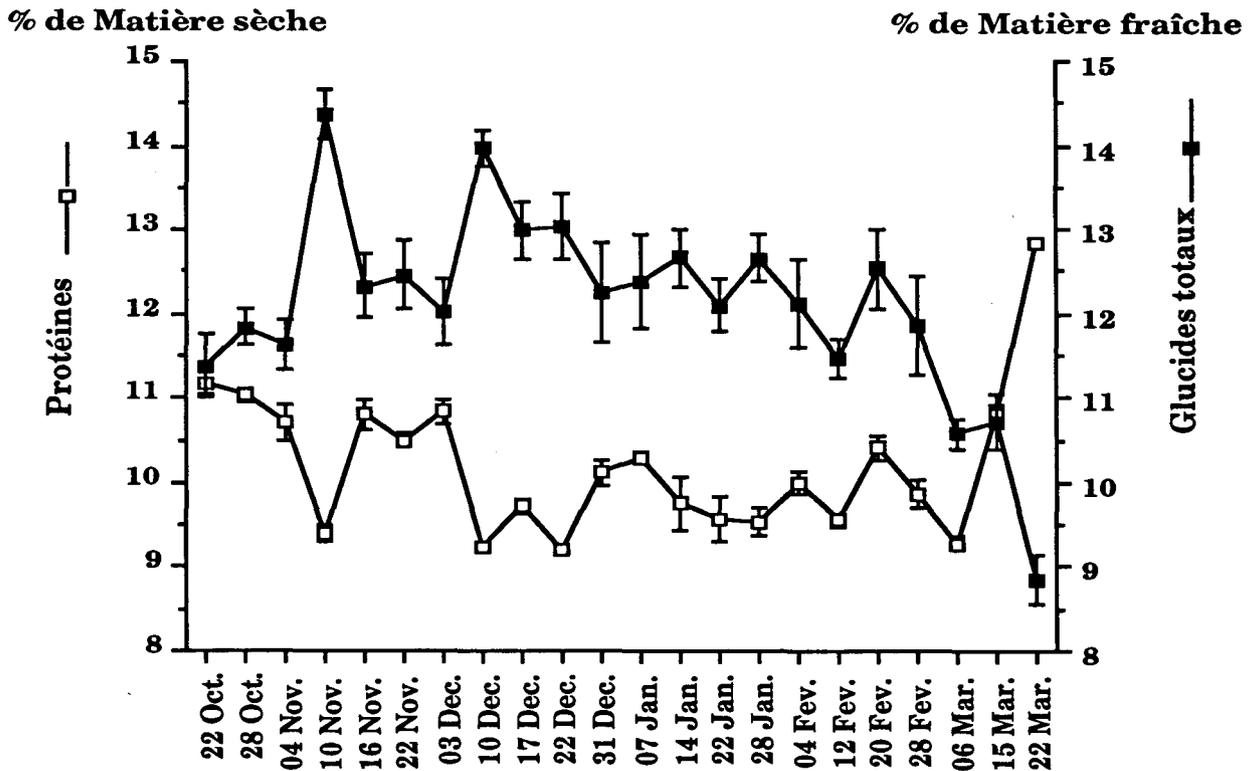


Figure 2. Variation des teneurs en glucides totaux et en protéines dans le tubercule au cours du cycle végétatif du topinambour

Le potentiel glucidique de cette culture est important (65 à 80% de la matière sèche). Toutefois, on peut remarquer une variation dans la répartition des glucides présents, se traduisant par une diminution de la teneur en fructose accompagnée d'une augmentation de celle de glucose à la fin de l'hiver, ce qui s'explique par une dépolymérisation de l'inuline présente dans les tubercules pendant la période hivernale à la suite de laquelle les glucides de haut poids moléculaire diminuent pour laisser la place à des glucides de degré de polymérisation (DP) inférieur ; ceci a pour conséquence la baisse du rapport fructose/glucose qui passe de 6,17, en période de maturité, à 3,20 à la fin de l'hiver (Tableau 1).

**Tableau 1. Variation du rapport fructose/glucose au cours du cycle végétatif des tubercules de topinambour**

Date	Fructose/glucose	Erreur standard
22 Octobre	7,70	0,79
28 Octobre	7,08	0,10
04 Novembre	6,04	0,42
10 Novembre	6,17	0,20
16 Novembre	5,24	0,10
22 Novembre	4,70	0,39
03 Décembre	4,04	0,08
10 Décembre	3,75	0,04
17 Décembre	3,79	0,08
22 Décembre	3,45	0,01
31 Décembre	3,50	0,09
07 Janvier	3,17	0,12
14 Janvier	3,08	0,09
22 Janvier	3,23	0,03
28 Janvier	3,16	0,04
04 Février	3,40	0,05
12 Février	3,40	0,04
20 Février	3,14	0,05
28 Février	3,09	0,15
06 Mars	3,21	0,07
15 Mars	2,90	0,08
22 Mars	3,20	0,02

Parallèlement à la diminution de matière sèche, une diminution des glucides s'observe entre décembre et fin mars. Elle est d'abord rapide pendant la période la plus froide puis se ralentit ensuite.

Donc, les tubercules qui restent dans le sol jusqu'à la fin de l'hiver perdent une fraction non négligeable de leurs glucides ; cette perte est une conséquence d'un mécanisme biologique mettant en jeu les polymères glucidiques nécessaires à l'auto-subsistance du tubercule.

### • Teneur en protéines

Les résultats obtenus au cours de cette première série d'expériences (Figure 2) montrent que les tubercules contiennent des quantités non négligeables de protéines, environ 10% (9,72-10,80) du poids sec. Ces résultats sont en accord avec les travaux antérieurs (Chabbert, 1984 ; Duranton & Morel, 1959).

La figure 2 souligne également une évolution antagoniste des teneurs en glucides totaux et en protéines présents dans les tubercules de topinambour. Rappelons que l'arginine, acide aminé stocké au sein des protéines de réserve, constitue une source d'azote utilisable pour le développement de la jeune plantule ; son rôle particulièrement important dans les tubercules a été mis en évidence par Citharel (1975) ; ceci explique la diminution enregistrée pendant les premiers stades du cycle végétatif du topinambour.

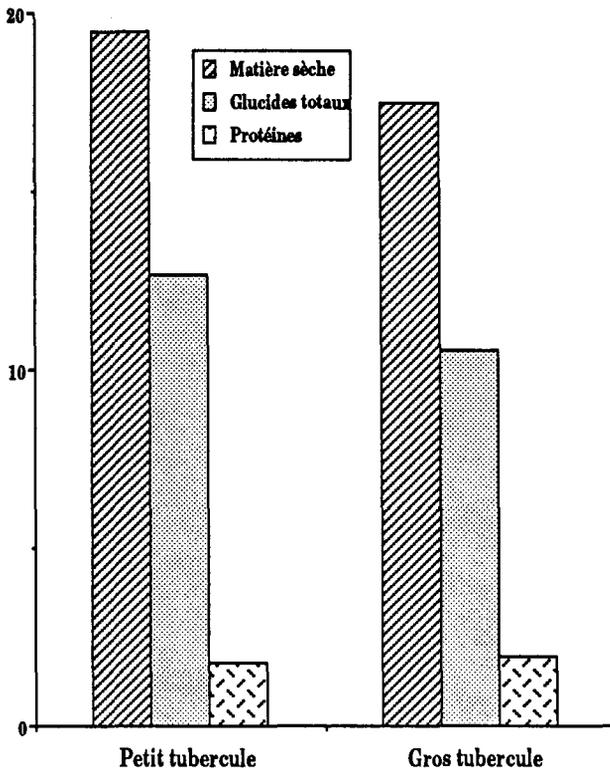
De même, la biosynthèse des composés glucidiques est possible à partir d'un certain nombre de métabolites élémentaires de provenances diverses : oses, intermédiaires du catabolisme glucidique et aussi des amino-acides. Il s'agit là d'un point d'interrelation intéressant entre le métabolisme des glucides et celui des protéines par l'intermédiaire du cycle de Krebs. Une désamination oxydative des acides glutamiques et aspartique, abondants dans les tubercules de topinambour pendant la période hivernale, donne respectivement l' $\alpha$ -cétoglutarate et l'oxaloacétate qui sont des intermédiaires dans la dégradation oxydative des glucides.

En plus, la synthèse des protéines dans les tubercules demande une certaine quantité d'énergie puisée à partir des réserves glucidiques de la plante ce qui semble expliquer cette évolution antagoniste.

### • Teneurs en matière sèche, en glucides totaux et en protéines en fonction de la taille du tubercule

Les résultats montrent (Figure 3) que, chez le topinambour, ce sont les petits tubercules qui présentent les teneurs les plus élevées ; leurs intervalles de confiance calculés au coefficient de sécurité de 95%, non chevauchants avec ceux des gros tubercules témoignent que les petits sont significativement plus riches aussi bien en matière sèche qu'en glucides totaux que les gros tubercules.

## Teneurs en % de matière fraîche



**Figure 3.** Teneurs en matière sèche, en glucides totaux et en protéines enregistrées à la maturité chez le petit et le gros tubercule du topinambour

Il a été démontré (Ben Chekroun *et al.*, 1994) que la partie corticale du topinambour est plus riche en matière sèche et en glucides totaux que la partie médullaire en raison de l'abondance des tissus conducteurs, ce qui signifie que plus cette partie corticale est importante, plus le tubercule est riche en réserves. C'est le cas des petits tubercules par rapport à ceux de tailles plus grandes.

La figure 3 montre également une richesse légèrement plus grande en protéines des gros tubercules par rapport aux petits ; ceci ne fait que confirmer les résultats du chapitre précédent à savoir l'évolution antagoniste des glucides et des protéines dans les tubercules de topinambour.

## CONCLUSION

Les plantes dont les réserves sont constituées de glucofructosanes de type inuline constituent une importante source potentielle de substrats carbonnés utilisables industriellement. Le topinambour est le plus connu. Pour cette culture,

l'accumulation maximale des glucides est atteinte vers la mi-novembre (période de maturité) ; après cette date, la teneur en glucides diminue, celle en protéines augmente. Donc une période de récolte adéquate est un facteur de première nécessité pour la production d'un sirop de fructose de haute qualité.

Pour un pays agricole comme le Maroc, le topinambour peut produire non seulement un glucide à fort pouvoir énergétique largement utilisé en diététique, en médecine et en confiserie "le fructose" pouvant avec le saccharose mener ce pays à une certaine autonomie dans le secteur de la production sucrière, mais aussi des pulpes (produit d'extraction des glucides) pouvant constituer un aliment à valeur énergétique non négligeable en période hivernale pour l'alimentation du bétail.

## RÉFÉRENCES CITÉES

- Barloy J. (1984) Études sur les bases génétiques, agronomiques et physiologiques de la culture du topinambour. Bases agronomiques, physiologiques et chimiques. C.R. 1982-1983, A.F.M.E., 41p.
- Barloy J. & Lemerrier E. (1988) Contribution à l'étude de l'évolution des glucides non structuraux chez le topinambour au cours du cycle de végétation. I.N.R.A. Rennes, 13p.
- Ben Chekroun M., Amzile J., El Yachioui M. & Prevost J. (1993) Le topinambour une alternative pour la production de fructose. *Rev. Rés. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride* 5 : 113-122
- Ben Chekroun M., Amzile J., El Yachioui M., El Haloui N.E. & Prevost J. (1994) Qualitative and quantitative development of carbohydrates reserves during the biological cycle of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 22 (sous presse)
- Bergmeyer H.U., Berut E., Schmidt F. & Stork H. (1974) Methods of enzymatic analysis. Ed., Academic Press, Inc., New York, 3, 1196-1197
- Chabbert N. (1984) Étude de la production d'éthanol à partir du topinambour. Thèse de 3ème cycle en Sciences Alimentaires. Univ. des Sciences et Techniques du Languedoc France, 141 p.
- Citharell J. (1975) Étude du métabolisme azoté du pin d'Alep: l'arginase. C.R. Acad. Sci., Paris, D, 284 : 295-296

- Duranton H., & Morel M. (1959) Étude du métabolisme de l'arginine libre dans les tissus du topinambour cultivés *in vitro*. *Biochimie comparée des acides aminés basiques* 337-352
- Edelman J. & Jefford T. G. (1968) The mechanism of fructosan metabolism in higher plants as exemplified in *Helianthus tuberosus* L. *New Phytol.* 67 : 517-531
- Ettalibi M. (1986) Saccharose et édulcorants caloriques et hypocaloriques. *Sucrierie Maghrébine* 28 : 12-18
- Guiraud J-P. (1981) Utilisation des levures pour la valorisation industrielle des polyfructosanes de type inuline. Thèse de Doctorat d'État U.S.T.L., Montpellier, France

- Lowry O.H., Rosebrough N.H., Faar A.L. & Randall R.J. (1951) Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193 : 265-275
- Montero M. (1984) Perspective de valorisation agro-industrielle du topinambour en Haute-Vienne. Thèse de 3ème cycle, Faculté des Sciences de Limoges, 288p.
- Roggen H.P.J.R. (1976) Prediction of the proper stage of maturity for forcing Chicory root *Cichorium intybus* L. by determination of inulase activity. *Proceedings Eucarpia meeting of leafy vegetables. Wageningen*, 15-18 mars 1976, 29-31
- Sattler L. & Zerban F.W. (1948) The anthrone reaction as affected by carbohydrate structure. *Science* 108 : 207