

IDENTIFICATION DES PLANTES ALIMENTAIRES C₄ DANS LA COMMUNE DE FRANCEVILLE AU GABON

[IDENTIFICATION OF C₄ FOOD PLANTS IN THE COMMUNITY OF FRANCEVILLE IN GABON]

Alexis Nicaise LEPENGUE, Tanguy Coch TANGA, Ephrem NZENGUE, and Bertrand MBATCHI

Laboratoire de Physiologie végétale et Biotechnologies, Département de Biologie,
Université des Sciences et Techniques de Masuku (USTM), Franceville, Gabon

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: C₄ plants are plants with modified photosynthetic metabolism, allowing overproduction of organic matter, compared to other so-called C₃ plants. It is for this reason that C₄ plants are used primarily in the nutritional and nutritional formulations of infants. Current data on these plants are only limited to Western work done on a limited sample. This work has been done to identify the C₄ food plants found on the Gabonese market. A collection of food plants was thus carried out on the central market of Franceville, and the samples studied in the laboratory. The determination technique was based on anatomical identification of perivascular sheaths at the level of cellular cross sections. The results obtained showed that out of 32 species analyzed, only 5 plants belonging to 2 families were of C₄ typology. These are local lemongrass (*Cymbopogon cytratus*, Poaceae), maize (*Zea mays*, Poaceae), sugar cane (*Saccharum officinarum*, Poaceae), Chinese lemongrass (*Cymbopogon* sp., Poaceae) and folon / amaranth (*Amaranthus* sp. Amaranthaceae). The presence of C₄ plants on the Gabonese market seems relatively weak.

KEYWORDS: C₄ plants, Photosynthesis, Overproduction, Poaceae, Amaranthaceae.

RÉSUMÉ: Les plantes en C₄ sont des végétaux au métabolisme photosynthétique modifié, permettant une surproduction de matière organique, comparativement aux autres plantes dites en C₃. C'est pour cette raison que les plantes en C₄ sont prioritairement employées dans les formulations alimentaires et nutritionnelles des nourrissons. Les données actuelles sur ces plantes sont uniquement limitées aux travaux occidentaux effectués sur un échantillonnage restreint. Le présent travail a été réalisé pour identifier les plantes alimentaires C₄ rencontrés sur le marché gabonais. Une collecte de plantes alimentaire a ainsi été effectuée sur le marché central de Franceville, et les échantillons étudiés au laboratoire. La technique de détermination s'est basée sur l'identification anatomique des gaines périvasculaires au niveau des coupes transversales cellulaires. Les résultats obtenus ont montré que sur 32 espèces analysées, seules 5 plantes appartenant à 2 familles étaient de typologie C₄. Ce sont la citronnelle locale (*Cymbopogon cytratus* ; Poaceae), le maïs (*Zea mays* ; Poaceae), la canne à sucre (*Saccharum officinarum* ; Poaceae), la citronnelle chinoise (*Cymbopogon* sp. ; Poaceae) et le folon/amarante (*Amaranthus* sp. ; Amaranthaceae). La présence des plantes en C₄ sur le marché gabonais paraît donc relativement faible.

MOTS-CLEFS: Plantes C₄, Photosynthèse, Surproduction, Poaceae, Amaranthaceae.

1 INTRODUCTION

A part quelques rares bactéries, les plantes sont les seuls organismes vivants capables de transformer l'énergie lumineuse en énergie chimique [1]. C'est le mécanisme de la photosynthèse [2]. Grâce à leurs chlorophylles, les végétaux fixent le CO₂ en présence d'eau à la lumière pour synthétiser des monomères de fructoses, qui en se complexifiant produisent de l'amidon et la matière organique de toute la planète. C'est pourquoi la déforestation des grands blocs forestiers est un sujet à la fois de préoccupation et d'intérêt mondial. Le réchauffement climatique de la planète y est entièrement associé [3].

Dans les zones arides et semi-arides, une variante de ce mécanisme y a été décelé et les plantes concernées qualifiées de plantes "Carbone Acid Metabolism" (CAM) [1]. C'est le cas des végétaux de la famille des Cactaceae, dont le cactus (*Cactus* sp.). Il s'agit d'une adaptation aux conditions de carence hydrique pour conserver le potentiel hydrique de ces plantes. Les stomates s'ouvrent alors la nuit pour fixer le CO₂, et se ferment le jour pour minimiser les pertes hydriques par la transpiration stomatique [1]. Un mécanisme de fixation très analogue a également été identifié chez certaines plantes des régions savanicoles voire forestières. La fixation du CO₂ contrairement aux plantes CAM ne s'effectue plus la nuit, mais le jour grâce à une fixation favorisée par une enzyme, la PEP carboxylase située sur un cycle primaire (Cycle de Hatch et Slack) placé en amont du cycle de Calvin [2]. La coalition de ces deux cycles aboutit à une surproduction de la production de matières organiques, en comparaison à la photosynthèse classique [4]. D'où leur usage abondant dans diverses formulations et recettes alimentaires des enfants et nourrissons. Les plantes réalisant ce type de photosynthèse sont qualifiées de plantes en C₄, alors que celles utilisant le mécanisme classique sont dites en C₃. Ces plantes en C₄ sont rares, et les seules données disponibles proviennent de quelques études réalisées sur des variétés commerciales en Europe ou en Amérique. C'est pour combler le vide scientifique concernant les plantes C₄ du continent africain, et plus particulièrement du Gabon, que la présente étude a été abordée. Elle vise à identifier les plantes C₄ parmi les plantes alimentaires vendues au marché central de Franceville, au Sud-Est du Gabon. L'hypothèse de travail suggère que la région de Franceville contiendrait des plantes C₄ inconnues et susceptibles d'être utilisées dans la formulation alimentaire des recettes nutritionnelles pour les besoins humains ou animaux.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL

Le matériel biologique utilisé est constitué de diverses feuilles de plantes alimentaires achetées au marché municipal de Franceville (Latitude: 1°37.9998' Sud ; Longitude: 13°35.0142' Est), pendant la grande saison sèche (du 02 au 31 août 2017).

2.2 METHODES

Les plantes alimentaires du marché municipal de Franceville ont été collectées très tôt le matin, et transférées dans des seaux plastiques de volume 25 L remplis au tiers par de l'eau de robinet, pour éviter la déshydratation des organes. Les échantillons ont ensuite été transportés au laboratoire, et desséchés entre 2 épaisseurs de papier buvard [5]. Les feuilles ont été découpées en fines rondelles à l'aide d'une lame tranchante (marque Gillette II), après fixation entre 2 tranches de cœur de bambou local. Afin de favoriser les observations transversales, chaque feuille a été sectionnée sur la zone contenant la nervure centrale. Les fines coupes obtenues ont été montées entre lames et lamelles et observées au microscope photonique (Olympus M. H. 500) [6]. La structure du mésophylle permet de distinguer nettement les deux typologies (C₃ et C₄). Pour affiner les révélations, les observations sont réalisées en utilisant des gouttes aussi bien d'eau distillée que des colorants de rouge neutre ou de bleu de méthylène [6].

3 RESULTATS

Les résultats de cette étude ont montré qu'au mois d'août 2017, il n'y avait que 32 espèces de plantes alimentaires vendues au marché municipal de Franceville au Gabon (Tableau I). Ces 32 espèces appartiennent à 25 familles différentes, dont les plus représentatives sont celles des Poaceae (4 plantes) et des Solanaceae (3 plantes). En ce qui concerne la typologie photosynthétique, l'étude a révélé que le marché municipal de Franceville sur cette période ne disposait que de 5 espèces végétales alimentaires de métabolisme en C₄ (Figure 1A). Ce nombre ne représente que 16% de l'effectif total de l'échantillonnage. Ces plantes au métabolisme en C₄ ne sont constituées que de 2 familles, les Poaceae (80%) et les Amaranthaceae (20%) (Figure 1B). Ce sont : la citronnelle locale (*Cymbopogon cytratus*; Poaceae), le maïs (*Zea mays*; Poaceae), la canne à sucre (*Saccharum officinarum*; Poaceae), la citronnelle chinoise (*Cymbopogon* sp.; Poaceae) et le folon/amarante (*Amaranthus* sp.; Amaranthaceae).

Tableau 1. Typologie photosynthétique (C₃/C₄) des plantes alimentaires rencontrées sur le marché municipal de la ville de Franceville au Gabon

Noms pilotes	Noms botanique	Familles	Typologie (C ₃ /C ₄)
Aubergine	<i>Solanum melongena</i>	Solanaceae	C ₃
Avocatier	<i>Persea americana</i>	Lauraceae	C ₃
Manguier	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	C ₃
Citronnelle	<i>Cymbopogon cytratus</i>	Poaceae	C₄
Bananier	<i>Musa acuminata</i>	Musaceae	C ₃
Papayer	<i>Carica papaya</i>	Caricaceae	C ₃
Taro	<i>Colocasia esculenta</i>	Araceae	C ₃
Safoutier /Atangatier	<i>Dacryodes edulis</i>	Burseraceae	C ₃
Citronnier	<i>Poncirus trifoliata</i>	Rutaceae	C ₃
Corossolier	<i>Annona muricata</i>	Annonaceae	C ₃
Palmier à huile	<i>Elaeis guineensis</i>	Arecaceae	C ₃
Piment	<i>Capsicum frutescens</i>	Solanaceae	C ₃
Gombo	<i>Abelmoschus esculentus</i>	Malvaceae	C ₃
Patate douce	<i>Ipomoea batatas</i>	Convolvulaceae	C ₃
Nkumu	<i>Gnetum africanum</i>	Gnetaceae	C ₃
Manioc	<i>Manihot esculenta</i>	Euphorbiaceae	C ₃
Epinard	<i>Spinacia oleracea</i>	Chenopodiaceae	C ₃
Folon/Amarante	<i>Amaranthus sp.</i>	Amaranthaceae	C₄
Oseille	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Malvaceae	C ₃
Basilic	<i>Basilicum americanum</i>	Labiaceae	C ₃
Persil	<i>Petroselinum crispum</i>	Apiaceae	C ₃
Cacaoyer	<i>Theobroma cacao</i>	Sterculiaceae	C ₃
Mais	<i>Zea mays</i>	Poaceae	C₄
Goyavier	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	C ₃
Cerisier	<i>Prunus cerasus</i>	Rosaceae	C ₃
Gombo/Corète	<i>Corchorus olitorus</i>	Tiliaceae	C ₃
Chou	<i>Brassica oleracea</i>	Brassicaceae	C ₃
Laitue	<i>Lactuca sativa</i>	Asteraceae	C ₃
Canne à sucre	<i>Saccharum officinarum</i>	Poaceae	C₄
Concombre	<i>Cucumis sativus</i>	Cucurbitaceae	C ₃
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	Solanaceae	C ₃
Citronnelle chinoise	<i>Cymbopogon sp.</i>	Poaceae	C₄

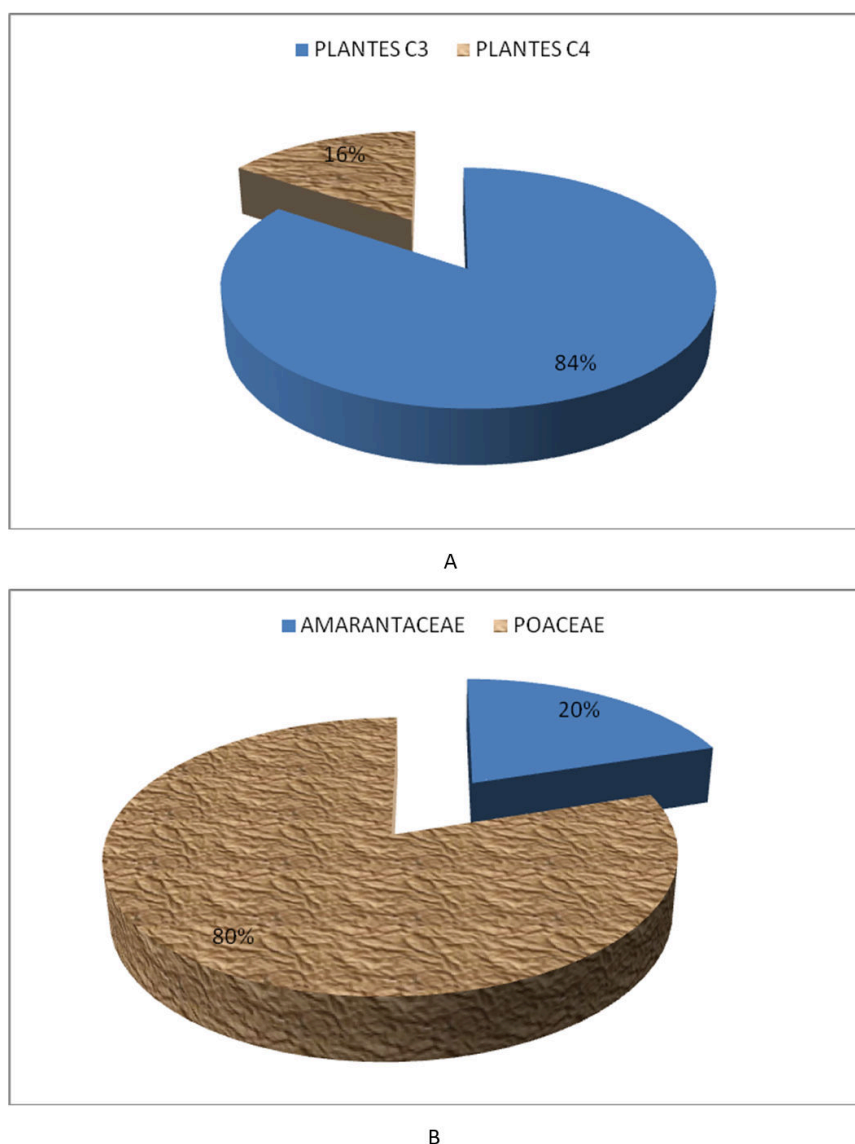


Fig. 1. Proportion des plantes C₄ vendues au mois d'août 2017 au marché municipal de Franceville (A) et leur répartition par famille botanique (B).

4 DISCUSSION

Les résultats de cette étude ont montré que sur 32 plantes alimentaires répertoriées au marché municipal de Potos à Franceville, seules 5 espèces sont de typologie C₄. Ce qui correspond à 16% de l'effectif des plantes étudiées. Du point de vue de la classification botanique, ces 5 espèces ne sont réparties que dans 2 familles végétales (Poaceae et Amaranaceae) alors que 25 familles ont été recensées.

Ces résultats indiquent que les plantes C₄ constituent un groupe relativement limité dans la commune de Franceville, parmi les plantes alimentaires de consommation courante.

Malgré de forts avantages adaptatifs et métaboliques développés par ces plantes, leur extension et diversification spécifique ne paraissent pas remarquables. En effet, les plantes C₄ possèdent un fort potentiel de fixation de faibles quantités de gaz carbonique (CO₂), contrairement aux plantes C₃ [1]. Cette fixation est réalisée par l'enzyme PEPcarboxylase logée au niveau du cycle de Hatch et Slack, situé en amont du cycle de Calvin [2]. Ce premier piégeage de CO₂ empêche la Ribulose (ribulose 1,5 carboxylase oxygénase) enzyme ubiquiste du cycle de Calvin de fonctionner en mode oxygénase (fixation du O₂), mais uniquement en mode carboxylase, annulant ainsi la photorespiration [7]. Ainsi chez les plantes C₄, la photosynthèse nette est presque toujours égale à la photosynthèse brute, contrairement aux plantes en C₃.

La prédominance des plantes en C₃ à Franceville semble liée aux conditions équatoriales de la sous région d'Afrique Centrale qui constitue le second plus grand massif forestier de la planète [3]. L'abondance du gaz carbonique (CO₂) ne favorise pas la prolifération des plantes en C₄, ou le surgissement de nouvelles espèces analogues. Dans les zones arides ou semi-arides comme au Burkina Faso, au Niger ou au Mali en Afrique de l'Ouest, de nombreuses autres plantes alimentaires de métabolisme en C₄ sont couramment rencontrées. Ce sont généralement des espèces de la famille des Poaceae comme le sorgho (*Sorghum bicolor*), le mil (*Pennisetum glaucum*) ou le riz (*Oryza sativa*) [8], [9]. Cette présence est justifiée par la faiblesse des teneurs en CO₂ liée à un environnement de type savanicole [10], [11]. Cette faiblesse de CO₂ favoriserait donc l'implantation et l'extension des plantes en C₄ comparativement aux plantes de métabolisme en C₃ [12].

Du point de vue phylogénétique, les plantes en C₄ auraient apparu au Miocène il ya 8 millions d'années suite à la pression sélective des changements climatiques. En effet, selon Bond et al. [13], la tectogénèse des chaînes alpines et himalayennes aurait entraîné des réductions de pression atmosphérique de CO₂ et des conditions de stress hydrique très sévères. D'autres auteurs proposent la survenue des conditions arides à partir des plaines du Bengal et du Gange auxquelles les plantes auraient répondu par réduction de leur évaporation stomatique [11].

Les résultats de cette étude ont également montré que sur les 5 plantes en C₄ recensées, 4 appartiennent à la famille des Poaceae, et une seule appartient à celle des amarantaceae. Ces résultats sont en accord avec ceux de Heller et al. [7] qui regroupent toutes ces espèces parmi les espèces à métabolisme adapté en C₄. L'appartenance de l'amarante au groupe des plantes de C₄ paraît surprenant vue ses caractères morphométriques de type forestiers. Il est aussi à noter que ce paradoxe est également notée chez d'autres plantes telles que l'atriplex (*Atriplex hortensis*; *A. halimus*; *A. canescens*...) dont les caractères botaniques ne s'apparentent pas à celles des plantes en C₄ classiques (Poaceae). Ces plantes qualifiées de C₄ à spartate (contrairement au Poaceae qualifiées de C₄ à malate) pourraient être des formes évolutives vers des typologies en C₄ à malate.

5 CONCLUSION

L'apparition des plantes C₄ semble être un phénomène très limité à quelques végétaux. Des 32 plantes alimentaires domestiques ou sauvages vendus au marché municipal de Franceville, seules cinq (05) ont été identifiées comme présentant un métabolisme carboné de type C₄. Aucune découverte nouvelle n'a donc été faite, puisque toutes les cinq plantes sont déjà décrites dans la littérature. Cette étude semble confirmer néanmoins l'apparition fréquente de ce mécanisme dans la famille des Poaceae. Des études futures sur des échantillonnages plus grands devraient permettre d'enrichir les données sur les plantes C₄ au Gabon, et en Afrique.

RÉFÉRENCES

- [1] Heller, R., Esnault, R. and Lance C., *Physiologie végétale. Développement*. 6^e édition de l'Abrégé, Éditions Dunod, Paris, 5 p., 2002.
- [2] Hopkins, WG., *Physiologie végétale*. Edition de Boeck, Université de Bruxelles, Belgique, 532 p., 2003.
- [3] Ngomanda, A., Lebamba, J., Engone-Obiang, NL., Lepengué, AN., M'Batchi, B., "Caractérisation de la Biomasse sèche des mosaïques forêt-savane des plateaux Okouma et Bagombé au sud-est du Gabon". *Journal of Applied Biosciences* 68:5417 – 542, 2013.
- [4] Lepengué, AN., Yala, JF., Lebamba, J., Mouragadja, I., Koné, D., and M'batchi B. "Impact de *Phoma sabdariffae* Sacc. sur quelques paramètres de la fructification des cultivars de roselle (*Hibiscus sabdariffa* L. var. *sabdariffa*) au Gabon." *International Journal of Innovation and Applied Studies* 4 (1) : 155-164, 2013.
- [5] Lepengué, AN., Souza, A., Yala, JF., Lebamba, J., Mavoungou, JF., and Mbatchi, B. "Etude de quelques caractéristiques physicochimiques et biochimiques de Wavé-fortex, un complément alimentaire naturel du Gabon." *European Scientific Journal*, 12(33) : 508-520. 2016.
- [6] Lépengué, A.N., *Contribution à la protection de la roselle, Hibiscus sabdariffa L. var. sabdariffa (Malvaceae), contre la pourriture engendrée par Phoma sabdariffae Sacc. et Trichosphaeria sp., au Gabon : Etude des mécanismes d'action fongique*, Thèse de doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan, Spécialité phytopathologie, Abidjan, 294 p, 2008.
- [7] Heller, R., Esnault, R. and Lance C., *Physiologie végétale: Nutrition*. 5^e édition de l'Abrégé, Éditions Masson, Paris, 294 p., 1994.
- [8] Tchiégang, C., and Kitkil, A., "Données ethn nutritionnelles et caractéristiques physico-chimiques des légumes-feuilles consommés dans la savane de l'Adamaoua (Cameroun)." *Tropicultura* 22 (1) : 11-18, 2004.
- [9] Rowan, S., and Russell M., *C₄ Plant Biology*, Edt online, (ISBN 0-12-614440-0), 228–229 p., 1999.

- [10] Williams, BP., Johnston, LG., Covshoff, S. and Hibberd, JM., "Phenotypic landscape inference reveals multiple evolutionary paths to C₄ photosynthesis", *e-Life*, 2: 28, (online) DOI:10.7554/eLife.00961, 2013.
- [11] Colin, P., Osborne, A., and Beerling, JD., "Nature's green revolution: the remarkable evolutionary rise of C₄ plants", *Philosophical Transactions of the Royal Society B, Biological Sciences*; 361, (1465): 173-194; 2006.
- [12] Erika, J., Edwards, T., and Smith, SA., "Phylogenetic analyses reveal the shady history of C₄ grasses : *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*", 107 (6): 2532-2537., 2010.
- [13] Bond, WJ., Woodward FI., and. Midgley, GF., "The global distribution of ecosystems in a world without fire", *New Phytologist*, 165 (2): 525-538.,2005.