



The 1st International Conference on Local Resource Exploitation

www.loresp.org / info@loresp.org
REF: LOREXP_2021_A1218 Pages: 213–233



Filière betterave rouge au Cameroun : État des lieux et analyses physico-chimiques de la variété « Dark-red »

Red beetroot agricultural sector in Cameroon: State survey and physicochemical analyses of the “Dark red” variety

Josianne Nga^{1,*}, Yvette Jiokap Nono^{1,2,3} et Laurette Mezajoug³

¹ Département de Génie des Procédés et d'Ingénierie, ENSAI, Université de Ngaoundéré, P.O. Box 455, Ngaoundéré-Cameroun.

² Laboratoire d'Analyses, Simulation et Essais (LASE), Département de Génie Chimique et Environnement, IUT, Université de Ngaoundéré-CAMEROUN, B.P. 455.

³ Laboratoire de Bioprocédés (LBP), IUT, Université de Ngaoundéré, BP 455, Ngaoundéré-Cameroun

* Auteur correspondant : josiannehenriettenga17@gmail.com / johenga@yahoo.fr

RÉSUMÉ :

Le but de ce travail était d'étudier l'état de la production, de la distribution, de la consommation, du mode d'utilisation de la betterave rouge au Cameroun et de déterminer la composition physico-chimique de la variété la plus répandue. Les enquêtes ont été conduites au niveau des agriculteurs et au niveau des consommateurs, dans les villes de Douala, Yaoundé, Bafoussam et Ngaoundéré. Les méthodes AOAC et AFNOR ont été utilisées pour les analyses physico-chimiques. Il ressort des enquêtes que la commune de Fombot dans la région de l'Ouest, est le principal bassin de culture et de production de betteraves rouges au Cameroun et la ville de Bafoussam, le site essentiel de distribution. Il ressort également que les semences utilisées par les cultivateurs, achetées sur le terrain à des prix variables selon la qualité, sont importées de l'Afrique du Sud, de l'Afrique du Nord, du Nigéria et de l'Europe. La culture de la betterave rouge au Cameroun fait face à de nombreuses difficultés entraînant la hausse des prix du produit sur le marché, telles que l'accès à l'eau pour l'irrigation, la gestion des insectes en saisons pluvieuses, les coûts liés aux intrants de production, ainsi que le manque d'infrastructures adéquates pour le transport, le stockage et la conservation de la betterave. Au niveau des consommateurs, l'enquête révèle que 56,04 % connaissent la betterave rouge et 56,03 % la consomment, quoique rarement, comme légume ou en salade. Parmi ces consommateurs, 32,54 % l'utilisent à des fins thérapeutiques. La comparaison des niveaux de connaissance et de consommation de la betterave rouge place Douala en tête, suivi de Yaoundé et enfin Ngaoundéré. Les analyses physicochimiques de la variété « Dark Red », révèlent un pH de l'extrait de $5,79 \pm 0,01$, des teneurs en eau, cendres, lipides, sucres simples, fibres totales, protéines, polyphénols totaux et caroténoïdes totaux, respectivement de $(88,17 \pm 0,06)$ g/100 g base humide, $(1,08 \pm 0,2)$ g/100 g MS, $(0,15 \pm 0,003)$ g/100 g MS, $(6,75 \pm 0,02)$ g/100 g MS, $1,54$ g/100 g MS, $(2,31 \pm 0,03)$ g/100 g MS, $(329,93 \pm 0,1)$ mg GEA/ 100 g MS et $0,017 \pm 0,2$ mg/100 g MS. Les concentrations en betalaines totaux dans les extraits aqueux à différentes longueurs d'ondes 475 nm, 525 nm et 575 nm ont été respectivement de 176,10 ; 298,60 et 166,62 mg/100 g MS, contre 151,36 ; 230,18 ; 131,15 mg/100 MS respectivement, dans l'éthanol à 95 %. Les résultats obtenus dans ce travail sont d'une grande utilité dans le processus de vulgarisation de la culture de la betterave et de sensibilisation à sa consommation par toutes les couches sociales et partout au Cameroun, afin de bénéficier des bienfaits qu'elle offre en tant qu'aliment fonctionnel, et rester en bonne santé.

Mots clés : Enquête, Betterave Rouge, Culture, Cameroun, Analyses Physicochimiques, Aliment Fonctionnel.

ABSTRACT:

The aim of this work was to study the state of production, distribution, consumption, mode of use of beetroot in Cameroon and to determine the physico-chemical composition of the most widespread variety. The surveys were carried out at the level of farmers and at the level of consumers, in the cities of Douala, Yaoundé, Bafoussam and Ngaoundéré. The AOAC and AFNOR methods were used for the physico-chemical analyzes. Surveys show that the commune of Fombot in the Western region is the main cultivation and production area of beetroot in Cameroon and the town of Bafoussam, the essential distribution site. It also appears that the seeds used by farmers, bought in the field at prices varying according to quality, are imported from South Africa, North Africa, Nigeria and Europe. Beet cultivation in Cameroon faces many difficulties leading to an increase in the price of the product on the market, such as access to water for irrigation, insect management in the rainy season, costs related to production inputs, as well as the lack of adequate infrastructure for the transport, storage and conservation of beetroot. At the consumer level, the survey reveals that 56.04 % know beetroot and 56.03 % consume it, although rarely, as a vegetable or in a salad. Among these consumers, 32.54 % use it for therapeutic purposes. The comparison of the knowledge and consumption levels of beetroot in our sample, places Douala in the lead, followed by Yaoundé and finally Ngaoundéré. The physicochemical analyzes of the variety "Dark Red", reveal a pH of the extract of 5.79 ± 0.01 , water, ash, lipids, simple sugars, total fibers, proteins, total polyphenols and total carotenoids contents of (88.17 ± 0.06) g / 100 g wet basis, (1.08 ± 0.2) g / 100 g DM, (0.15 ± 0.003) g / 100 g DM, $(6.75 \pm 0, 02)$ g / 100 g MS, 1.54 g / 100 g MS, (2.31 ± 0.03) g / 100 g MS, (329.93 ± 0.1) mg GEA / 100 g MS and $0.017 \pm 0, 2$ mg / 100 g DM, respectively. The total betalain content in the aqueous extracts at different wavelengths 475nm, 525nm and 575nm were respectively 176.10; 298.60 and 166.62 mg/100 g DM, compared to 151.36; 230.18; 131.15 mg/100 MS, respectively, in 95 % ethanol. The results obtained in this work are of great use in the process of popularization of beet cultivation and awareness of its consumption by all social strata and everywhere in Cameroon, in order to benefit from its health potential.

Keywords: Survey, Beetroot, Cultivation, Cameroon, Physico-chemical Analyzes, Functional Food.

1. INTRODUCTION

La betterave rouge est une plante racine issue de la famille des Caryophyllacées originaire de l'Europe, de l'Asie mineure et du Nord de l'Afrique (Mirmiran et al., 2020 ; Baiao et al., 2017 ; Singh et al., 2013 ; Vanhatalo et al., 2010). Son utilisation comme aliment date depuis le troisième siècle contrairement à ses vertus médicinales qui sont établies depuis près d'un millier d'année aujourd'hui (Farming SA &ARC, 2010). Cependant avec l'avancée des recherches dans le domaine sanitaire, elle est utilisée de plus en plus pour combattre certaines maladies telles que le diabète, le stress oxydatif, les maladies cardiovasculaires, les inflammations cellulaires, les faiblesses sexuelles, le mal d'estomac, les leucémies, l'anémie, les affections microbiennes ou l'hypertension ; par ailleurs, les athlètes la consomment pour augmenter leurs performances sportives (Babarykin et al., 2019 ; Clifford et al., 2015 ; Wruss et al., 2015 ; Jaiswal et al., 2014 ; Vanhatalo et al., 2010 ; Webb et al., 2008). La consommation journalière des fruits et légumes tels que la betterave est préconisée pour réduire le risque des cancers et des maladies oxydatives (Dambalkar et al., 2012). Certains auteurs ont démontré que les effets de la betterave rouge sont liés à la présence des betalaines, principaux pigments azotés, solubles dans l'eau et responsables de la couleur rouge et jaune de ce légume (Czyżowska et al., 2020 ; Ravichandran et al., 2012 ; Dambalkar et al., 2012). La betterave rouge est classée parmi les aliments fonctionnels, car elle présente une richesse en nutriments et éléments bioactifs tels que l'eau, les sucres, les fibres, le magnésium, le sodium, le calcium, le potassium, le cuivre, le phosphore, le fer, les vitamines A, B1, B2, B6, B9, C et les betalaines (Jaiswal et al., 2014 ; Varner, 2012 ; Ravichandran et al., 2012 ; Straus et al. 2012 ; Loginova, 2011), qui apportent à l'homme le nécessaire dont il a besoin sur le plan de la santé et de la nutrition. Singh et al. (2013) et Richardson (2014) ont rapporté que les feuilles de betterave rouge ont des teneurs en bêta-carotène et en matières grasses supérieures à celles des racines et contiennent en moyenne 90 % d'eau.

Les betalaines, les flavonoïdes ainsi que d'autres composés tels que les caroténoïdes, la vitamine C, et les saponines forment un groupe de composés bioactifs qui ont une activité antioxydante, anti-virale, et anti-hémolytique très puissante (Mirmiran et al., 2020 ; Baiao et al., 2017 ; Wruss et al., 2015 ; Jaiswal et al., 2014 ; Dambalkar et al., 2012). Ces molécules sont souvent dégradées pendant les procédés de transformation et de conservation les exposant à de fortes températures (Delgado et al., 2000 ; Dambalkar et al., 2012 ; Kowalski & Szadzinska, (2014). Les betalaines se dégradent également facilement en présence d'oxygène, des métaux lourds, et sous certaines valeurs de pH dont l'effet immédiat est la décoloration, avec comme conséquence la perte de son activité antioxydante (Guldiken et al., 2016 ; Clifford et al., 2015 ; Attia et al., 2013 ; Dambalkar et al., 2012). Au Cameroun, la betterave rouge n'est pas encore bien valorisée en tant qu'aliment. En effet, nombreuses sont les populations qui la relèguent uniquement au rang des médicaments. Pourtant partout ailleurs, elle est utilisée comme aliment, comme poudre et colorant alimentaire (Guldiken et al., 2016 ; Odoh et Okoro, 2013 ; Loginova, 2011).

En ce qui concerne la production de betterave rouge au Cameroun, il y a un déficit d'informations sur les variétés de betterave cultivées, les types de semences disponibles auprès de l'organisme de recherche agricole, de même que sur les zones de culture et la production nationale. Les structures étatiques et organismes qui s'occupent de l'agriculture et du développement rural (IRAD, AVRDC, MINADER) et des statistiques (INS) n'ont pas de données publiées sur la production de la betterave rouge au Cameroun. Ce constat laisse penser que la betterave rouge ne suscite pas encore de l'intérêt au niveau des agriculteurs et populations camerounaises. Pourtant, la plupart des travaux présentés dans la bibliographie indiquent que leur utilisation efficiente serait d'un grand secours pour les populations, dont la grande majorité se retrouve en Afrique et dont l'alimentation est quelquefois déficiente vis-à-vis des nutriments et oligoéléments qui entrent dans le bon fonctionnement de l'organisme.

L'objectif de ce travail est d'effectuer une enquête sur la betterave rouge du Cameroun, en vue d'une vulgarisation ultérieure. Plus spécifiquement, il s'agira d'évaluer les productions et le marché de la betterave rouge au Cameroun, afin de déterminer la variété la plus produite et sa composition physico-chimique, d'investiguer les problèmes que rencontrent les cultivateurs de ce légume, d'estimer le niveau de connaissance, de consommation et les modes d'utilisation de la betterave rouge dans les villes de Douala, Yaoundé, Bafoussam et Ngaoundéré.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Élaboration du plan de l'enquête

L'enquête concernant l'état des lieux de la betterave rouge au Cameroun a été menée dans les villes de Douala, Yaoundé et Bafoussam, en raison de leur densité de population. La ville de Ngaoundéré a également été étudiée, en raison du fait qu'elle abrite le champ expérimental et le champ des essais qui ont servi à la culture de la betterave rouge, ainsi que les laboratoires de l'Université de Ngaoundéré dans lesquels les analyses physico-chimiques ont été effectuées.

Pour mener à bien l'enquête, un formulaire contenant les questions adressées aux populations des différentes villes a été élaboré. Les questions visaient à connaître le niveau de connaissance et de consommation de la betterave rouge au sein de la population et les modes de consommation ou habitudes alimentaires autour de cette denrée. Un questionnaire était également destiné aux commerçants et aux cultivateurs.

2.2. Les acteurs impliqués dans l'enquête

2.2.1. Les organismes nationaux et internationaux impliqués dans la culture au Cameroun.

Les organismes nationaux rencontrés pour les besoins de l'enquête ont été l'IRAD, le MINADER et l'INS. Nous avons rencontré également un organisme international à l'instar de l'AVRDC pour avoir un aperçu général sur l'état des lieux de la filière agricole betterave rouge au Cameroun. Ces derniers nous ont apporté quelques éléments de réponses qui sont mentionnées dans les résultats de cette enquête.

2.2.2. Le questionnaire adressé aux cultivateurs

Les questions qui ont été adressées aux cultivateurs se sont faites sur la base des propositions faites par les organismes étatiques portant notamment sur les variétés qu'ils cultivent, l'origine et la qualité des semences, la variété, ainsi que les difficultés rencontrées sur la culture, la conservation, le stockage post-récolte et la quantité obtenue après chaque récolte de la betterave rouge. Les questions étaient les suivantes :

- 1) D'où proviennent les semences de betterave que vous cultivez ?
- 2) De quelle variété sont-elles ?
- 3) Quelles sont les difficultés que vous rencontrez avant, pendant et après la culture ?
- 4) Pouvez-vous estimer la quantité de betterave que vous récoltez après chaque saison ?

2.2.3. Le questionnaire adressé aux commerçants des marchés

Le questionnaire élaboré en accord avec l'AVRDC, mentionnait l'origine de la betterave rouge distribuée dans des marchés afin d'avoir une idée concernant les potentielles zones de culture du pays. Les questions étaient les suivantes :

- 1) D'où provient la betterave rouge qui vous est distribuée dans vos points de vente ?
- 2) Quel est le prix d'achat d'un sac, d'un cageot ou d'un filet de betterave rouge ?
- 3) Quel est le prix de revient de ces différents sacs et cageot à la fin de la vente ?
- 4) Quel est le prix de vente d'un fruit de betterave rouge ?
- 5) Quels sont vos principaux clients ?
- 6) Le commerce de la betterave est-il rentable ?
- 7) Comment se comporte la population sur le marché quand elle vient acheter la betterave et se plaint-elle des prix que vous leur proposez ?
- 8) La betterave est-elle toujours disponible dans vos points de vente ?
- 9) Quelles sont les difficultés rencontrées sur la conservation et le stockage dans vos points de vente ?
- 10) Le commerce de la betterave est-il fluide dans vos espaces de vente ou connaît-il des résistances ?

2.2.4. Le questionnaire adressé aux super marchés

- 1) Existe-t-il des produits de transformation locale de la betterave rouge dans vos points de vente ?
- 2) Existe-t-il des produits de la transformation de betterave importée ?

2.2.5. Les consommateurs

Les questionnaires ont été élaborés et les mêmes questions ont été posées aux ménages et aux étudiants des villes de Douala, Yaoundé et Ngaoundéré. Ces enquêtes ont été menées en Mars, Avril, Mai et Juin 2019 pour les villes de Yaoundé, Douala et Ngaoundéré et en Février 2021 pour la ville de Bafoussam, à l'Ouest Cameroun. En ce qui concerne la ville de Bafoussam, des raisons sanitaires liées au COVID-19, ont empêché la descente auprès des consommateurs dans des quartiers. Toutefois, certains commerçants nous ont livré certaines informations sur le niveau de consommation général de la population de Bafoussam.

Les questionnaires sur les fiches se présentaient sous forme d'un tableau. Les questions étaient des questions ouvertes et elles étaient toutes liées les unes des autres et l'individu devait répondre par oui ou par non. Un individu qui répondait non pour la

première question n'avait plus droit de répondre aux questions suivantes. La première question posée était : connaissez-vous la betterave rouge ? Si la personne répondait Oui, alors nous continuions à lui poser le reste des questions. Dans chaque ville, 13 quartiers éloignés les uns des autres pris au hasard ont été choisis. Dans chaque quartier nous abordions 10 ménages pris au hasard et éloignés les uns des autres. Au total, 130 ménages ont été investigués.

Pour les étudiants, c'étaient les mêmes questions que celles posées dans les ménages. Nous avons ciblé les mini-cités et logements des étudiants situés autour des universités, car au regard du plan d'urbanisation, ce ne sont pas véritablement des quartiers, mais des blocs. Les blocs choisis étaient distants de 200 m les uns des autres. Pour chaque mini-cité, nous ciblions 10 chambres par bloc. Et au total nous avons visité 13 blocs pour nous permettre d'avoir un total 130 chambres d'étudiants visitées pris au hasard pour chaque mini-cité.

En dehors du questionnaire mentionné sur le formulaire, nous essayions d'avoir une petite discussion avec certains d'entre-eux pour ceux particulièrement qui étaient réticents au sujet de la consommation de la betterave rouge bien que la connaissant parfaitement. Au total 780 maisons ont été investiguées. Les questions étaient les suivantes ?

- 1) Connaissez-vous la betterave rouge ?
- 2) Consommez-vous la betterave rouge ?
- 3) Si oui sur quelle fréquence la consommez-vous ?
- 4) Sur quelle forme consommez-vous la betterave rouge ?

Les fréquences de consommation marquées sur la fiche étaient au nombre de trois variables : Rare ; Moyenne ; Régulière.

Les Modes de consommation étaient au nombre de 6 : Crudité ; Salade ; Médicament ; Cuisson ; Jus ; et Autres non définies.

2.2.6. Méthode de calcul

Deux populations d'un côté, les ménages et de l'autre les étudiants ont été investiguées. Les questions ont porté dans chaque population sur le niveau de connaissance, le niveau de consommation, la fréquence de consommation et la forme de consommation de la betterave rouge dans chaque ville. L'équation 1 donne le mode de calcul du pourcentage de la variable dépendante correspondante.

$$M = \frac{Ni}{Nt} \times 100 \quad (1)$$

Où M représente le pourcentage du niveau de Connaissance ; de Consommation, le mode de consommation et la fréquence de consommation de la betterave rouge.

Ni, est le nombre d'individus répondant à la variable correspondante dans chaque population en fonction des villes choisies.

Nt, est le nombre total d'individus pour la variable considérée dans chaque population en fonction des villes choisies.

2.3. Culture de la betterave rouge

Les semences de la variété « Dark Red » ont été acquises auprès d'un vendeur d'intrants agricoles de la ville de Ngaoundéré-Cameroun. Les semences ont été utilisées sur deux champs : un champ expérimental situé à Ngaoundéré 2ème, exploité par des cultivateurs de betteraves rouges mis à notre disposition, et un champ d'essai de 2 x 3 m², situé à Manwi, une banlieue située à 8 km de la ville de Ngaoundéré, dans le 3^{ème} arrondissement. Ces champs ont fourni les betteraves rouges nécessaires pour les analyses physico-chimiques au laboratoire et les expériences culinaires. Le sol a au préalable été prélevé à différents endroits des sites pour analyser le pH et voir s'il répond aux caractéristiques du sol pour la culture de la betterave selon la méthode décrite par Larssonneur et al. (1993). La température de culture a été annoncée par les données météorologiques. Les deux caractéristiques correspondantes bien à la culture. La suite de la culture s'est faite selon la technique décrite par le Magazine Bio centre (2007), et celle du « Department of Agriculture, Forestry and Fisheries South Africa » (2010). Pour le champ d'essai, la mise en semis a été effectuée en mi-décembre, en saison sèche, et la récolte au début du mois de mars. Tandis que pour le champ expérimental, la mise en semis s'est faite au début du mois de juin et la récolte, en mi-septembre.

2.4. Analyses physicochimiques de la betterave rouge

2.4.1. Analyse des macronutriments

La betterave a été fraîchement récoltée du champ expérimental au mois de septembre 2020, puis rapidement conduite dans les laboratoires LARESH et LAGETA de l'ENSAI de Ngaoundéré, pour analyses. La détermination du pH du sol et de la

betterave a été faite suivant la méthode décrite par (Larsonneur et al., 1993). La matière sèche a été déterminée suivant la méthode décrite par AOAC (1990). La teneur en cendres a été déterminée selon la méthode décrite par AFNOR (1981). La teneur en lipides s'est faite selon la méthode décrite par Bourely (1982). L'extraction et de dosage des glucides simples se sont effectués suivant la méthode au phénol décrite par Dubois et al. (2004). Deux méthodes ont été utilisées, pour déterminer la teneur en protéines, une pour la minéralisation, selon AFNOR (1984) et l'autre pour le dosage selon Devani et al. (1989). La détermination des fibres s'est faite par la méthode de différence de la somme totale des autres constituants tels que : teneurs en eau, matière grasse, protéines, glucides simples et cendres de l'échantillon suivant la méthode décrite par Odoh et Okoro (2013).

2.4.2. Analyse des composés bioactifs

La teneur en polyphénols s'est faite selon la méthode de Singleton et al. (1999) décrite par Olumese et al. (2014). L'extrait aqueux (100ul) a été oxydé avec 2,5 ml du réactif de Folin Ciocalteau 10 % (v/v) et neutralisé par 2,0 ml de 7,5 % carbonate de sodium. Le mélange réactionnel a été incubé pendant 40 minute à 45°C et l'absorbance été mesuré à 765 nm à l'UV-vis avec un spectrophotomètre (A 840 Jenway, Anglaise). La teneur en polyphénols a été calculée en équivalent gramme d'acide gallique (acide 3, 4,5-trihydroxybenzoïque) (10 mg/100 ml). Les Caroténoïdes totales ont été déterminés suivant la méthode modifiée de Rodriguez-Amaya (2001) décrite par Nobosse et al. (2017) et adaptée pour le cas de la betterave conformément à ce qui est décrit par Delgado et al. (2000). Dans un mélange de hexane/acétone (30/70, v/v). L'extrait a été séparé à trois reprises dans une ampoule à décanter en présence de 5 ml d'une solution aqueuse de NaCl 1 %. Il se forme au-dessus de l'ampoule une phase contenant majoritairement l'acétone + la fraction de caroténoïdes hydrosolubles et en dessous de l'hexane + fraction de caroténoïdes liposolubles. Les deux fractions sont séparées et la lecture est faite à l'UV-visible, à la longueur d'onde 436 nm avec un spectrophotomètre (A 840 Jenway, Anglaise). La teneur en caroténoïdes totaux a été calculée en équivalent β - Carotène, en utilisant un coefficient d'extinction de $1,25 \times 10^4 \mu\text{g/l}$ (Odoh et Okoro, 2013).

La détermination de la teneur en betalaines totaux a été effectuée d'après la comparaison sur les méthodes de quantification des betalaines totaux, faite par Sandate-Flores et al. (2016). En effet, d'après ces auteurs, la méthode spectrophotométrique semble donner de bons résultats, en plus de permettre de réduire le coût, les pertes de temps et les pertes de matière comparée à la HPLC. Nous avons donc utilisé la méthode spectrophotométrique pour déterminer la teneur en betalaines totaux contenues dans nos échantillons de betterave.

L'extraction des betalaines totaux s'est faite dans l'eau et dans l'éthanol selon la méthode décrite par Udonkang et al. 2018. 0, 5 g de betterave fraîche ont été broyées dans un mortier et récupérés dans 15 ml d'eau puis filtrés à l'aide d'un papier filtre wattman n° 1. La même solution a été obtenue avec de l'éthanol concentré à 95 % dans 15 ml d'alcool pour obtenir de part et d'autre une solution mère concentrée à 100 % de betalaines. Les différentes dilutions à 50 %, 25 % et 12, 5 % ont été préparées avec de l'eau' distillée d'une part et à l'éthanol d'autre part. Le dosage s'est effectué à des longueurs d'ondes spectrophotométriques 475 nm ; 525 nm et 575 nm à l'UV-visible à l'aide d'un spectrophotomètre (A 840 Jenway, Anglaise), en utilisant l'eau distillée et l'éthanol 95 % pour le tube en blanc. La concentration en betalaines totaux a été définie en utilisant les formules décrites par Wruss et al. (2015) et Singh et al. (2017). Cette concentration a été exprimée en milligrammes de betalaines pour 100 g de poudre de betterave rouge suivant l'équation 2 :

$$\text{Concentration en betalaines totaux (mg/100 g MS)} = A \cdot V_f \cdot M \cdot 1000 / (\epsilon \cdot L) \quad (2)$$

Avec A, l'absorbance à la longueur d'onde maximale (525 nm) ; V_f , le volume final après dilution. M, la masse molaire des betalaines équivaut à 550 g/mol (betacyanines) ; 339 g/mol (betaxanthines). ϵ , le coefficient d'extinction molaire des betalaines équivaut à 60000 l/mol (betacyanines) et 48,000 l/mol (betaxanthines). L, la longueur de la cuve (1 cm).

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Les réponses apportées par les acteurs

3.1.1. Concernant l'IRAD (Institut de Recherche Agricole pour le Développement)

Aux questions posées, les responsables chargés de la recherche ont clairement mentionné que rien n'avait encore été mené concrètement sur la betterave rouge, du fait qu'elle ne fait pas partie des priorités de l'heure. En effet, il s'agirait d'une culture moins rentable, sans impact sur l'économie du pays, au regard de sa faible connaissance et de sa faible consommation par la

population. Par ailleurs, peu de cultivateurs s'y intéressent et n'ont été sollicités par aucun organisme pour mener des recherches sur la plante. Par conséquent, chaque cultivateur qui voudrait s'y lancer devra se débrouiller à trouver ses propres semences. Dans le but d'en savoir un peu plus, ils nous ont orientés vers les bureaux de l'AVRDC.

3.1.2. Concernant le MINADER (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rurale)

Les responsables du MINADER nous ont dirigés vers quelques branches du ministère qui s'occupent des cultures maraichères à savoir : le PVBF (Programme de Valorisation des Bas-Fonds) et le PEA-Jeunes (Programme de promotion de l'Entreprenariat Agropastoral des Jeunes). Pour ces derniers, les acteurs pratiquant les cultures maraichères notamment la tomate et la carotte associent aussi la betterave rouge ; malheureusement c'est à petite échelle qu'ils le font. Concernant uniquement la culture de la betterave rouge, ils ont mentionné n'avoir pas encore à leur niveau, des travaux sur ce légume, mais sont sur le point de former les jeunes sur sa culture.

3.1.3. Concernant l'INS (Institut Nationale de la Statistique)

Au niveau de l'INS, ils ont demandé de consulter leur site internet pour toutes les questions à eux posées. Malheureusement nous n'avions rien trouvé de ce que nous attendions comme informations.

3.1.4. Concernant L'AVRDC (Cameroon Archives- World Vegetable Center)

L'AVRDC est l'organisme international qui s'occupe de la filière légumes et fruits et des cultures maraichères au Cameroun (World Vegetable Center). Les réponses ont été presque les mêmes que celles données par l'IRAD, à la seule différence que, s'occupant de la filière légumes-fruits, ils ont donné des pistes de solution aux questions à eux posées. Leur conseil a été de nous rendre nous-mêmes sur le terrain et d'en faire une évaluation globale. Ne disposant pas d'assez de moyens, c'est la raison pour laquelle nous avons ciblé quelques villes pour débiter nos investigations. Ils ont toutefois relevé que les populations camerounaises ne sont pas suffisamment sensibilisées sur la consommation de la betterave rouge qui regorge pourtant de nombreuses vertus. Pour la plupart des camerounais, la betterave rouge est un médicament qui se consomme généralement pour remédier aux problèmes d'anémie déclarée par le médecin. C'est l'un des freins à l'expansion de la culture de la betterave rouge dans l'ensemble du pays. Mais pour intéresser de plus en plus la population, ils ont suggéré de recenser sur place et d'identifier au laboratoire les variétés de betterave rouge que l'on cultive au Cameroun partant premièrement des grandes zones de culture, ceci pourra contribuer à la sensibilisation de la population sur les vertus qu'elle regorge. A titre d'exemple, ils ont pris le cas du concombre qui faisait l'objet des réticences auprès des consommateurs, par la suite des études concrètes ont été menées. De nos jours le concombre se consomme sans restriction par la grande partie de la population camerounaise et sa culture est vulgarisée partout à l'intérieur du pays. Concernant la question de la recherche sur la betterave rouge, ils ont clairement mentionné qu'à leur niveau rien n'a encore été fait.

3.1.5. Concernant les cultivateurs

Concernant le domaine agricole de la betterave rouge, nous avons rencontré quelques cultivateurs de la ville de Ngaoundéré qui nous révèlent que la culture de la betterave rouge est très délicate car nécessite premièrement beaucoup d'investissement, de l'eau et des moyens pour régulièrement entretenir les champs tout au long de la croissance des plants. Il faut de l'énergie et investir beaucoup de temps et de l'argent dans l'achat des engrais, des herbicides, et des pesticides surtout en saison pluvieuse. Les semences, en général importées sont parfois de mauvaise qualité et ne poussent pas, ou sont de bonne qualité, mais coûtent alors très cher. Une boîte de 250 g de bonne semence coûte 7000 FCFA et un sachet de semence de 100 g coûte 2500 FCFA, et ne donnent pas de bons résultats agricoles. Les cultivateurs sont donc obligés d'acheter celles qui coûtent plus cher pour augmenter les chances d'obtenir une bonne semence qui pourra pousser. Les difficultés d'approvisionnement en eau apparaissent pendant la saison sèche, s'il faut cultiver de grands espaces de betterave. En saison pluvieuse, les problèmes d'entretien des plants surgissent, du fait de la pousse des mauvaises herbes, de la présence des insectes qui prolifèrent et qui attaquent la betterave, induisant l'emploi d'herbicides et insecticides. Les coûts liés à ces intrants de production, associés à ceux liés aux problèmes d'infrastructures dû à la mauvaise praticité des routes, surtout pendant la période pluvieuse, ainsi qu'au stockage des produits récoltés, entraînent la hausse des prix auprès des revendeurs et par conséquent sur le marché.

La betterave atteint généralement trois mois à quatre mois avant d'être récoltée suivant les périodes de semis et des saisons au Cameroun. Elle se cultive aussi bien en saison sèche qu'en saison pluvieuse. Mais en saison pluvieuse le niveau d'entretien des plants est très relevé surtout en ce qui concerne l'utilisation des pesticides et herbicides. C'est pourquoi la betterave coûte aussi cher en saison de pluie malgré sa forte disponibilité, qu'en saison sèche. La forte pluviométrie par exemple dans certaines

régions fait en sorte que les feuilles virent du vert au rouge violet. Et ceci pourrait bien affecter les caractéristiques physico-chimiques des betteraves récoltées en cette saison.

Les variétés qui sont cultivées au Cameroun sont celles importées de l'Afrique de Sud, du Nigéria, de l'Afrique du Nord et de l'Union Européenne. La plus répandue et celle qui se retrouve le plus sur les marchés est la « Dark Red » et la plate d'Egypte. Les types d'engrais utilisés sont les engrais chimiques, les engrais bio à l'instar des fientes de poules, des bouses de vache et du compost. Les périodes de récolte sont : le mois de Mars pour la betterave de la saison sèche. Juin et septembre pour la betterave de la saison pluvieuse. Les climats tempérés qui règnent dans les villes de Bafoussam et Ngaoundéré sont presque identiques et favorables à la culture de la betterave rouge toute l'année. Et nous pensons que ces deux villes peuvent être des sites potentiels de culture de la betterave rouge au Cameroun même si pour le moment c'est Bafoussam qui approvisionne majoritairement toutes les autres régions avec de plus fortes quantités écoulées. Néanmoins, notre enquête sur le terrain montre que la betterave qui est vendue à Bafoussam est cultivée à Foubot, dans le département du Noun à l'Ouest du Cameroun.

Concernant la technique de culture, elle peut varier en fonction des variétés de semence et des saisons. Les semences qui coûtent moins cher passent pour la plupart par l'étape de la pépinière avant la mise en sol des semis, car disent-ils, c'est pour augmenter le taux de productivité des semences. Contrairement, aux semences de la variété importée d'Europe qui peuvent être directement cultivées sans passer par l'étape de la pépinière, car leur chance de reproduction est supérieure à 95 %. La culture se fait en introduisant 2 à 3 graines par billons espacés de 15 à 20 cm, et une semaine après la levée des plants, les repiquages sont effectués une à deux fois pendant la période de croissance des plants. Cette technique d'ensemencement direct s'effectue généralement en saison sèche où les sols deviennent rapidement fermes, et les plants pas facilement déracinables. En saison pluvieuse, le repiquage peut aller au-delà de deux fois, car les sols sont suffisamment drainés. Le deuxième repiquage se fait avant le traitement des sols, ce qui permet de détruire facilement les colonies d'insectes et de microorganismes qui se sont formées autour du plant et d'aérer le sol. Les cultivateurs révèlent qu'au niveau des récoltes, un champ d'un hectare peut produire 10 sacs équivalant à 25 kg de betterave chacun. La culture se faisant en deux saisons dans la ville de Ngaoundéré, nous avons estimé la production à près d'une demi-tonne par/hectare/ an.

3.1.6. Concernant les commerçants

Le bureau de recherche de l'AVRDC nous a conseillé de prendre attache avec les commerçants afin de connaître les zones de culture qui approvisionnent les marchés des différentes villes. Au niveau du prix de la betterave, dans presque tous les marchés visités, sa valeur marchande est très élevée en dehors du site principal de distribution qui est Bafoussam. La betterave qui alimente les marchés de Bafoussam est cultivée à Foubot dans le département du Noun à l'Ouest du Cameroun. Les marchés qui ont été recensés pour mener les enquêtes sont les marchés A, B et le marché d'Akwa. Ce dernier est le lieu où les vivres frais sont les plus vendus. Les coûts d'une betterave de la variété « Dark-red » varient entre 100 et 500 FCFA l'unité. La vente annuelle dans ces 03 marchés de Bafoussam peut être estimée à près de 500 tonnes y compris celle qui est exportée d'après les commerçants. Selon eux, les habitants de Bafoussam connaissent et consomment très bien la betterave rouge. Malheureusement, tous les moyens n'ont pas été réunis pour estimer le taux de connaissance et de consommation pour des raisons sanitaires liés au COVID-19.

Les enquêtes ont été menées auprès des petits et grands commerçants de betterave dont certains affirment vendre 03 sacs par semaine. De plus, un sac de betterave pèse entre 100 et 120 kg. Il existe aussi des sacs de 25 kg qui coûtent entre 10 000 et 12 000 FCFA destinés aux petits détaillants. Les grands commerçants achètent les sacs de 100 et 120 kg pour les revendre en gros et en détail. Et ces sacs de 100 et 120 kg coûtent entre 40 000 et 50 000 FCFA. Selon les propos de ces commerçants, la fluidité de la vente de betterave à Bafoussam provient du fait que les populations de cette région consomment bien ce légume, et c'est un commerce rentable où les bénéfices peuvent aller de 30 à 100 % selon les périodes de disponibilité. Contrairement, les autres régions ont du mal à écouler 01 cageot de betterave par semaine et présentent de maigres bénéfices. Notons néanmoins que ces commerçants de Bafoussam éprouvent certaines difficultés telles que les coûts de transport pour aller s'approvisionner dans les champs qui sont très loin du marché et la mauvaise praticité des routes. Lorsque ces betteraves arrivent dans les marchés, les coûts de stockage dans les magasins et les difficultés de conservation surtout pendant les saisons de grandes récoltes sont autant de maux qui minent cette filière dans cette région malgré qu'elle soit la plateforme commerciale. Du fait de la haute périssabilité de ce légume, les commerçants se sentent souvent obligés de le vendre très rapidement et à des prix très bas afin d'éviter les pourritures et les pertes. Le challenge de vendre aussi de grandes quantités par semaine permet de couvrir les charges liées au transport. Les distances entre les lieux de culture et les marchés et le manque d'infrastructures routières concourent à augmenter le coût du transport, affectant par conséquent les prix sur le marché, et ce, surtout en saison de pluie où les routes sont presque impraticables. Toutefois, comparée aux autres régions, la production reste

élevée à Bafoussam et c'est ce qui explique pourquoi les grossistes se déplacent d'autres villes pour venir s'approvisionner à Bafoussam.

Dans d'autres villes comme Douala, Yaoundé et Ngaoundéré, les problèmes rencontrés par les commerçants ne sont pas les mêmes que ceux de Bafoussam du fait que ces villes s'approvisionnent parfois à Bafoussam lorsque la demande est très élevée. A Douala, deux marchés principaux approvisionnent les autres marchés, il s'agit du marché de New-Bell et du marché Sandaga. La plupart de la betterave vendue sur ces marchés provient du département de Mungo dans la région du Littoral et une partie, de Bafoussam. Les petits cultivateurs des localités environnantes de Douala viennent aussi livrer leur betterave aux détaillants. A Yaoundé également, deux marchés approvisionnent les autres marchés. Il s'agit du marché 8^{ème} et du marché de Mfoundi où sont vendues les betteraves en cageots ou dans des sacs banco. Ces betteraves proviennent des zones environnantes de la ville de Yaoundé et une bonne partie, de Bafoussam.

Dans la ville de Ngaoundéré, les marchés tels que le marché Bantai, le petit marché situé non loin de la gare-voyageur de Ngaoundéré, où s'écoulent la plupart des vivres frais, sont approvisionnés par les commerçants venant de Yaoundé, certains directement de Bafoussam et également des cultivateurs regroupés en GIC qui font dans la culture maraichère au niveau des espaces alloués par le ministère de l'agriculture. Une autre partie provient des localités non loin de la ville de Ngaoundéré telles que Manwi, Béka et Dang.

Le prix d'une betterave dans ces trois villes est presque le même et varie entre 300 et 2 000 FCFA, en fonction des saisons de récolte, de la disponibilité, de la qualité et de la taille du bulbe. Toutefois, ces prix sont hors de portée pour des camerounais à revenus moyens. C'est pourquoi certains commerçants se plaisent à dire : « la betterave est l'aliment des riches ». Ces commerçants révèlent que le problème de l'indisponibilité de la betterave sur les marchés provient du fait que les vendeurs achètent un sac de 100 et 120 kg de betterave entre 60 000 et 65 000 FCFA dans certaines villes. Ils doivent aussi détailler ou vendre en gros cher, pour pouvoir rentrer dans leurs frais, avant de chercher le bénéfice. Le problème qui se passe généralement est que, avant même qu'une nouvelle commande sur le marché n'arrive, les acheteurs à fort pouvoir d'achat, ainsi que les sportifs et les phytothérapeutes, se taillent la part belle en passant leurs commandes directement par téléphone aux vendeurs et en s'accaparant des beaux et gros fruits encore à l'état frais et à des prix bien élevés. C'est le seul moyen pour les vendeurs de s'en sortir financièrement. Par la suite, le reste des légumes est vendu aux autres consommateurs, afin de générer des bénéfices supplémentaires.

En général, les problèmes surgissent lorsque la betterave non livrée le premier jour, doit passer des jours, voire des semaines, exposée au comptoir, sous le soleil ou sous la pluie. La betterave perd alors en présentation et aura des difficultés à être vendue. Les prix des légumes sont alors revus à la baisse, entre 300 et 700 FCFA, pour s'en débarrasser. Aussi longtemps que le lot acquis auprès des cultivateurs n'est pas totalement écoulé sur le marché, ces commerçants ne peuvent pas passer d'autres commandes par crainte de perdre leur capital. Il faudra donc attendre l'écoulement total du premier stock pour ne pas mélanger les nouveaux et les anciens légumes qui ont déjà perdu de leur fraîcheur. Nous constatons sur le terrain, que la betterave qui au départ était fraîche, flétrit et perd de son eau au fur et à mesure qu'elle est exposée au soleil, puis moisit du fait de la forte humidité régnant dans certaines villes comme Ngaoundéré (Figure.1 à droite). La betterave dégradée n'attire pas les acheteurs en général. Sur les étals, certains légumes exposés apparaissent parfois, rongés par les insectes, surtout ceux cultivés en saison de pluie qui sont favorables à la prolifération des insectes. La Figure 1 présente la betterave rouge telle qu'elle est présentée sur les étals au marché.



Figure 1 : Betterave rouge sur les étals au marché : quelques ordres de prix selon la taille (a) et (b), et betterave flétrie et moisie (c).

3.1.7. Concernant les supers marchés

Etant rendus sur quelques espaces commerciaux des supermarchés pour rechercher les produits issus de la transformation de betterave rouge, nous n'avions pas trouvé des transformations locales en dehors de celles importées telles que les colorants alimentaires et quelques boissons à base de betterave rouge.

3.1.8. Concernant les consommateurs.

Les informations reçues auprès des vendeurs de la betterave rouge révèlent que la plupart de leurs clients proviennent des classes nanties, des sportifs et des phytothérapeutes, nous sommes descendus sur le terrain vers la basse et la moyenne classe résidant dans ces villes pour effectuer notre enquête. Les Figures 2 à 9 présentent les histogrammes des résultats de l'enquête dans chaque ville. Au total 780 maisons ont été investiguées dont 130 pour chaque population constituée des ménages d'une part et des étudiants d'autre part. Les résultats ont été ramenés en pourcentage pour faciliter les analyses.

La Figure 2 présente le niveau de connaissance de la betterave rouge par les ménages des villes.

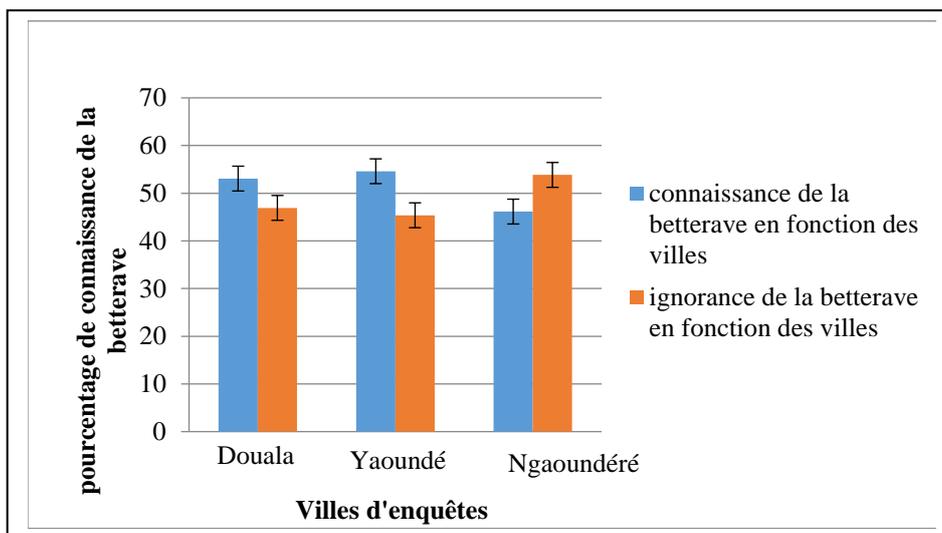


Figure 2 : Niveau de connaissance de la betterave rouge dans les ménages pour trois villes.

La Figure 3 présente le niveau de connaissance de la betterave rouge par les étudiants des villes.

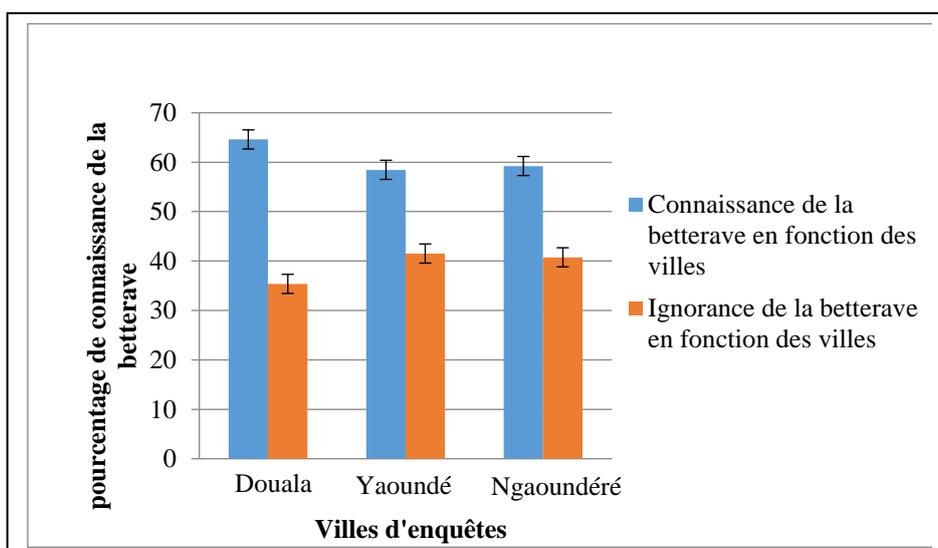


Figure 3 : Niveau de connaissance de la betterave rouge par les étudiants des trois villes.

La Figure 4 présente le niveau de consommation de la betterave rouge par les ménages des villes.

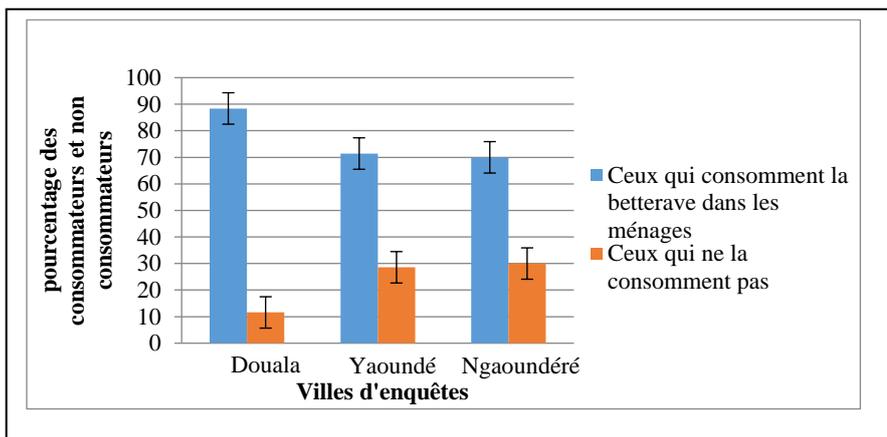


Figure 4 : Niveau de consommation de la betterave dans les ménages des trois villes

La Figure 5 présente le niveau de consommation de la betterave rouge par les étudiants des villes.

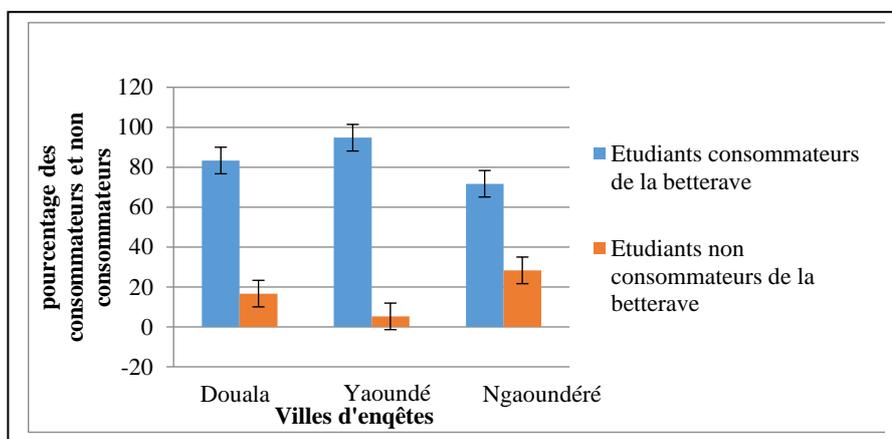


Figure 5 : Niveau de consommation de la betterave par les étudiants dans les ménages des trois ville.

La Figure 6 présente la fréquence de consommation de la betterave rouge par les ménages des villes.

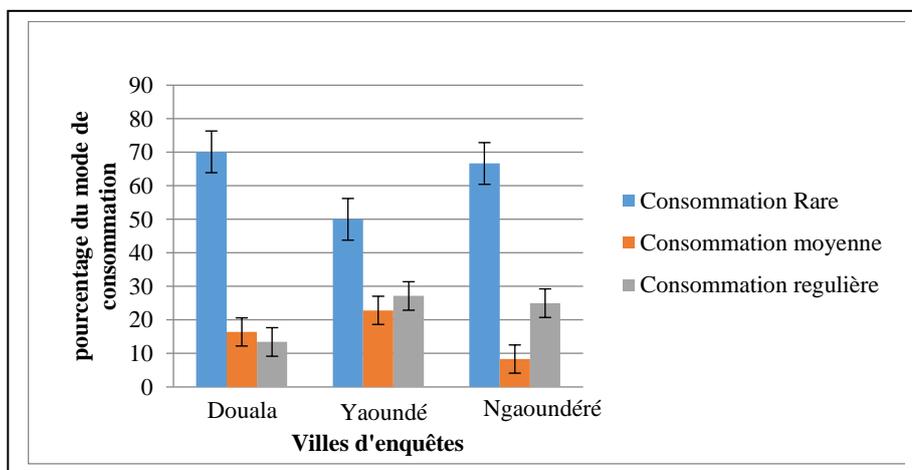


Figure 6 : Fréquence de consommation de la betterave dans les ménages

La Figure 7 présente la fréquence de consommation de la betterave rouge par les étudiants des villes.

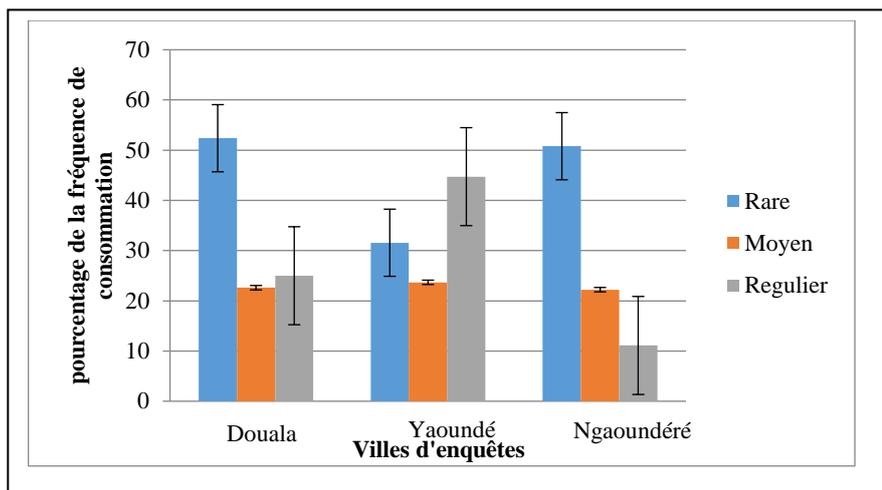


Figure 7 : Fréquence de consommation de la betterave chez les étudiants

La Figure 8 présente le pourcentage du mode de consommation de la betterave rouge par les ménages des villes.

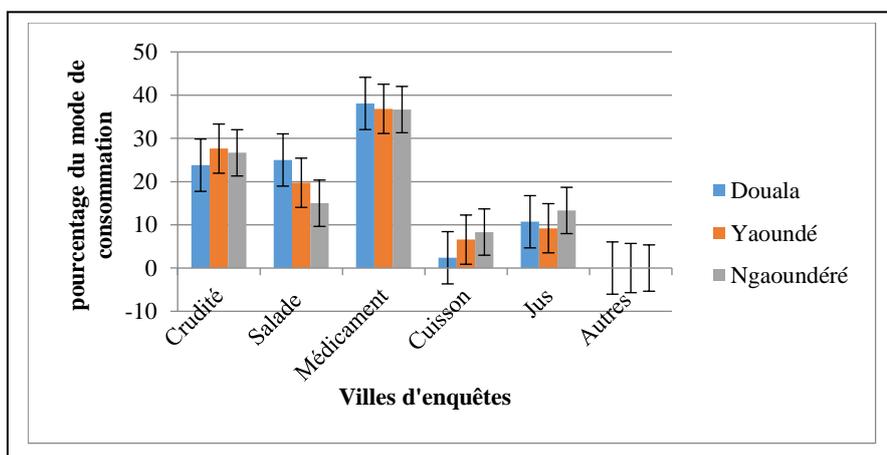


Figure 8 : Pourcentage du mode de consommation de la betterave dans les ménages des villes

La Figure 9 présente le pourcentage du mode de consommation de la betterave rouge par les étudiants des villes.

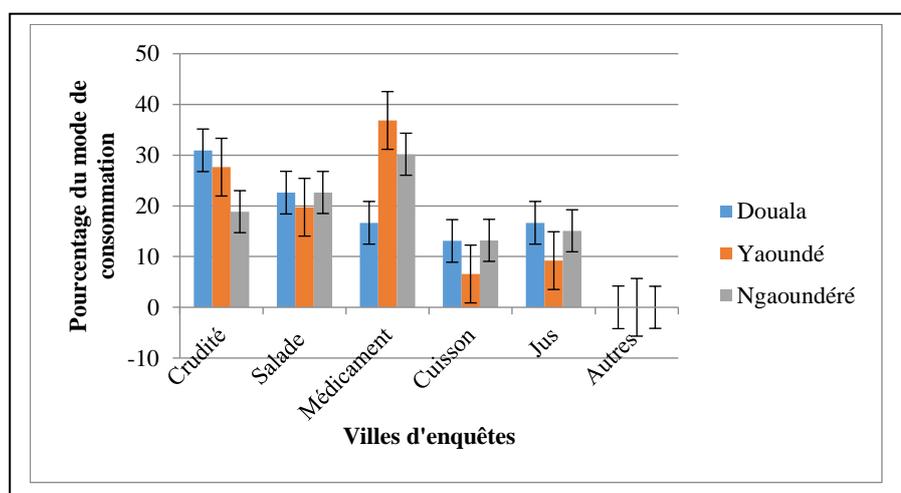


Figure 9 : Pourcentage du mode de consommation de la betterave par les étudiants des villes

Les résultats présentés sur la Figure 2 à 9 dans l'ensemble des trois villes montrent que 43,6 % de la population en moyenne ne connaissent pas la betterave rouge. De même que la fréquence de consommation de la betterave au sein de ces populations est presque irrégulière, soit 53,58 % de la population la consomment de façon rare. En comparant le mode d'utilisation de la betterave rouge, le mode médicamenteux est supérieur aux autres et représente à lui seul environ 32,54 %. C'est dire que plus d'un quart des populations considère la betterave rouge comme médicament. Selon nos analyses, ces résultats montrent à suffisance combien la population camerounaise ne connaît pas encore suffisamment la betterave rouge comme aliment. Les habitudes alimentaires concernant la betterave sont encore limitées tant dans les ménages qu'au sein de la population étudiante supposée conseiller et éclairer la lanterne des profanes en matière d'alimentation et de nutrition. Le mode de consommation le plus répandu que ce soit dans les ménages ou chez les étudiants après le médicament est le mode crudité. Les salades, le jus et la cuisson occupent respectivement les 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} rang du classement. Les autres modes de consommation de la betterave telles les confitures, les purées, les rôtis ou même ses feuilles sont encore ignorés de la population. Le mode de cuisson occupe un pourcentage de 8,35 % de consommation. Certains consommateurs se plaignent du changement du goût et de la couleur de la betterave pendant la cuisson, ce qui affecte son attractivité. Toutefois, plus de la moitié de la population, soit 56,03 % de personnes connaissent la betterave rouge et 56,04 % la consomment également dans tous les modes confondus. En comparant le niveau de connaissance et de consommation de la betterave rouge par ville, Douala vient en tête avec respectivement 76,5 % et 65,5 %, suivie de Yaoundé 73 % et 61 % et enfin Ngaoundéré 68,5 % et 40 %. En faisant une comparaison par population, les étudiants connaissent plus la betterave rouge à Douala par rapport à Yaoundé et Ngaoundéré, mais au niveau de la consommation, les étudiants de Yaoundé consomment plus la betterave que ceux de Douala et Ngaoundéré.

La faible fréquence de consommation de la betterave dans ces villes serait liée selon les acteurs investigués à l'indisponibilité et au coût de la betterave rouge sur les marchés en dehors de la ville de Bafoussam où elle coûte un peu moins cher. Les chiffres sur le niveau de consommation de la betterave pourraient être bas ou élevés si toutes les 10 régions avaient été investiguées. Au regard des moyens mis en jeu les enquêtes se sont limitées aux villes populaires.

Une catégorie de personnes rencontrée affirmant ne pas consommer directement la betterave a évoqué des raisons liées au goût astringent de la betterave, avant de mentionner son coût sur le marché et son indisponibilité. Et certains ont avoué consommer la betterave malgré son astringence uniquement à cause de la maladie, mais avouent apprécier le légume quand il est présenté sous diverses formes telles que les colorants, dans les bonbons, ou lorsqu'elle est incorporée dans des crèmes glacées. Du coup, nous avons fait un lien entre la transformation et la sensibilisation. Car la transformation de la betterave pourrait jouer un rôle dans la sensibilisation des consommateurs quitte à ce que les qualités nutritionnelles et organoleptiques soient légèrement modifiées mais préservées au moins à plus de 80 % pendant le procédé de transformation, le but étant aussi d'augmenter la fréquence et la moyenne de consommation de la betterave dans toutes les couches sociales.

3.2. Concernant le champ d'essai et le champ expérimental

Les Figures 10, 11 et 12 présentent le champ d'essai, le champ expérimental et les légumes récoltés. Le champ d'essai a produit ses fruits après 03 mois et demi de levée des semis comme le mentionne la culture de la betterave (<http://www.fermedesaintemathe.com/search.aspx?q=betterave>). Les premiers bulbes ont fait leur apparition en début mars. Au mois d'avril tous les bulbes ont été récoltés. Les feuilles des betteraves ont été coupées pour faire la cuisson, une expérience inédite. Elles ont été sautées à la vapeur pour la consommation afin d'apprécier le goût, tel que présenté en image. En comparant les feuilles de betteraves cultivées en saison de pluies pour le champ expérimental et celles cultivées en saison sèche pour le champ d'essai, il existe une grande différence au niveau de la couleur. Les feuilles recueillies en saison sèche sont bien vertes (Figure 10 e) et attrayantes tandis que celles recueillies en saison pluvieuse sont rouge-violettes (Figure 10 f). Nous pouvons dire après cette expérience de champ que, les seules difficultés que nous avons rencontrées étaient au niveau de la disponibilité de l'eau de drainage, car le champ a été fait en saison sèche. C'est le champ expérimental qui nous a fourni la matière végétale pour des analyses physicochimiques au laboratoire, dont les résultats sont présentés dans la section suivante.

Les Figures 10, 11 et 12 représentent les images de l'évolution du champ d'essai, du champ d'expérience et des fruits récoltés.



Figure 10 : a, b, c, d, e, f, évolution du champ d'essai et la semence de betterave de la variété « Dark red »

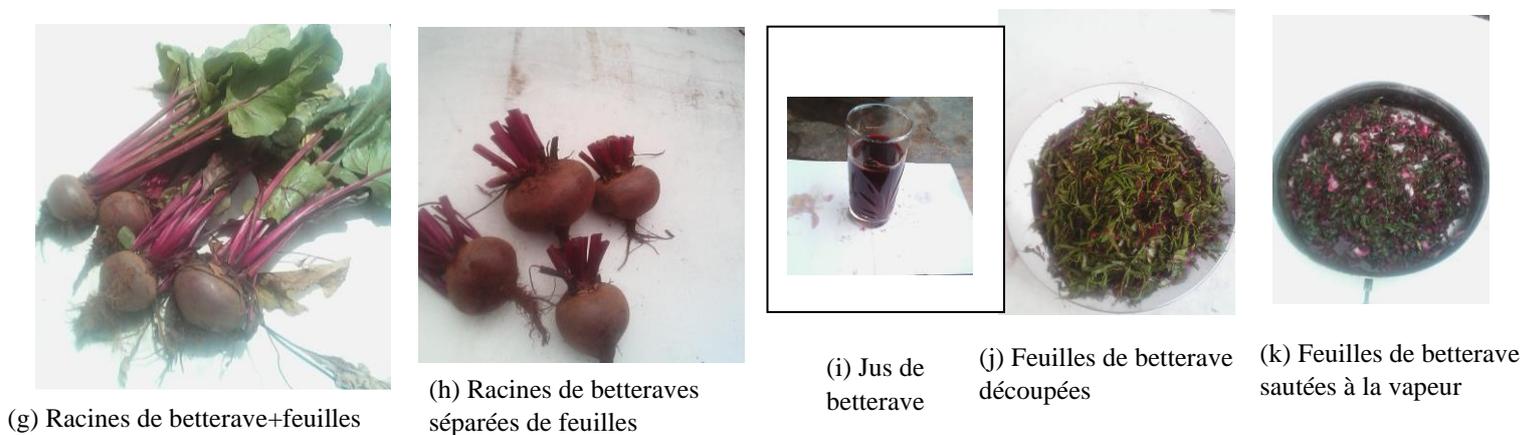
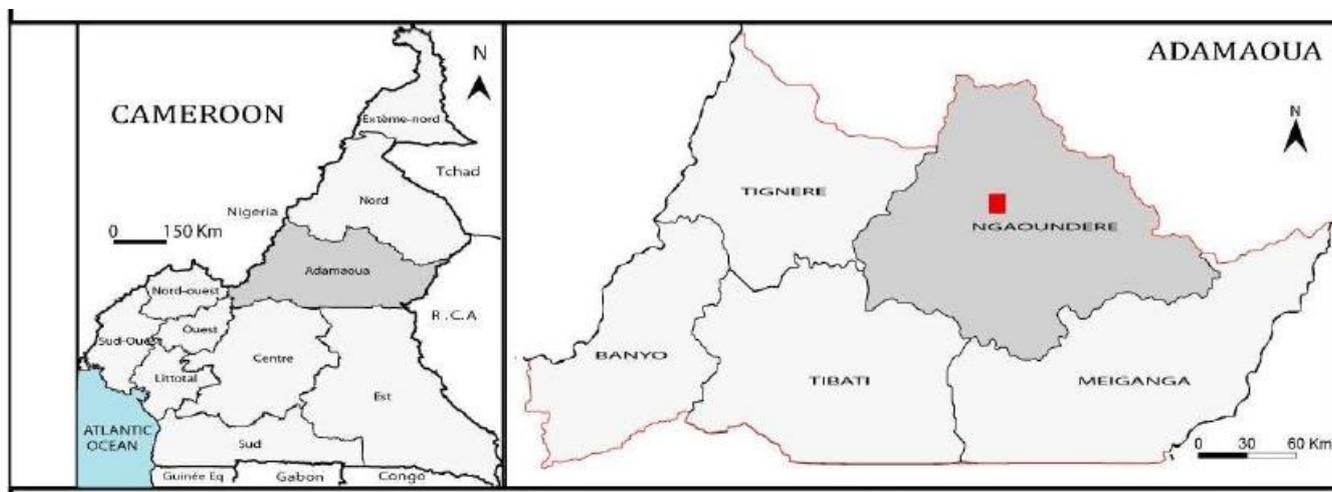


Figure 11 : g, h, i, j, k, les images des produits récoltés du champ d'essai.



Figure 12 : 1, 2,3 : Images du champ expérimental et les betteraves récoltées

Les figures 13, 14 et 15 présentent la géolocalisation sur les cartes du Cameroun et de Ngaoundéré, des champs d’essai et champs expérimental.



Source : Batoure & Tchotsoua, 2017

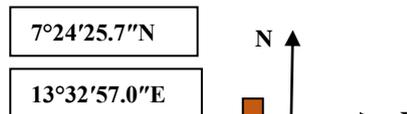
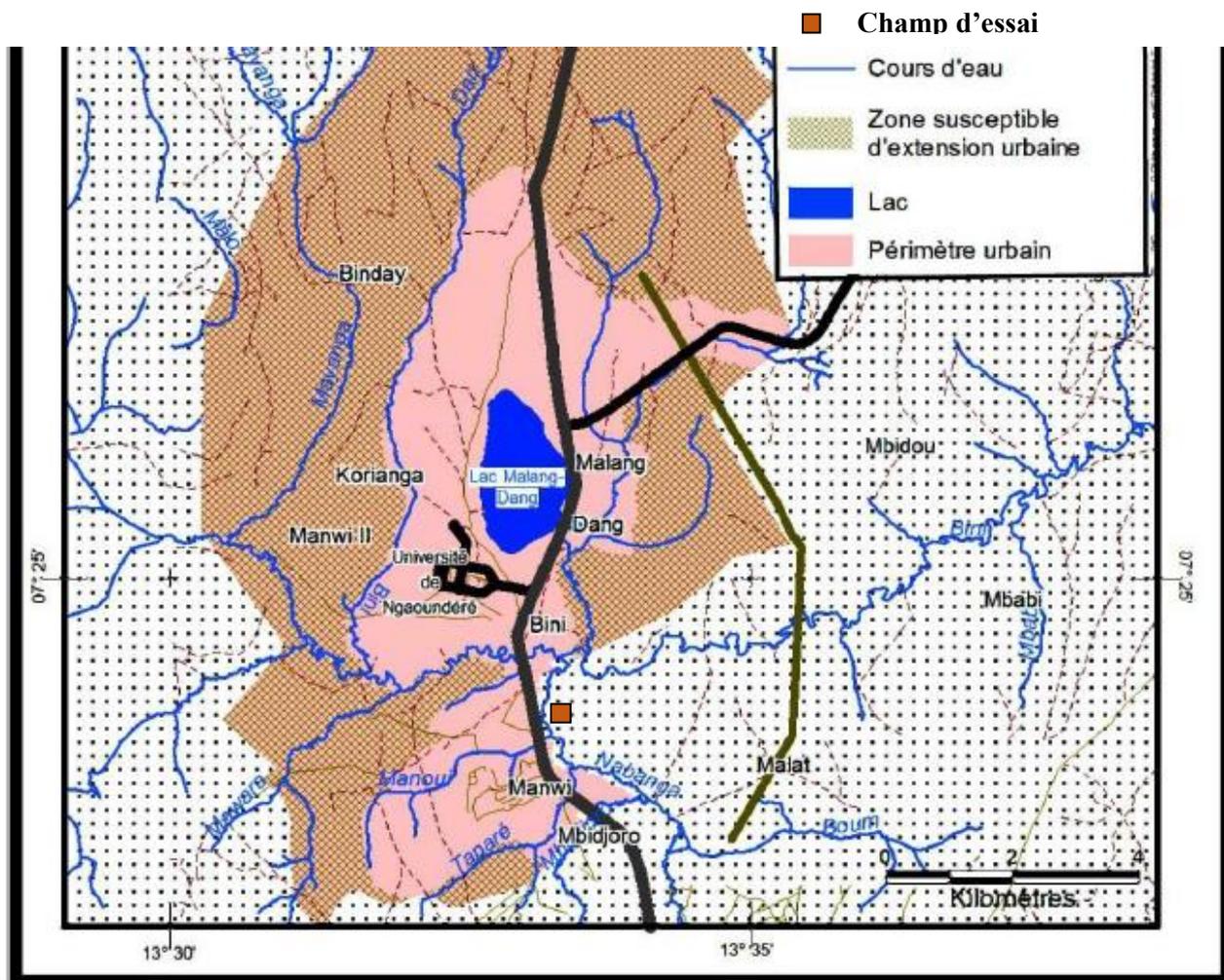
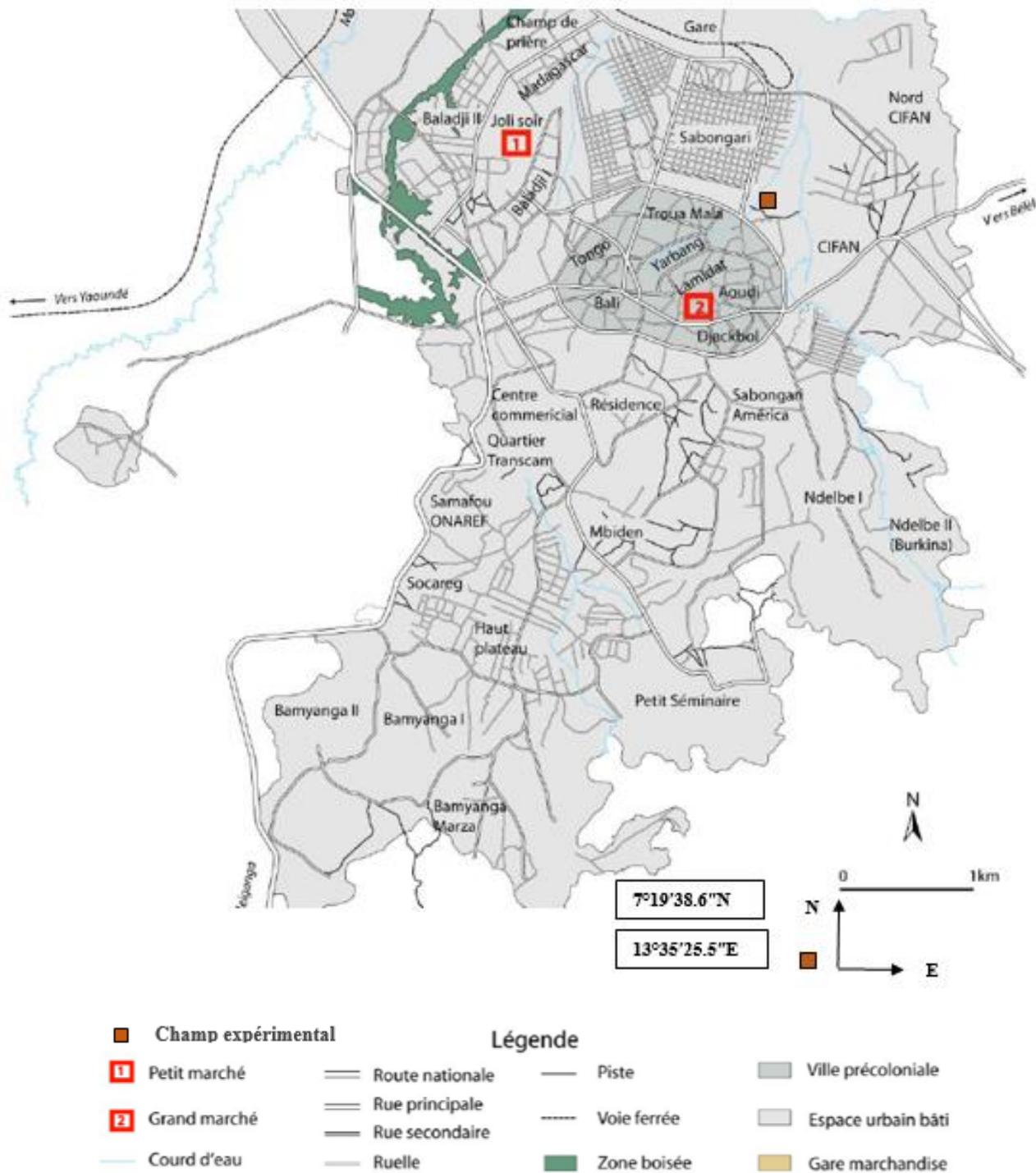


Figure 13 : Carte du Cameroun (gauche), carte de la Région de l’Adamaoua (droite).



Source : Plan communal de développement de la commune de Ngaoundéré 3ème, 2013

Figure 14 : Géolocalisation du champ d'essai sur la carte de l'arrondissement de Ngaoundéré 3^{ème}.



Source : Fofiri Nzossie (2015)

Figure 15 : Géolocalisation du champ d’expérience sur la carte de la ville de Ngaoundéré

3.3. Concernant l'analyse physicochimique

3.3.1. Teneur en betalaines totaux dans les extraits aqueux

Les concentrations en betalaines totaux dans les extraits aqueux à différentes longueurs d'ondes 475 nm, 525 nm et 575 nm sont respectivement de 176,10 ; 298,60 ; 166,62 mg/100 g MS. Dans l'éthanol elles sont de : 151,36 ; 230,18 ; 131,15 mg/100 MS à des mêmes longueurs d'ondes respectivement. D'après Udonkang et al. (2018), ces différentes longueurs d'ondes correspondent à l'absorption des bétaxanthines, des bétacyanines et des bétanidines. Ces valeurs sont inférieures à celles d'Udonkang et al. 2018 qui ont trouvé **381,5 mg/g** dans l'extrait aqueux et **253,7 mg/g** dans l'extrait à l'éthanol à $\lambda=525$ nm. La concentration en bétacyanine dans la betterave rouge avoisine les 75-95 % des betalaines totaux et 5-75 % de bethaxanthine (Food and Nutrition Paper, 1992 ; Sandate-Flores et al., 2016 ; Baiao et al., 2017). Dans nos échantillons, les bethacyanines représentent **90,5 %** des polyphénols totaux, dans l'extrait aqueux et **69,76 %** dans l'éthanol, ces valeurs sont proches de celles de Wruss et al. (2015) qui ont trouvé des valeurs 70 - 100 % dans certaines variétés de betterave. De plus la figure.16, montrant la coloration de la betalaine plus foncée dans l'eau que dans l'alcool confirme les déclarations d'Udonkang et al. (2018). Néanmoins, certains auteurs ont utilisé d'autres solvants tels l'acide acétique 99 %, et l'acétonitrile 99 % et ont obtenus d'excellents résultats d'extraction de la betalaine contenues dans certaines fleurs (Sandate-Flores et al. 2016). Selon Fu et al. (2020), la concentration en betalaines varie entre 400–2100 mg/kg de matière sèche et entre 200–1400 mg/kg de matière fraîche. Et les valeurs obtenues dans nos deux extraits sont largement au-dessus de celles-ci. Preuve que nos betteraves sont riches en betalaines.

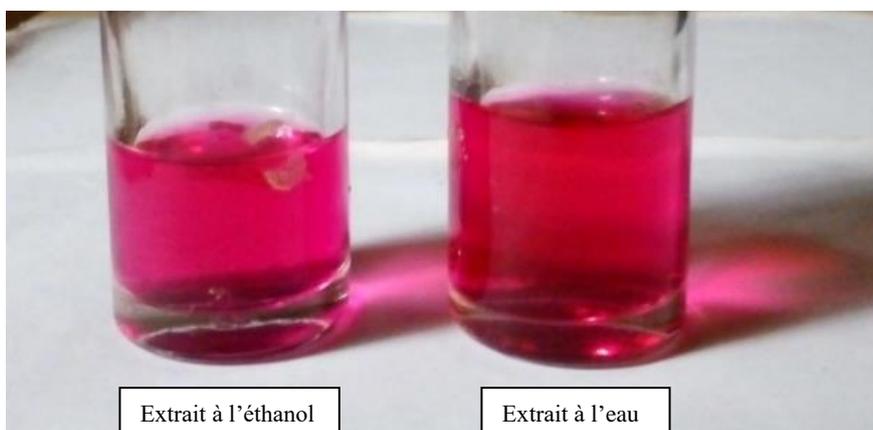


Figure 16. L'extrait de la betalaine à l'eau (droite) et à l'éthanol (gauche).

Les équations 3 et 4 présentent l'étalonnage de la densité optique en fonction de la concentration en betalaines totaux dans les extraits aqueux et à l'éthanol respectivement, à la longueur d'onde maximale $\lambda=525$ nm.

$$DO = 0,0148 \cdot C - 0,0218 \quad R^2 = 0,9945 \quad (3)$$

$$DO = 0,0112 \cdot C - 0,0068 \quad R^2 = 0,9993 \quad (4)$$

Où C est la concentration en betalaines totaux.

3.3.2. Analyse des conditions de culture et des produits récoltés.

Le tableau 1 donne un récapitulatif des conditions de culture dans les deux champs et les différentes analyses physicochimiques de la betterave rouge récoltée.

Tableau 1 : Conditions de culture et analyses physicochimiques de la variété de betterave « Dark red »

Analyses	Résultats
pH du sol	4,75 - 5,6 ± 0,002
Température de la ville de culture	18 °C
Cycle de production de la plante	90-120 jours
pH de la betterave rouge	5,79 ± 0,01
Teneur en eau	88,17 % ± 0,06g de matière fraîche
Teneur en Matière sèche	11,83 % ± 0,04 g
Teneur en cendres	1,08 ± 0,2 g/100 g MS
Teneur en lipides	0,15 ± 0,003 g/100 g MS
Teneur en sucres simples	6,75 ± 0,02 g/100 g MS
Teneur en fibres	1,54 g/100 g MS
Teneur en protéines	2,31 ± 0,03 g/100 g MS
Teneur en polyphénols	329,93 ± 0,1 mg/g GEA pour 100 g MS
Teneurs en caroténoïdes	16,66 ± 0,2 µg/100 g MS
Teneurs en betalaines totales dans l'eau et dans l'éthanol	298,6 mg/100 g MS et 230,18 mg /100 g MS

Les conditions climatiques, le pH du sol, la température du milieu ainsi que le cycle de production de la plante répondent bien aux critères de culture selon Delgado et al. (2000) ; Strack et al. (2003) et Baiao et al. (2017). Les analyses physicochimiques présentées sur ce tableau concernant le pH sont en accord avec les résultats publiés par Loginova (2011), soit entre 5,5 et 6,0. Pour la teneur en eau trouvée soit 88,17 ± 0,06 g elle est légèrement supérieure à celles généralement attendue selon une grande majorité des variétés de betterave dont les valeurs sont situées entre 87,20 et 87,6 g/100 de matière fraîche (Nisa et al. 2015 ; Kale et al., 2018 ; Odoh et Okoro, 2013). Cette légère hausse est attribuée au fait que la betterave utilisée soit fraîchement récoltée du champ en saison pluvieuse au mois de septembre où il pleut abondamment dans la ville de Ngaoundéré. Concernant la teneur en protéines trouvée soit 2,31 ± 0,03 g/100 g MS est légèrement supérieure à celles de certains auteurs (Nisa et al., 2015 et ; Richardson, 2014 ; Kale et al., 2018), qui se situe généralement entre 1,35 et 1,6 g/100 g MS. Ceci peut être attribué au type de sol et aux engrais bio utilisés qui seraient certainement riches en éléments azotés. La teneur en cendres trouvée soit 1,08 ± 0,2 g/100 g MS ainsi que les teneurs en lipides soit 0,15 ± 0,003 g/100 g MS et en glucides, 6,75 ± 0,02 g/100 g MS, sont en accord avec ceux de certains auteurs (Nisa et al., 2015 ; Kale et al., 2018 ; Baiao et al. 2017 ; Mirmiran et al. 2020). Pour la teneur en fibres, les valeurs trouvées sont légèrement en dessous de celles de Odoh et Okoro (2013) et Mirmiran et al. (2020), mais bien élevées par rapport à celles de Nisa et al. (2015). Concernant la teneur en polyphénols soit 329,93 ± 0,1 mg GEA / 100 g de MS, notre betterave est bien riche en composés phénoliques car supérieures à celles d'Olumese et al. (2014) et de Czyzowska et al. (2020) de même que les valeurs publiées dans la littérature par certains auteurs à l'instar de Mirmiran et al. (2020), soit entre 570 et 920 mg/kg. Concernant les caroténoïdes totaux trouvées, soit 16,66 ± 0,2 µg/100 g MS), notre betterave est également riche en caroténoïdes totaux par rapport à ceux trouvés par Odoh et Okoro (2013) qui ont étudié la même variété, mais inférieures à celles données par Kowalski & Szadzinska (2014) et Bhagwat et al. (2013), soit 20,66 ± 0,06 µg/100 g MS.

Pour les analyses physicochimiques, les résultats obtenus corroborent avec ceux de la littérature. Les légers écarts observés avec les autres publications sont certainement dus à la variété, aux techniques de culture, à l'origine et à la qualité des semences de betterave. De plus il faut noter que la betterave utilisée a été fraîchement récoltée du champ en saison pluvieuse pour être analysée. Ces résultats rassurent néanmoins pour une utilisation ultérieure dans un processus technologique de conservation et de transformation qui permettra d'avoir la betterave rouge en continu à plein temps et même en période post-saison.

4. CONCLUSION

Au terme de cette étude, nous pouvons dire que l'expérience a été enrichissante partant de l'enquête jusqu'à l'élaboration d'un champ d'essai de betterave en passant par l'analyse physicochimique de la variété « Dark-red ». Les travaux d'enquête qui portaient sur l'état des lieux de la betterave rouge, 780 maisons ont été investiguées, respectivement dans les villes de Douala, Yaoundé et Ngaoundéré. Il ressort de cette étude que les prix d'un bulbe de betterave varient en fonction de la masse, entre 500 et 1 000 FCFA, en dehors de la ville de Bafoussam, principale zone de distribution où les prix sont plus bas. Ngaoundéré et Bafoussam présentant des climats comparables, se prêtent bien à la culture de la betterave. La variété « Dark-red » est celle la plus répandue. Il ressort de tout ce qui précède que malgré toutes les difficultés que connaît la filière agricole de la betterave rouge au Cameroun, les niveaux de connaissance et de consommation sont légèrement au-dessus de 50 %. Très peu de camerounais consomment la betterave rouge comme aliment, mais beaucoup plus comme médicament surtout contre l'anémie. En somme, le travail élaboré interpelle tous les acteurs de la filière agricole de la betterave rouge plus particulièrement l'Etat du Cameroun à se mobiliser pour qu'elle soit véritablement connue des camerounais et accessible à tous afin de faire partie de leurs habitudes alimentaires quotidiennes. Nous pensons que ce travail pourra sensibiliser la population en général et en particulier l'Etat qui pourra faire bénéficier à ses habitants toutes les vertus reconnues de la betterave rouge afin de manager et de prévenir certaines maladies telles que les cancers, les maladies cardiovasculaires, les diabètes, les affections microbiennes.

5. CONFLITS D'INTÉRÊTS

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt.

6. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient tous les responsables des organismes étatiques pour les réponses apportées aux différentes préoccupations, plus particulièrement à Mme Tchientche Kamga Régine, chef du bureau de la liaison Cameroun de l'organisation internationale AVRDC. Les auteurs remercient également les responsables de l'équipe de recherche de l'IRAD de Yaoundé à la Direction générale de Nkolbisson et ceux de du Programme de promotion de l'Entreprenariat Agropastoral des Jeunes (PEA-Jeunes) pour leur disponibilité. De même que les responsables du laboratoire du Génie et Technologie Alimentaire (LAGETA) de l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles de Ngaoundéré (ENSAI).

7. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFNOR, 1981. Recueil de normes françaises. Corps gras, graines oléagineuses, produits dérivés.
- AFNOR, 1984. Recueil de normes françaises. Produits agricoles alimentaires : directives générales pour le dosage de l'azote avec minéralisation selon la méthode de Kjeldahl. AFNOR, Paris (France). 2ème édition.
- AOAC, 1990. Official methods of analysis. In Official Methods of the Association of Official Analytical Chemists, (S. Williams, ed.), Assoc. of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Attia, Gamila Y., Moussa M. E. M., and Sheashea E. R., 2013. Characterization of red pigments extracted from red beet (*beta vulgaris*, L.) and its potential uses as antioxidant and natural food colorants. Food Technology Research Institute. ARC, Giza, Egypt. *J. Agric. Res.*, **91**(3). 1095–1110.
- Babarykin D., Smirnova G., Pundinsh I., Vasiljeva S., Krumina G., Agejchenko V., 2019. Red Beet (*Beta vulgaris*) Impact on Human Health. *Journal of Biosciences and Medicines*, **7**, 61–79 <http://www.scirp.org/journal/jbm>
- Baiao Diego dos Santos , Davi V.T., Eduardo M. Del Aguila, Vania M. Flosi Paschoalin, 2017. Nutritional, bioactive and physicochemical characteristics of different beetroot formulations. *IntechOpen*.69301, 22–43.
- Batoure Bamana Appolnaire & Tchotsoua Michel, 2017. Logiciels libres et gestion des données à référence spatiale : cas des données urbaines de la ville de Ngaoundéré au Cameroun, Université de Ngaoundéré. 1–16. <https://www.researchgate.net/publication/320017328>
- Bhagwat Seema, Haytowitz D. B., & Holden J.M., 2013. USDA Database for the flavonoid content of selected foods. USDA Nutrient Data Laboratory, Agricultural Research service Release 3.1. 173p.
- Bio Centre, 2007. Fiche technique « la betterave potagère » 8 pages.
- Bourelly J., 1982. Observation sur le dosage de l'huile des graines de cotonnier. *Cot. Fib. Trop.*, **27**(2), 183–196.

- Clifford Tom, Glyn Howatson, West Daniel J. and Stevenson Emma J., 2015. The Potential Benefits of Red Beetroot Supplementation in Health and Disease. *Nutrients*, **7**(4), 2801–2822, www.mdpi.com/journal/nutrients Review.
- Czyżowska Agata*, Kinga Siemianowska, Monika Śniadowska, Agnieszka Nowak, 2020. Bioactive Compounds and Microbial Quality of Stored Fermented Red Beetroots and Red Beetroot Juice. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, **70**(1), 35–44.
- Dambalkar V.S., Rudrawar B.D., and Poojari V.R., 2012. Effect on pH, TSS, acidity, ascorbic acid and sensory attributes during storage period of RTS made from beetroot, orange and ginger juice. *International Journal of Food and Nutritional Sciences*, **4**, 99–105.
- Delgado-Vargas F., Jimenez A.R., & Paredes-Lopez O., 2000. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **40**(3), 173–289.
- Department of Agriculture, Forestry and Fisheries Private Bag X144, Pretoria, 0001 South Africa, 2010. Production guidelines for beetroot, 1–9
- Devani M.B., Shishoo J.C., Shal S.A and Suhagia B.N., 1989. Spectrophotometrical method for determination of nitrogen in Kjeldahl digest. *JAOAC*, **72**, 953–956.
- Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Roberts P.A. and Smith F., 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.*, **28**, 350–356.
- Farming SA &ARC, 2010. Beetroot, Vegetable growing, Supplement to Farming SA. 2 pages.
- Fofiri Nzossie Eric joel, 2015. Thèse de doctorat PhD. Les déterminants de l'offre alimentaire vivrière dans les villes du Nord-Cameroun. Université de Ngaoundéré. 431p.
- Food and Nutrition Paper (FNP), 1992. Beet red. Compendium of food additive of the Food and Agriculture Organisation of the United States. <http://www.fao.org/ag/jecfa/additive-052>.
- Fu Yu, Jia Shi, Si-Yi Xie, Ting-Yi Zhang, Olugbenga P. Soladoye and Rotime E. Aluko, 2020. Red beetroot betalain : perspectives on extraction, processing and potential health benefits. American Chemical Society. Agricultural and food chemistry. A-Q pages.
- Guldiken Burcu, Gamze Toydemir, Kubra Nur Memis, Sena Okur, Dilek Boyacioglu and Esra Capanoglu, 2016. Home-Processed Red Beetroot (*Beta vulgaris* L.) Products: Changes in Antioxidant Properties and Bioaccessibility. *International Journal of Molecular Sciences*, **17**, 23p. <http://www.fermedesaintemarthe.com/search.aspx?q=betterave>.
- Jaiswal, Aditya Ganeshpurkar, Ankita Awasthi, Divya Bansal, Nazneen Dubey, 2014. Protective effects of beetroot extract against phenyl hydrazine induced anemia in rats; Shri Ram Institute of Technology-Pharmacy, Jabalpur - 482 002, Madhya Pradesh, India. *PHCOG Journal*, **6**(5), 4p.
- Kale R.G., Sawate A.R., Kshirsagar R.B., Patil B.M and Mane R.P., 2018. Studies on evaluation of physical and chemical composition of beetroot (*Beta vulgaris* L.). *International Journal of Chemical Studies*, **6**(2), 2977–2979.
- Kowalski S.J., & Szadzinska J., 2014. Kinetics and Quality Aspects of Beetroots Dried in Non-Stationary Conditions. Taylor & Francis group. *Drying Technology: An International Journal*, **32**(11), 1310–1318, DOI: 10.1080/07373937.2014.915555 1310-1318.
- Larsonneur S., Alarcon Morante F., Brabet C., and Chuzel G., 1993. Improving the bread making potential of cassava sour starch, In D., Dufour G. M., O'Brien, and R. Best (Eds.), *Cassava flour and Starch: Progress in research and development*, (271), 133–142.
- Loginova Kseniia, 2011. Thèse de doctorat PhD : Mise en œuvre de champs électriques pulsés pour la conception d'un procédé de diffusion à froid à partir de betteraves à sucre et d'autres tubercules alimentaires (étude multi-échelle), Spécialité : Génie des Procédés Industriels à l'université technologique Compiègne, 220 p.
- Mirmiran Parvin, Zeinab Houshialsadat, Zahra Gaeini, Zahra Bahadoran and Fereidoun Azizi, 2020. Functional properties of beetroot (*Beta vulgaris*) in management of cardio-metabolic diseases. *Nutrition & Metabolism*, **17**(3), 15p. <https://doi.org/10.1186/s12986-019-0421-0>
- Nathalie Deschamp, 2013. Agriculture & territoires, chambre d'agriculture Dordogne. Fiche technique de la betterave rouge, 3p.
- Nisa A., Saeed K., Hina S., Zahra N., Mazhar S., Kalim I. and Syed Q., 2015. Nutritional, Antioxidant, Microbiological and Toxicological Studies on Red Dye Extracted from Red Beet Roots (*Beta vulgaris*). *Research Journal of Chemical Sciences*, **5**(4), 1-6.
- Nobosse P., Fombang E.N., & Mbofung C.M.F., 2017. The effect of steam blanching and drying method on nutrients, phytochemicals and antioxidant activity of Moringa (*Moringaoleifera* L.) leaves. *American Journal of Food Science and Technology*, **5**(2), 53–60. <https://doi.org/10.12691/ajfst-5-2-4>.
- Odoh U.E., Okoro E.C., 2013. Quantitative phytochemical, proximate/nutritive composition analysis of *Beta vulgaris* Linnaeus (*chenopodiaceae*). *International Journal of Current Research.*, **5**(12), 723–3728.
- Olumese Fidelis E. and Oboh Henrietta A., 2014. Antioxidant and Antioxidant capacity of raw and processed Nigerian Beetroot (*Beta vulgaris*). *Nigerian Journal of Basic and Applied Science*, **24**(1): 35-40 DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/njbas.v24i1.6>.
- Plan communal de développement (PCD) de Ngaoundéré 3ème, 2013. 249 pages.
- Ravichandran K., Ahmed A.R., Knorr D., Smetanska I., 2012. The effect of different processing methods on phenolic acid content and antioxidant activity of red beet. *Food Research International*, **48**, 16–20.
- Richardson Kenneth, 2014. Preliminary evaluation of leaf and root nutrient composition of a fresh market beet (*Beta vulgaris* L. *Crassa* L.) variety. Gladstone Road Agricultural Centre. Department of Agriculture Nassau, Bahamas.
- Rodriguez-Amaya D.B., 2001. A guide to carotenoids analysis in foods. Washington, DC: ILSI Press. 71p.

- Sandate-flores luisaldo, José rodríguez-rodríguez, Samantha calvo-segura, Arturo mayorga-martínez, Roberto parra-saldívar, Cristina chuck-hernández, 2016. Evaluation of different methods for betanin quantification in pitaya (*Stenocereus* spp.), in Probiotics for health and wellbeing. *Agro FOOD Industry Hi Tech.*, **27**(1). 20–24
- Singh A., Ganesapillai M., Gnanasundaram N., 2017. Optimization of extraction of betalain pigments from *Beta vulgaris* peels by microwave pretreatment. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng.*, **263**(3): 032004., 10p.
- Singh Suman, Kirtiraj Gaikwad P.K., Omre and Kumbhar B.K., 2013. Microwave Convection Drying Characteristics of Beet Root (*Beta Vulgaris* L.) Using Modeling Equations for Drying. *J Food Process Technol.*, **4**(9), <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7110.1000263>, 4p.
- Singleton V.L., Orthofor R. and Lamuela Raventos R.M., 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocaltau reagent. *Methods. Enzymology*, **299**, 152 – 178.
- Strack D., Vogt T., & Schliemann W., 2003. Recent advances in betalain research. *Phytochemistry*, **62**, 247–269.
- Straus, Sasa, Franc Bavec, Matjaz Turinek, Ana Slatnar, Crtomir Rozman and Martina Bavec, 2012. Nutritional value and economic feasibility of red beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* Rote Kugel) from different production systems. *African Journal of Agricultural Research*, **7**(42), 5653-5660. <http://www.academicjournals.org/AJAR> DOI: 10.5897/AJAR12.1519.
- Udonkang Mfoniso I., Imeobong J. Inyang, Affiong N. Ukorebi, Faith Effiong, Uwem Akpan, Iya E. Bassey, 2018. Spectrophotometry, Physicochemical Properties, and Histological Staining Potential of Aqueous and Ethanol Extracts of Beetroot on Various Tissues of an Albino Rat. *Biomedicine Hub, Karger AG, Basel.* **3**(492828), 10p.
- Vanhatalo A., Bailey S.J., Blackwell J.R., Di Menna F.J., Pavey T.G., Wilkerson D.P., 2010. Acute and chronic effects of dietary nitrate supplementation on blood pressure and the physiological responses to moderate-intensity and incremental exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.*, **299**(4), R1121–31.
- Varner, 2012. Doctorate PhD thesis: modeling and optimization of the dehydration of beets for use as a value-added food ingredient, Chemical Engineering, University of Maryland, 98 p.
- Webb A.J., Patel N., Loukogeorgakis S., Okorie M., Aboud Z., Misra S., Rahim Rashid R. Miall P., Deanfield J. Benjamin N., MacAllister R., Hobbs A.J. and Ahluwalia A. 2008. Acute blood pressure lowering, vasoprotective, and antiplatelet properties of dietary nitrate via bioconversion to nitrite. *Hypertension.* **51**(3), 784–790.
- Wruss J., Waldenberger G., Huemer S., Uygun P., Lanzerstorfer P., Müller U., 2015. Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juice prepared from seven beetroot varieties grown in Upper Austria. *J Food Compos Anal.*, **42**, 46–55.