



Pratiques traditionnelles, valeur alimentaire et toxicité du taro (*Colocasia esculenta* L. SCHOTT) produit au Tchad

Imar Djibrine Soudy

► To cite this version:

Imar Djibrine Soudy. Pratiques traditionnelles, valeur alimentaire et toxicité du taro (*Colocasia esculenta* L. SCHOTT) produit au Tchad. Agricultural sciences. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, 2011. French. <NNT : 2011CLF22153>. <tel-00719605>

HAL Id: tel-00719605

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00719605>

Submitted on 20 Jul 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université Blaise Pascal
Clermont-Ferrand
N° D.U. : 2153

Université d'Auvergne
Clermont-Ferrand

ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE LA VIE ET DE LA SANTE
N° d'ordre : 554

Thèse

Présentée à l'Université Blaise Pascal
pour l'obtention du grade de

DOCTEUR D'UNIVERSITE
SPÉCIALITÉ NUTRITION ET SCIENCES DES ALIMENTS

Soutenue le 08 Septembre 2011 par

SOUDY Imar Djibrine

**Pratiques traditionnelles, valeur alimentaire et toxicité
du taro (*Colocasia esculenta* L. SCHOTT) produit au Tchad**

Président : Professeur Gérard LEDOIGT, Université Blaise Pascal, CLERMONT-FERRAND

Rapporteur : Professeur Charles-Henri MOULIN, Montpellier Sup Agro, MONTPELLIER

Rapporteur : Docteur Patrice GRIMAUD, HDR, CIRAD, MONTPELLIER

Rapporteur : Professeur Pierre SANS, Ecole Vétérinaire de Toulouse, TOULOUSE

Membre du Jury : Professeur Gilles BRUNSCHWIG, Vetagro Sup, CLERMONT-FERRAND

Membre du Jury : Professeur Etienne BENOIT, Vetagro Sup, LYON

Membre invité : Docteur Denis GRANCHER, Vetagro Sup, LYON

Laboratoire d'accueil : UMR 1233 INRA/ENVL (Professeur Etienne BENOIT)
Mycotoxines et Toxicologie Comparée des Xénobiotiques
VetAgroSup, Campus Vétérinaire de Lyon, 1 avenue Bourgelat 69280 MARCY L'ETOILE

***« L'optimisme est une forme de courage qui donne
confiance aux autres et mène au succès »***

Table des matières synthétique

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Listes des figures et tableaux

INTRODUCTION GENERALE

15

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

18

CHAPITRE I : Importance économique et alimentaire des plantes à tubercules

CHAPITRE II : Etude botanique et culturelle du taro

CHAPITRE III : Valeur nutritionnelle du taro

CHAPITRE IV : Les plantes à oxalates

CHAPITRE V : Méthodes de cuisson et de transformation

ENQUETE DE TERRAIN

58

Enquête sur les pratiques artisanales concernant le taro au Tchad

ANALYSES DE LABORATOIRE

71

PREMIERE PARTIE : VALEUR ALIMENTAIRE

72

CHAPITRE I : Effets du trempage traditionnel sur le profil nutritionnel de farine de taro (*Colocasia esculenta* L. SCHOTT) produite au Tchad

CHAPITRE II: Digestibilité "*in vitro*" de l'amidon de taro selon les modes de trempage

DEUXIEME PARTIE : TOXICITE ET DETOXICATION DU TARO

94

CHAPITRE I : Recherche de cyanure dans le taro, le sorgho et le manioc

CHAPITRE II : Influence des pratiques artisanales sur la teneur en oxalates de taro

ESSAI ZOOTECHNIQUE

108

Essai de substitution du maïs par le taro dans l'alimentation de poulets de chair

DISCUSSION GENERALE

116

CONCLUSION GENERALE

122

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

126

REMERCIEMENTS

**A Monsieur le Professeur Gérard LEDOIGT, Président du Jury,
de l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand**

Mes remerciements les plus respectueux pour avoir accepté la présidence de ce jury.

**A Monsieur le Professeur Gilles BRUNSCHWIG,
de Vetagro Sup, Campus Agronomique de Clermont-Ferrand**

Mes remerciements les plus sincères pour avoir accepté d'être membre de ce jury et de l'intérêt que vous avez porté à ce travail ainsi que de votre disponibilité.

**A Monsieur le Professeur Etienne BENOIT, Directeur de Thèse,
de Vetagro Sup, Campus Vétérinaire de Lyon**

Mes remerciements les plus sincères pour avoir accepté d'être membre de ce jury. Un immense merci pour votre accueil et le soutien sans faille apporté à cette étude.

**A Monsieur le Professeur Charles-Henri MOULIN, rapporteur,
de Montpellier Sup Agro**

Mes remerciements les plus sincères pour avoir accepté d'être rapporteur de ce travail et de me faire profiter d'un regard nouveau et judicieux sur ce travail.

**A Monsieur le Docteur Patrice GRIMAUD, HDR, rapporteur,
CIRAD de Montpellier**

Mes remerciements les plus sincères d'abord pour avoir accepté d'être rapporteur de ce travail et surtout pour votre précieuse coopération scientifique à la validation de ces travaux ainsi que pour votre disponibilité et votre sympathie.

**A Monsieur le Professeur Pierre SANS, rapporteur,
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse**

Mes remerciements les plus sincères pour avoir accepté d'être rapporteur de ce travail et de m'avoir fait profiter de votre analyse et de vos conseils pertinents.

DEDICACES

A feu mon père **IMAR Djibrine Cheik Eli** qui m'a vu commencer cette thèse mais n'a pas assisté à sa finition. Mon cher Papa, merci de ta conviction qu'apprendre n'est pas un luxe, merci de m'avoir soutenu moralement, matériellement et spirituellement durant ce long parcours pour la recherche des connaissances. Qu'ALLAH le récompense et le fasse entrer au Paradis.

A feu ma chère maman **HEOUA Abdel-Rahmane décédée à cinq jours de ma soutenance**, merci pour l'immense soutien que tu m'as apporté dans mes études jusqu'à ce niveau malgré la disparition de mon père. Qu'ALLAH le Tout Puissant la comble de sa riche bénédiction et lui accorde une place au Paradis.

Mes chers parents, merci pour l'amour que vous m'avez donné, pour les valeurs que vous m'avez inculquées, pour la vie de rêve que j'ai eue grâce à Dieu et grâce à vous jusqu'ici. Merci pour votre patience, pour votre générosité.

A ma chère épouse **AM-ABOUWA Djiddoum**, ta patience et tes sacrifices durant mes multiples absences dans le cadre de mes recherches n'ont pas été vains. Merci pour tout. Je t'aime.

A mes enfants **HAWA Soudy Imar, DJIDDOUM Soudy Imar et IMAR Soudy Imar**, je serai maintenant plus disponible pour vous apporter amour et encadrement digne d'un père. Je vous aime.

A mes frères et sœurs: **DJIBRINE Imar, MAHAMAT Imar, ABOUBAKAR Oumar Djibrine, MEY Mahamat Imar, DJIDDA Imar, ALHADJI Gada, ADOUM Colombo, ABDEL-KADER Djidda, MAHAMAT Djidda, ZARA Imar et HADJE Fanné Imar**. Au nom de la fraternité qui nous lie, je crois que vous êtes encore plus contents que moi que cette thèse soit achevée.

REMERCIEMENTS (1)

Je remercie profondément Monsieur **Yannick MEVEL** puis Monsieur **Bernard RUBI** (Attachés de Coopération et d'Action Culturelle) et Madame **Georgette BELLEROSE** puis Madame **Marie-France BILLARD** du Service de Coopération et d'Action Culturelle (**SCAC**) de l'Ambassade de France à N'Djamena (TCHAD) pour m'avoir octroyé une bourse du gouvernement français pour parfaire mes études. Sans cette bourse, rien n'aurait pu être mené à son terme.

Un immense merci à Monsieur le Docteur **MAHAMOUD Youssouf Khayar**, Directeur Général de l'Institut Universitaire des Sciences et Techniques d'Abéché (IUSTA) pour avoir fait diligence afin que cette formation puisse avoir lieu. Il fut à la base de ce travail et il l'a supporté jusqu'à la fin. Qu'ALLAH le Tout Puissant le récompense.

Je transmets ma plus profonde reconnaissance au Centre Français pour l'Accueil et les Echanges Internationaux (**EGIDE - Lyon**) et particulièrement à Madame **Myriam BRUNEL-KONE**, à Madame **Gwenola MAGNAVAL** et à Madame **Martine GIRARD** pour leur appui administratif et financier efficace et leur accueil toujours chaleureux.

Un grand merci également à toute l'équipe du **SNRA** (Système National de Recherche Agronomique – Tchad) pour le financement de mes travaux de terrain.

REMERCIEMENTS (2)

Ce travail a été réalisé au Laboratoire de Nutrition et d’Alimentation de VetAgro Sup, Campus Vétérinaire de Lyon, sous la co-direction de **Monsieur Denis GRANCHER (DMV, Dr Nutr., Maître de Conférences)** et de **Monsieur Etienne BENOIT (DMV, HDR, Professeur)**, UMR INRA/ ENVL. Je souhaite tout d’abord témoigner ma très profonde reconnaissance au Professeur **Denis GRANCHER** de m’avoir accueilli dans son laboratoire et de m’avoir permis de découvrir et de m’initier à des nouvelles méthodes de travail dans un cadre studieux et agréable. J’exprime ma profonde gratitude au Professeur **Etienne BENOIT** d’avoir accepté de co-diriger ce travail. Je remercie très sincèrement le Professeur **Paul DELATOURE** (l’initiateur de cette aventure) pour sa forte contribution scientifique tout au long de ce travail, son encouragement dans les moments difficiles et surtout de l’amitié qu’il m’a témoignée.

Ce travail étant le fruit de nombreuses collaborations, j’exprime mes sincères remerciements à toutes les personnes qui y ont contribué et plus particulièrement à **Monsieur Laurent ALVES de OLIVEIRA** (Maître de Conférences), à **Madame Germaine EGRON** (Maître de Conférences) et à **Madame Christiane LONGIN** (Laboratoire de Biochimie).

Je remercie très amicalement l’ensemble du personnel du Laboratoire de Nutrition et d’Alimentation et en particulier **Madame Monique CARCELEN** (Technicienne de laboratoire) pour son aide précieuse dans la découverte et la prise en main de la Chromatographie Liquide Haute Performance (HPLC) et **Madame Gillian MARTIN et Monsieur Timothy AVISON** (Professeurs d’Anglais) pour leurs contributions à la correction de mes différents articles en langue anglaise.

J’adresse mes remerciements à **Madame Marie-Laure DELIGNETTE** (Professeur de Biomathématiques) pour son assistance en statistiques et au Professeur **Claude JEAN-BLAIN** pour son précieux apport scientifique.

J’exprime ma très profonde gratitude à **Monsieur le Directeur Général de VetAgro Sup, Campus Vétérinaire de Lyon, Monsieur Stéphane MARTINOT** de m’avoir accueilli au sein de son établissement.

Un grand et sincère remerciement à **Madame Catherine BARBET**, responsable du Bureau des Relations Internationales de l’ENVL dont l’efficacité va de pair avec la gentillesse.

Je remercie bien sûr amicalement toute l’équipe de gestion de la maison des hôtes de l’ENVL pour l’accueil confortable qu’elle a bien voulu me réserver au cours de mes différents séjours.

REMERCIEMENTS (3)

J'adresse également mes profonds remerciements au Service de la Scolarité Doctorat (U.F.R. Sciences et Technologies) de l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand II pour m'avoir accepté comme étudiant en thèse. Je remercie particulièrement Madame **PASSEMARD** pour les multiples diligences administratives, sa disponibilité et sa gentillesse sans faille.

A toute l'équipe de l'IUSTA, j'exprime ma profonde gratitude et plus particulièrement à Monsieur **DABOULAYE Djimoudjebaye** (Secrétaire Général), à l'Agent Comptable de l'IUSTA Monsieur **HASSANE IBN Oumar**, au **Dr. ABDEL-SALAM Adoum Doutoum** (Chef du Département Sciences Biomédicales) et au **Dr. MOLELE Fidèle** (Chef du Département Sciences et Techniques de l'Elevage).

Je remercie mes très chers amis **AHMAT Tom** alias **Ntakalak**, **ABAKAR Mahamat Ahmat** et **ISMAIL Mahamat** alias **Waldaba** pour avoir contribué au renforcement constant de ma motivation.

Je tiens à remercier particulièrement le **Dr. MAHAMAT Barka** (Directeur Général de l'Institut Universitaire Polytechnique de Mongo) et les **Pr. FACHO Balaam** et **BRAHIM Boy** pour m'avoir prodigué des multiples et précieux conseils aux premières heures de cette aventure.

Je tiens aussi à exprimer ma gratitude à ceux qui m'ont initié dans la recherche. Je pense notamment au **Pr Carl M. MBOFUNG** (ENSAI-Cameroun) et plus particulièrement au **Dr. NJINTANG Nicolas Yanou** (Université de Ngaoundéré-Cameroun).

Un grand merci à mes amis de France avec qui j'ai passé d'agréables moments: **BECHIR** alias **Djabou**, **SENOUSSI**, **AWAL**, **IBRAHIMA**, **MOUSTAPHA**, **ABAKAR Youssouf**, **DUCLOS Marie-Eve**.

Et enfin à tous mes amis du pays, en particulier: **DJIBRINE Mahamat Ali**, **HAMID Abakar**, **YERIMA Moumoune**, **LAWANE Alka**, **ABDOULAYE Abakar**, **ADOUM Abdoulaye** alias **Kourna**, **OUSMANE Abdoulaye**, **AOUDALKERIM**, **MAHAMAT Borgou**, **MAHAMAT Habib**, **ADOUM Mahamat Adoum**, **ADOUM Choroma**, **MAHAMAT Ali** et **GAMBO Kaïgama**.

Un grand merci à toute la famille **DELATOUR** et à la famille **GRANCHER**, plus particulièrement Madame **Claire DELATOUR** et Madame **Hélène AUBERT-GRANCHER**. Grâce à vous, j'ai pu découvrir la France profonde très riche en culture et je me sentais toujours en famille.

RESUME

Le taro (*Colocasia esculenta* L. SCHOTT) est un tubercule d'une grande importance alimentaire au Tchad pour la consommation humaine et animale. La littérature sur les pratiques culturelles et les technologies traditionnelles post-récolte des variétés tchadiennes demeure presque inexistante. Une enquête a donc été menée dans la région du Mayo-Kebbi (Tchad) où le taro est très cultivé. Il résulte qu'il existe principalement deux variétés de taro au Tchad : la variété « *Gouning souol* » ou variété locale qui est caractérisée par une âcreté importante et un temps de cuisson prolongé (6 à 8 h). Ces propriétés ont entraîné l'abandon de la culture de cette variété au profit de la variété « *Gouning rosso* » qui présente une âcreté moindre et un temps de cuisson plus court (45 à 60 minutes). Une technique traditionnelle pour réduire l'âcreté et diminuer le temps de cuisson consiste à tremper les tranches de taro frais soit dans l'eau, soit dans une solution de trempage de maïs ou soit dans une infusion de tamarin pendant 24 à 48 h selon l'intensité de l'âcreté. Après séchage au soleil, les cossettes sèches sont transformées en farine. Ces produits de transformation servent à la préparation de boules de pâtes, de bouillie, de soupes ou de beignets.

Des analyses ont été effectuées sur une gamme d'échantillon de farine de taro produite conformément à la recette artisanale dans l'optique de comprendre l'effet de cette technologie traditionnelle. Des cossettes fraîches de taro ont été trempées pendant 0, 1 h, 3 h, 6 h, 12 h et 24 h dans de l'eau, ou dans une solution de trempage de maïs ou dans une infusion de tamarin. Chaque échantillon a ensuite été séché au soleil pendant 48 h puis broyé en farine. La matière sèche, les protéines brutes, les cendres, les fibres brutes, les macroéléments minéraux et oligoéléments ont été évalués dans le but de déterminer les effets du trempage traditionnel sur le profil nutritionnel du taro. La digestibilité *in vitro* de l'amidon sous l'action de l' α -amylase et la teneur en oxalates de différentes farines de taro ont été également déterminées. Il ressort de ces analyses que seul le trempage dans une infusion de tamarin a induit une baisse significative ($P < 0,001$) de la teneur en protéines brutes (de 3,26 % pour T0 à 2,68 % pour le traitement au tamarin à T24). L'infusion de tamarin n'a pas modifié la teneur en fibres brutes alors que les autres traitements l'ont assez significativement diminuée ($P < 0,001$). Toutes les méthodes de trempage ont entraîné une diminution significative des teneurs en minéraux, à l'exception d'une augmentation des teneurs en sodium (due à la qualité de l'eau des préparations) et en phosphore (probablement due à l'hydrolyse des phytates du maïs).

Une perte significative en fer a été constatée passant de 144 mg/kg de MS (témoin) à 78 mg/kg de MS (échantillon traité à l'eau pendant 12 h), soit une perte de 45,83 %. La plus faible diminution de taux de fer est observée dans le cas de l'échantillon trempé dans l'infusion de tamarin avec une perte maximale de 31,25 % après 24 h. La teneur en zinc ne varie pas.

Les procédés de trempage entraînent globalement une amélioration de la digestibilité du taro après une simple cuisson (95°C pendant 30 minutes) qui passe de 39,30 % (échantillon témoin non trempé) à 78,67 % pour le taro trempé dans l'eau. Après 3 h de trempage, la farine de taro traitée par la solution de maïs est significativement plus digestible (77,12 %) que les échantillons résultant de deux autres traitements [tamarin (60,86 %), eau (60,45 %)] qui sont statistiquement similaires.

Quel que soit le temps de digestion enzymatique fixé, l'échantillon de taro traité par l'infusion de tamarin et le taro issu du trempage dans la solution de maïs présentent une meilleure digestibilité que le taro trempé dans l'eau. Le trempage pendant une durée supérieure ou égale à 6 h permet d'obtenir une digestibilité élevée de la farine de taro (environ 95 % de digestibilité après 3 h de digestion enzymatique).

La substitution du maïs des rations pour poulets en croissance entre l'âge de un jour et huit semaines par de la farine de taro en proportion équivalente n'entraîne aucune modification significative de la croissance jusqu'à la 5^{ème} semaine. Entre la 5^{ème} et la 8^{ème} semaine de croissance, le taro est légèrement moins performant que le maïs. Mais le coût alimentaire du taro bien inférieur à celui du maïs permet de compenser largement cette différence minime.

Le taro produit au Tchad est relativement pauvre en oxalates totaux (0,11 g/100 g de MS pour l'échantillon témoin). Cependant, la teneur en oxalates n'a pas diminué, quels que soient les traitements et leurs durées. En effet, au bout de 24 h de trempage, la teneur en oxalates totaux est restée statistiquement similaire dans les trois procédés de trempage comparé à l'échantillon témoin (0,14 g/100 g de MS pour l'infusion de tamarin, 0,13 g/100 g de MS pour le traitement à l'infusion de maïs et 0,15 g/100 g de MS pour le taro traité à l'eau) tandis que le principe âcre du tubercule a disparu.

Par conséquent, les procédés traditionnels de trempage, surtout l'infusion de tamarin et le jus de trempage de maïs, tels qu'ils sont pratiqués au Tchad, améliorent nettement la digestibilité de la farine de taro, et permettent de diminuer les temps de cuisson. Ces procédés de trempage font disparaître l'âcreté qui était imputée aux raphides d'oxalate. Le fait que la teneur en oxalates totaux ne soit pas modifiée par les traitements indique qu'il semble peu probable que l'âcreté de ces tubercules soit liée aux oxalates. L'hypothèse de la présence de protéines

« allergisantes » de faible poids moléculaire qui forment une gaine autour des raphides d'oxalates est fort plausible.

Mots clés: Taro (*Colocasia esculenta* L SCHOTT), enquête, trempage, valeur alimentaire, maïs (*Zea mays* L.), tamarin (*Tamarindus indica* L.), digestibilité *in vitro*, âcreté, oxalate.

ABSTRACT

Colocasia esculenta L SCHOTT is a valuable tuber widely consumed in Chad by humans and livestock. There is very little available literature about the cultivation and the post-harvest traditional technologies of the Chadian varieties of taro. A survey was carried out in the Mayo-Kebbi region (Chad) where taro is a widely cultivated. There are two main varieties of taro in Chad: the " Gouning souol " variety, a local variety characterized by an important level of acidity and the prolonged cooking time (6 to 8 hours). The presence of these properties led to the replacement of the cultivation of this variety by the " Gouning sosso " variety which presents a lower level of acidity and a shorter cooking time (45 to 60 minutes). A traditional process to reduce the acidity and decrease the cooking time consists in dipping the slices of fresh taro in the water, or in a corn solution or in a tamarind infusion for a period of 24 to 48 hours according to the intensity of the acidity. After drying in the sun, the dried chips are ground into flour. This flour is then used to prepare mixtures of porridge, soups and cakes.

Analyses were carried out on samples of taro flour produced in accordance with the traditional methods of soaking to determine the effects of this traditional process. Fresh taro chips were dipped over a period of 0, 1, 3, 6, 12 and 24 hours in the water, or in the corn infusion or in the tamarind infusion. Each sample was then dried in the sun for 48 hours and ground into flour. Dry matter, crude protein, ash, crude fiber, minerals and various trace elements were assessed. The *in vitro* digestibility of taro starch using α -amylase enzyme and the amount of total oxalates in the different taro flour were also determined. The soaking in the tamarind infusion induced a significant ($P < 0.001$) decrease in protein content (from 3.26 % for the control sample to 2.68 % for the treatment with the tamarind infusion at T24). The other treatments (corn solution and water) reduced also the protein level of taro but not significantly. The crude fibre content was not affected by the tamarind infusion but decreased significantly in the other treatments at the threshold level of 5 %. All methods of soaking led to a significant decrease of the mineral contents, except for an increase in sodium (due to the quality of the water used to prepare solutions) and in phosphorus (probably due to the hydrolysis of phytates by the corn infusion). A significant loss in trace element (Iron) was observed, decreasing from 144 mg / kg of DM (control sample) to 78 mg / kg of DM (after 12

hours of water soaking) corresponding to a loss of 45.83 %. The lowest decrease in iron level was observed after the treatment by the tamarind infusion (31.25 % after 24 hours).

All the soaking processes were seen to have improved the digestibility of taro flour. By simply cooking (at a temperature of 95°C for 30 minutes), the *in vitro* digestibility increased from 39.30 % for the control sample to 78.67 % for the water treated samples of taro. After three hours of soaking, the taro flour treated by the solution of corn becomes significantly more digestible (77.12 %) than by the two other treatments [tamarind (60.86 %), water (60.45 %)] that are statistically similar. Whatever the duration of the enzymatic digestion, the samples of taro treated with tamarind infusion and those treated with the solution of corn presented a higher digestibility than the taro treated in the water. Soaking for 6 hours or more and preferentially in tamarind infusion or in the corn solution obtains a highly digestible flour (around 95 p.100 of digestibility rate after 3 hours of enzymatic digestion).

The substitution of corn by taro flour in the diet of broilers between one day and eight weeks old did not modify the growth until the 5th week. Between the 5th and the 8th week of growth the taro flour was shown to be slightly less efficient than corn. But the dietary cost of the taro containing diet was much cheaper than the corn containing diet compensated easily for the lower zootechnical efficiency.

The taro produced in Chad is relatively poor in total oxalates (0.11 g / 100 g of DM for the crude tuber of taro). However, the levels of oxalates did not decrease, regardless of the treatments and their durations. Indeed, at the end of 24 hours of soaking, the total oxalates content remained statistically similar in the three processes of soaking compared with the control sample (0.14 g / 100 g of DM for the infusion of tamarind ; 0.13 g / 100 g of DM for the treatment in the corn infusion and 0.15 g / 100 g DM for the taro treated in water) when the acidity of the tuber disappeared.

The traditional process of soaking, mainly in the tamarind infusion and in the corn infusion as they are practiced in Chad, significantly improved the digestibility of the Taro flour and allows the cooking time to be reduced.

After the soaking process, the acidity that was thought to be due to raphids of oxalates disappeared completely after soaking without modifying the levels of total oxalates. The hypothesis of the presence of allergenic low molecular weight proteins sheathing the raphids of oxalates could provide for an interesting avenue of exploration.

Key words: Taro (*Colocasia esculenta* L. Schott), investigation, soaking, nutritive value, corn (*Zea mays* L.), tamarind (*Tamarindus indica* L.), *in vitro* digestibility, acidity, oxalate

Liste des figures

- Figure 1** : Carte du Tchad définissant les principales zones de production du taro
- Figure 2**: Champ de taro (*Colocasia esculenta* L.Schott) au Mayo-Kebbi (Photo SOUDY)
- Figure 3a** : Tubercule de taro (Mayo-Kebbi)
- Figure 3b** : Différentes formes de taro produit au Tchad
- Figure 4**: Grains d'amidon de taro observés au microscope électronique
- Figure 5** : La rhubarbe (Photo SOUDY/ Vetagro Sup Lyon)
- Figure 6** : L'oseille (Photo SOUDY/ Vetagro Sup Lyon)
- Figure 7** : L'épinard (Photo SOUDY/Vetagro Sup Lyon)
- Figure 8** : Le taro (*Colocasia esculenta* L. Schott)
- Figure 9**: Le dieffenbachia (Photo SOUDY/ Vetagro Sup Lyon)
- Figure 10**: Les principaux procédés de transformation et de cuisson des tubercules de taro (NIP, 1997).
- Figure 11** : Carte des localités enquêtées
- Figure 12 a** : Labour en billons du champ de taro
- Figure 12 b** : Schéma montrant les sillons et l'écart entre deux billons dans un champ de taro
- Figure 13** : Les méthodes traditionnelles de transformation des tubercules de taro au Tchad
- Figure 14** : Procédés traditionnels de fabrication des aliments à base du taro
- Figure 15** : Pulpe de tamarin dénudée de sa coque et quelques graines de tamarin du Tchad
- Figure 16** : Cossettes de taro produites au Tchad
- Figure 17** : Schéma de production traditionnelle des farines de taro
- Figure 18** : Influence du trempage sur la teneur en matières azotées totales du taro
- Figure 19** : Evolution de la teneur en fibres brutes du tubercule de taro au cours du trempage
- Figure 20** : Evolution du taux de fer dans la farine de taro au cours du trempage
- Figure 21** : Evolution de la teneur en calcium du taro au cours du trempage
- Figure 22** : Evolution de la teneur en phosphore de taro au cours du trempage
- Figure 23** : Evolution de la teneur en potassium de taro au cours du trempage
- Figure 24** : Evolution de la teneur de Magnésium dans le taro au cours du trempage
- Figure 25** : Evolution de la teneur de Sodium dans le taro au cours du trempage
- Figure 26** : Digestibilité d'amidon de taro après six heures d'incubation
- Figure 27** : Digestibilité d'amidon de taro après neuf heures d'incubation
- Figure 28** : Le taro (*Colocasia esculenta*)

Figure 29 : Tubercules de taro du Mayo-kebbi

Figure 30 : Champ de sorgho (*Sorghum bicolor*) en début de croissance au Mayo-kebi

Figure 31 : Champ de sorgho (*Sorghum bicolor*) à maturité (Mayo-Kébi)

Figure 32 : Jeune plant de manioc (*Manihot esculenta*) du Mayo-Kebbi

Figure 33 : Tubercules de manioc produits au Mayo-Kebbi

Figure 34 : Feuilles de taro exposées au soleil pour le test de cyanure (négatif)

Figure 35 : Exposition au soleil des tiges de taro pour le test de cyanure (négatif)

Figure 36 : Test de de détection cyanure dans les tubercules de taro

Figure 37 : Présence de cyanure dans les tubercules de manioc (exposition au soleil)

Figure 38 : Test de détection du cyanure dans les feuilles de manioc, dans les feuilles de sorgho et dans les tubercules de taro

Figure 39 : Teneur en oxalates totaux du taro après trempage

Figure 40 : Pesée des poulets

Figure 41 : Courbe de croissance des poulets de chair. Ration à base de maïs vs ration à base de taro

Liste des tableaux

Tableau 1 : Surfaces et production de principaux tubercules et racines cultivés dans le monde

Tableau 2 : Productions de racines et tubercules dans le monde (en %).

Tableau 3 : Production et surfaces cultivées du taro dans le monde en 1998

Tableau 4 : Evolution de la production de principaux tubercules au Tchad de 2006/2007 à 2007/2008

Tableau 5 : Acides aminés essentiels du plantain, du manioc, de la patate, du taro et de l'igname comparés avec ceux de la dolique

Tableau 6 : Information nutritionnelle sur le taro (*Colocasia esculenta* L. Schott)

Tableau 7 : Tableau des plantes à oxalates

Tableau 8 : Coordonnées géographiques des zones enquêtées

Tableau 9 : Choix de période de mise en culture par localité (en nombre et en % d'agriculteurs)

Tableau 10 : Début de la période de récolte selon les localités.

Tableau 11 : Préférence des aliments à base de taro (*plusieurs choix possibles*)

Tableau 12 : Pourcentage des paysans qui transforment le taro par localité

Tableau 13 : Teneur en cendres de farines de taro au cours du trempage traditionnel dans la solution d'infusion de tamarin, dans la solution de macération de maïs et dans l'eau (n=3 ; moyenne \pm Ecart type)

Tableau 14 : Comparaison de digestibilité d'amidon à T0 en fonction du temps de trempage

Tableau 15 : Digestibilité de farines de taro après 3 h d'incubation (T3)

Tableau 16 : Digestibilité d'amidon de farine de taro au bout de 12 h d'incubation (T12)

Tableau 17: Valeur nutritive des rations A et B

Tableau 18: Appréciation économique de l'essai sur les volailles

INTRODUCTION GENERALE

Le taro (*Colocasia esculenta* L. SCHOTT) est une plante monocotylédone appartenant à la famille des aracées. Cette plante d'environ deux mètres de hauteur est d'origine asiatique. Originaire de Malaisie, sa culture s'est développée vers la Polynésie d'où lui vient le nom de taro (Purseglove, 1972) et il est cultivé actuellement dans toutes les régions tropicales humides du monde.

Le tubercule de taro est un produit humide (75 % d'eau) qui ne se conserve pas facilement après récolte. Sa forte teneur en glucides (21 % par rapport à la matière fraîche) en fait un aliment énergétique de choix par son amidon. Il est assez pauvre en minéraux, comme les autres tubercules, et il est très pauvre en lipides, en protéines et en vitamines. Le taro contient également des gommes alimentaires dont l'intérêt nutritionnel reste encore à découvrir (Habashi et Radwan, 1997).

Cependant, malgré l'importance alimentaire et socioculturelle du taro, il souffre de nombreux problèmes tels que l'âcreté qui est imputée à sa forte teneur en oxalates totaux. Au Cameroun, le manque de technologie post-récolte et les problèmes liés aux facteurs antinutritionnels voire à la toxicité de ce tubercule, ont entraîné une baisse drastique de la production qui est passée de 1,7 millions de tonnes en 1978 à 0,5 million de tonnes en 1998 (MINAGRI, 1999). Au Tchad, la consommation du taro est en général limitée aux zones de production à cause de problèmes de transport et du manque de technologie de transformation. L'exportation vers les autres régions défavorisées du pays et les pays voisins reste faible. Pourtant, il pourrait constituer un des moyens d'autosuffisance alimentaire dans ces pays.

Dans le cadre de l'acquisition de l'autosuffisance alimentaire du Tchad, le taro se pose en élément essentiel au sein des productions agricoles. Lorsque l'on parle d'autosuffisance, cela signifie, entre autres, que les productions des zones cultivables puissent être traitées, conservées et transportées vers les zones plus défavorisées du pays. Ce processus est basé sur une organisation adaptée aux contraintes et coutumes locales et nécessite une certaine rationalisation des moyens logistiques et des infrastructures de transport. Le taro montre un certain nombre de problèmes qui peuvent entraver sa participation à cette autosuffisance mais il possède des qualités et des usages traditionnels qui méritent d'être étudiés en vue de développements agroindustriels éventuels.

Le principal frein au développement rationalisé du taro réside dans son âcreté. Celle-ci comporte une composante génétique encore peu étudiée : certaines variétés sont beaucoup plus âcres que d'autres. Cette âcreté est classiquement attribuée aux oxalates contenus dans le taro. Cette âcreté et les effets toxiques des oxalates sont assez répandus dans le règne végétal et nous avons senti l'importance de faire une synthèse bibliographique sur les plantes à

oxalates, qu'elles soient comestibles ou non, pour que les techniques traditionnelles de lutte contre cette âcreté puissent éventuellement être transposées à d'autres plantes d'intérêt alimentaire. Mais est-ce vraiment la seule source potentielle de ce désagrément ? La présence d'hétérosides cyanogénétiques a aussi été évoquée sans étude vraiment concluante. La structure de l'amidon et en particulier le rapport amylose / amylopectine a aussi été incriminé dans ce phénomène d'âcreté. Or, des pratiques traditionnelles de trempage avant déshydratation solaire et/ou cuisson ont prouvé leur réelle efficacité envers cette âcreté. Que se passe-t-il au cours des processus de trempage et y a-t-il une ou plusieurs méthodes plus efficaces ? Ces opérations de trempage permettent en définitive d'annihiler les phénomènes d'âcreté et la déshydratation solaire permet d'obtenir une farine saine, stockable et transportable.

Notre propos, dans le cadre du développement de la production de taro et de son implication dans l'acquisition d'une certaine autosuffisance alimentaire du Tchad, est :

- de connaître et définir aussi précisément que possible les différentes méthodes de trempage traditionnel réalisées dans une région de production du sud du Tchad par une enquête de terrain ;
- de reproduire ces méthodes de façon standardisée pour en évaluer l'efficacité comparée sur l'âcreté d'échantillons de taro.
 - o Nous mesurerons l'effet de ces méthodes de trempage sur la composition chimique alimentaire du taro.
 - o Nous envisagerons alors ces effets sur la structure de l'amidon en étudiant la « digestibilité » *in vitro* de la farine de taro.
 - o Nous évaluerons l'influence comparée des méthodes de trempage traditionnel sur la teneur en oxalates totaux.
 - o Nous déterminerons la présence ou l'absence d'hétérosides cyanogénétiques dans différentes parties végétatives de taros cultivés au Tchad.
- de réaliser un essai *in vivo* sur poulets de chair pour démontrer au moins l'équivalence de la farine de taro traité sur la performance zootechnique d'une espèce monogastrique en cours de développement au Tchad.

Etude bibliographique

CHAPITRE I : Importance économique et alimentaire des plantes à tubercules

I- Rang du taro parmi les tubercules dans les productions mondiales

A l'échelle mondiale, la pomme de terre est le tubercule produit en plus grande quantité. Avec la patate douce et le manioc, elle représente plus de 90 % des tubercules produits dans le monde (Tableau 1, AGROPOLIS-MUSEUM, 2000). L'igname, le taro et les autres tubercules ne représentent que moins de 8 % de la production totale, le taro étant le tubercule le moins souvent produit. L'Asie est le premier producteur de tubercules, toutes espèces confondues. L'Afrique est le premier producteur d'igname, de manioc et de taro (Lyonga, 1979) ; l'Europe est en première position pour la pomme de terre (Tableau 2, AGROPOLIS-MUSEUM, 2000). Les exigences climatiques et les traditions régionales permettent d'expliquer les variations observées d'un continent à l'autre.

Le macabo est une plante plus forte que le taro et elle peut dépasser 2 m de haut. Elle possède une tige relativement courte, laquelle porte des feuilles larges sur des pétioles fortes d'un mètre ou plus. Les feuilles, sagittées ou hastées, sont fixées à la base de leur sinus profond et ont entre 50 et 75 cm de long. Les lobes basaux sont triangulaires. Le tubercule qui a une longueur d'environ 15 à 25 cm, est plus large vers l'apex (côté tourné vers le sol).

Le macabo et le taro exigent un climat chaud et relativement humide. Ils préfèrent des températures moyennes supérieures à 21°C et des températures minima ne descendant pas en dessous de 10°C. La photosynthèse est optimale entre 25 et 29°C. Une pluviométrie annuelle d'environ 1500 à 2000 mm est nécessaire pour une bonne croissance. Les différents cultivars du macabo et du taro fleurissent rarement (Caburet *et al.*, 2007). Mais quand la floraison a lieu, elle intervient au moment de la croissance maximale de la plante, soit trois à quatre mois après l'installation, donc au moment de la mise en place de la corne principale (Ivancic et Lebot, 2000). Les tubercules latéraux sont produits par quantités de 10 ou plus. Le cycle de développement complet des aracées est similaire (Ivancic et Lebot, 2000). Il est généralement de 5 à 12 mois pour le taro et le macabo.

La principale contrainte à la production du macabo est la pourriture racinaire causée par le champignon *Pythium myriotylum*. (Onwueme, 1978 ; Purseglove, 1985).

Parmi les tubercules autres que le manioc (*Manihot esculenta* Cranz), l'igname (*Dioscorea spp* L.) et la patate douce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam), le taro (*Colocasia spp.*) et le macabo

(*Xanthosoma spp.*) occupent une surface cultivable dans le monde relativement stable d'environ 1,10 millions d'hectares, représentant ainsi 2,5 % des 46 millions d'hectares de superficie consacrée à la production des tubercules dans le monde (FAO, 1991 ; FAO, 1999). Cependant, 80,3 % des terres allouées à la culture du taro et du macabo sont localisées en Afrique, alors qu'elles ne sont à l'origine que de 59 % de la production mondiale.

Globalement, les tubercules et les racines constituent une véritable source d'énergie dans les pays tropicaux. D'après Ivancic et Lebot (2000), le taro est une culture amylacée ancienne consommée par plus de 400 millions de personnes. Dans le Pacifique, où il fournit entre 15 et 53 % de l'énergie alimentaire (FAO, 1991), le taro occupe une place primordiale : ainsi, il fournit plus de 43 % de l'énergie recommandée pour les consommateurs aux îles Tonga (FAO, 1991). Le taro offre aux Océaniens un aliment de premier ordre (CPS, 1993), riche en vitamines, en sels minéraux et en énergie, et concurrentiel aux légumes importés à grand frais d'Europe. Il constitue également un apport en fibres facilitant le transit intestinal. Consommé régulièrement, comme il l'est généralement dans la plupart des zones rurales des pays océaniques, le tubercule est également une bonne source de calcium et de fer. Cependant, selon ce même rapport de la FAO (1991), les habitants des régions rurales consomment deux fois plus de tubercules et presque dix fois moins de céréales que les habitants des zones urbaines. Ces différences sont liées au coût élevé du transport et à la courte période de conservation spontanée des tubercules frais, rendant ces tubercules plus chers dans les régions urbaines.

Tableau 1 : Surfaces et production de principaux tubercules et racines cultivés dans le monde en 2000

Variétés	Surfaces (en % des surfaces cultivées)	Production (en million de tonnes)	Production relative (en %)
Pomme de terre	37,83	328	46,99
Patate douce	17,29	139	19,89
Manioc	32,32	177	25,32
Igname	7,68	38	5,49
Taro	2,79	9	1,26
Autres	2,09	7	1,05
Total	100	698	100

Source : AGROPOLIS-MUSEUM, 2000.

Tableau 2 : Productions de racines et tubercules dans le monde (en %).

	Pomme de terre	Patate douce	Manioc	Igname	Taro	Total racines et tubercules
Afrique	3,53	7,37	53,56	96,03	74,92	23,56
Amérique du Nord	9,23	0,83	0,64	1,14	0,26	4,79
Amérique du Sud	4,20	0,82	17,06	1,49	0,05	6,63
Asie	36,86	90,49	28,64	0,59	21,71	43,07
Europe	45,66	0,04	0	0	0	21,47
Océanie	0,52	0,43	0,10	0,74	3,06	0,49
Total	100	100	100	100	100	100

Source : AGROPOLIS-MUSEUM, 2000

II- Répartition géographique et production du taro

Colocasia spp. est très probablement originaire du Sud-Est de l'Asie (Indo-Malaisie) vers la partie australe de l'Inde et du Bangladesh. Il se distribue ensuite vers l'Est dans le Sud-Est asiatique, la Chine et le Japon ainsi que dans les îles du Pacifique. Il se dissémine vers l'ouest et il atteint l'Egypte il y a environ 2000 ans ainsi que la partie australe de la Méditerranée avant d'atteindre l'Europe méridionale (Plucknett *et al.*, 1970). A partir du Moyen Orient, il diffuse en Afrique de l'Est et en Afrique de l'Ouest d'où il a été transporté vers les Caraïbes et le continent américain (Wilfred, 1999). C'est avec la traite des esclaves qu'il atteint les Antilles aux XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles (Coursey, 1968).

Ivancic et Lebot (2000) ont montré que le taro a été très tôt répandu dans toutes les régions tropicales, spécialement en Asie et au Pacifique où il représente un aliment d'une grande importance depuis plus de 2000 ans.

Colocasia sp. (colocase, taro, *eddoe*, *dasheen*, *gouning*, *bogolo*, ...) et *Xanthosoma sp.* (chou caraïbe, *macabo*, nouveau *cocoyam*, ...) sont actuellement cultivés dans toute la zone intertropicale humide du monde. Ils sont aujourd'hui l'aliment de base dans de nombreuses îles du Pacifique Sud (îles Tonga, Samoa Occidentales et Papouasie-Nouvelle-Guinée). Le taro est d'une très grande importance économique au Nigéria ainsi que dans les îles Caraïbes, en Indonésie, en Chine et en Egypte (Nip, 1997). Sur le continent africain, la culture du taro est particulièrement bien développée en Afrique occidentale (Nigéria, Ghana, Côte d'Ivoire) et en Afrique centrale (Cameroun, République Centrafricaine et dans une moindre mesure le Tchad). Par ailleurs, la Chine, le Japon, la Polynésie, les îles de l'Océan Indien et les Antilles ainsi que le Moyen-Orient, l'Amérique du Nord et l'Amérique latine en produisent des quantités substantielles (Jane *et al.*, 1992 ; Tagodoe et Nip, 1994).

Environ 6,5 millions de tonnes de taro ont été produites dans le monde en 1998 (FAO, 1999). Une augmentation remarquable de la productivité mondiale a été notée les années suivantes pour arriver à produire 9,2 millions de tonnes en 2001 (FAO, 2002) puis 10,5 millions de tonnes au cours de l'année 2005 (FAOSTAT, 2006). La forte augmentation de la production du taro à l'échelle mondiale de 1999 à 2006 (correspondant à environ 4 millions de tonnes) semble liée à la forte amélioration des rendements par hectare.

D'après Bell *et al.* (2000), la majeure partie des surfaces cultivées sont sur le continent africain (Nigéria, Ghana, Côte d'Ivoire) puis en Asie, essentiellement Chine et Japon, ce

dernier produisant environ 4 % du total (tableau 3). Parmi les pays africains, le Nigéria est le plus grand producteur mondial avec plus de 4 millions de tonnes (44% de la production mondiale) puis le Ghana (1,5 millions de tonnes), la Côte d’Ivoire (plus de 350 000 tonnes), Madagascar (avec plus de 150 000 tonnes) et la République centrafricaine (100 000 tonnes). En Egypte, où le taro a été cultivé pour la première fois en Afrique, la production actuelle est d’environ 140 000 tonnes.

Le continent asiatique produit environ l’équivalent de la moitié de la quantité de taro produite en Afrique, alors que l’Océanie en produit le dixième (Onwueme, 1999). Parmi les pays asiatiques, on note que le Japon, la Chine, les Philippines et la Thaïlande représentent les plus grands producteurs du taro. En Océanie, la production de taro est dominée par les pays tels que la Papouasie Nouvelle Guinée, les îles Samoa, Salomon, Tonga et Fidji (tableau 3).

Au Tchad, trois régions (Mayo-Kebbi, Moyen-Chari et Tandjilé) situées dans la partie méridionale du pays constituent les principales zones de culture du taro (figure 1). Il s’agit de la partie tropicale humide du pays favorable à la culture de ce tubercule, la partie septentrionale du Tchad étant essentiellement désertique. Le tableau 4 donne la production agricole des différents tubercules cultivés au Tchad pour les campagnes 2006/2007 et 2007/2008. La production du taro a nettement augmenté ces dernières années. Cette production passe de 8 500 tonnes au courant de l’année 2006/2007 à 25 500 tonnes durant la campagne 2007/2008. Cette augmentation de la production du taro au Tchad s’explique en partie par les subventions accordées aux agriculteurs pour pallier la crise alimentaire qui sévit en Afrique ces dernières années où les céréales deviennent de plus en plus chères.

Tableau 3 : Production et surfaces cultivées du taro dans le monde en 1998

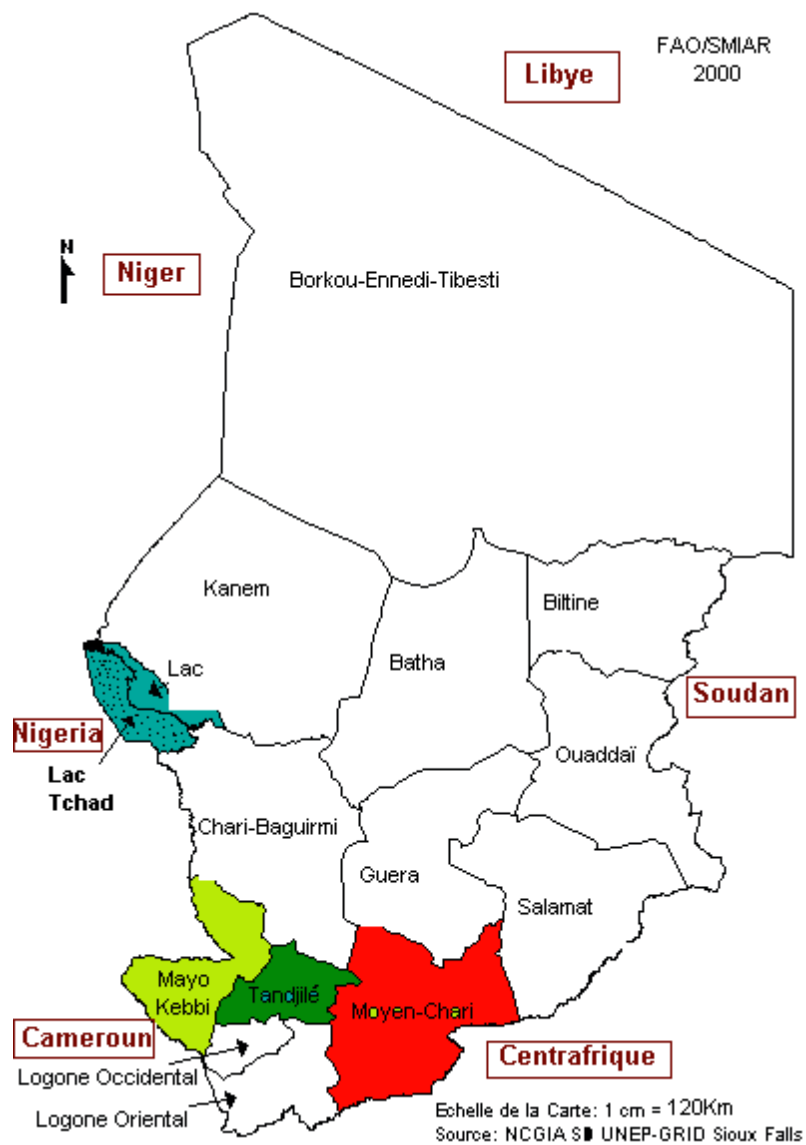
	Production (1000 tonnes)	Rendement (t/ha)	Surface cultivée (1000 ha)
Monde	6555	6,2	1066
Afrique	4452	5,1	876
Asie	1819	12,6	144
Chine	1387	16,8	82
Japon	255	11,6	22
Philippines	118	3,4	35
Thaïland	54	11,0	5
Océanie	284	6,2	46
Papouasie Nouvelle Guinée	160	5,2	31
Iles Samoa	37	6,2	6
Iles Salomon	28	21,9	1
Tonga	27	6,4	4
Fidji	21	14,7	1

Source : base des données de la FAO (1999)

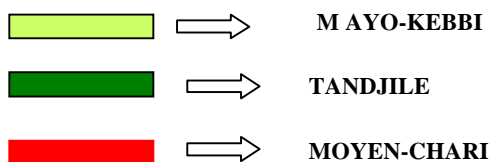
Tableau 4 : Evolution de la production de principaux tubercules au Tchad de 2006/2007 à 2007/2008

Année	Manioc (t) (<i>Manihot esculenta</i> Cranz)	Patate douce (t) (<i>Ipomoea batatas</i> L.Lam)	Taro (t) (<i>Colocasia esculenta</i> L. Schott)
2006/2007	249564	57658	8500
2007/2008	161187	43342	25500

Source : Division de la statistique Agricole du Ministère de l'Agriculture du Tchad (2009)



Principales zones de production du taro au Tchad :



Source : Division de la statistique agricole (Ministère de l'Agriculture du Tchad, 2009)

Figure 1: Carte du Tchad définissant les principales zones de production du taro

CHAPITRE II : Etude botanique et culturelle du taro

I.- Etude botanique

I.1- Botanique

Le taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) est une plante herbacée et pérenne de la famille des aracées, à grandes feuilles atteignant presque la taille d'un homme, avec des rhizomes tuberculeux. Ce sont surtout les tubercules riches en amidon dont la taille, la forme et le goût varient énormément, qui sont consommés (AREU, 2003). La grande famille polymorphe des aracées (2500 à 3000 espèces) est composée essentiellement d'herbacées pérennes qui se distinguent par des caractères morphologiques particuliers (Frohne *et al.*, 2009). Les feuilles présentent en général une nervation réticulée et les fleurs peu apparentes sont réunies en spadices, plus ou moins entourées par une bractée protectrice (spathe). C'est aussi pour la beauté de leurs feuillages décoratifs et leurs fleurs attrayantes que les aracées (*Colocasia*, *Anthurium* etc) sont utilisées comme plantes ornementales. La plupart des aroïdées comestibles sont des plantes monocotylédones et se composent de deux tribus et cinq genres : les Lasioïdeae (*Cyrtosperma* et *Amorphophallus*) et les Colocasiodeae (*Alocasia*, *Colocasia* et *Xanthosoma*). *Colocasia spp.*, communément appelé taro, *kolokasia*, *dasheen*, *eddoe* ou vieux *cocoyam* et *Xanthosoma spp.*, connu sous le nom de *tannia*, *yautia*, *malaga*, *macabo* ou nouveau *cocoyam*, sont les plus importants aliments parmi les cinq genres cités ci-dessus. La principale caractéristique de distinction de ces deux espèces est la morphologie de leurs feuilles. Les plantes du genre *Colocasia* sont herbacées avec des feuilles plus larges et une ou plusieurs racines ou bulbes. Les pétioles font de 40 à 80 cm de long, ils sont de couleur jaune ou violet et portent de jolies feuilles sagittées de 30 à 60 cm de long (Kay, 1973) ; elles poussent généralement entre 0,4 et 2 mètres de hauteur.

Par ailleurs, Engler et Krause (1920) cités par Matthews (1990) ont décrit un certain nombre d'espèces du genre *Colocasia*. Il s'agit de : *Colocasia fallax* Schott, *Colocasia affinis* Schott, *Colocasia indica* (Lour.) Schott (Synonyme avec *Colocasia gigantea* Hook.), *Colocasia antiquorum* Schott, *Colocasia esculenta* (L.) Schott, *Colocasia gracilis* Engl, *Colocasia manii* Hook et *Colocasia virosa* Kunth. Parmi ces espèces, *Colocasia fallax* et *Colocasia affinis* sont très peu cultivés et sont utilisés comme légumes dans la région de Yunnan au Sud de la Chine où elles poussent dans la vallée de la forêt dense (Matthews, 1990). De même, *Colocasia gracilis*, *Colocasia manii* et *Colocasia virosa* sont très peu connus. En revanche, parmi ces espèces minoritaires, *Colocasia gigantea* est le plus largement répandue dans le Sud-Est

asiatique où ses feuilles sont principalement utilisées comme légumes dans les préparations culinaires (Matthews, 1990).

Le taro généralement cultivé appartient à l'espèce *Colocasia esculenta*. Deux variétés botaniques ont été identifiées (Purseglove, 1972 ; Ivancic et Lebot, 2000) :

- *Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *esculenta*;
- *Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *antiquorum* (Schott) Hubbard et Rehder qui est synonyme de *Colocasia esculenta* var. *globulifera* Engler et Krause.

Ivancic et Lebot (2000) ont expliqué le faible nombre de variétés de taro au Pacifique et en Afrique par le fait qu'elles représentent des espèces introduites. Les travaux de Coates *et al.* (1988) ont montré que tous les taros cultivés en Australie et en Nouvelle Guinée sont diploïdes, c'est-à-dire appartiennent à l'espèce *Colocasia esculenta* variété *esculenta* connue sous le nom de « *dasheen* ».

Colocasia esculenta variété *esculenta* est caractérisé par un bulbe central volumineux entouré de quelques petits tubercules. Il est en général connu sous le nom agronomique du type *dasheen* du taro. En revanche, *Colocasia esculenta* variété *antiquorum* présente un petit bulbe central avec plusieurs autres tubercules relativement larges autour du bulbe central. Cette variété est connue sous l'appellation agronomique de *eddoe*. La plupart des taros cultivés en Asie sont du type *dasheen* (Onwueme, 1999).

Plusieurs travaux antérieurs basés sur des études morphologique et cytologique (Yen et Wheeler, 1968 ; Kurvilla et Singh, 1981 ; Tanimoto et Matsumoto, 1986 ; Coates *et al.*, 1988 ; Matthews, 1990) ont également montré une diversité génétique significative entre la variété *esculenta* et la variété *antiquorum* du taro : la variété *esculenta* est diploïde ($2n = 28$ chromosomes) alors que la variété *antiquorum* est triploïde ($3n = 42$ chromosomes). Cependant, cette classification est encore controversée car il n'a pas été démontré que tous les diploïdes appartenaient à la variété *esculenta* « *dasheen* » et tous les triploïdes à la variété *antiquorum* « *eddoe* ».

Le taro est donc une plante des régions subtropicales cultivée pour sa racine épaissie en gros tubercule farineux, à la chair de couleur crème à rose, de texture sèche et de goût proche de celui de la patate douce (Wagner *et al.*, 1999). C'est une plante herbacée, vivace par son rhizome tubéreux formant un tubercule d'aspect écailleux, à peau épaisse, résultant de l'épaississement souterrain de ce rhizome. Les feuilles à long pétiole, longues de 60 à 70 cm, peltées, à limbe cordiforme ou sagitté, sont assez décoratives. L'inflorescence cylindrique enveloppée d'une longue spathe est le spadice caractéristique des aracées. Les fruits sont de petites baies uniloculaires de couleur violette. Le terme désigne aussi le tubercule lui-même,

communément appelé colocase ou taro. « Taro » est un mot emprunté au tahitien ; à la Réunion, cette plante est connue sous le nom de « *songe* » ; au Tchad, la plante ou les tubercules de taro sont désignés sous la même appellation de « *bogolo* » (figures 2 et 3) (Soudy, 2001). A l'île Maurice, le taro est communément connu sous le nom de « *arouille* » (AREU, 2003), et on y distingue l'arouille "*carri*", de couleur brun-jaunâtre (*Colocasia esculenta* var. *antiquorum*) de l'arouille "*violette*" (*Colocasia esculenta* var. *esculenta*).



Figure 2 : Champ de taro (*Colocasia esculenta* L.Schott) au Mayo-Kebbi (Photo SOUDY)



Figure 3a : Tubercule de taro (Mayo-Kebbi)



Figure 3b : Différentes formes de taro produit au Tchad

I.2- Pratiques culturelles du taro

Le taro est une plante qui pousse dans les zones humides des tropiques et souvent le long des ruisseaux ou au bord des mares. On peut également le cultiver en pot comme plante ornementale ou en pleine terre comme n'importe quelle plante, dans un substrat riche et retenant l'humidité. La plante supporte la mi-ombre comme le plein soleil à condition de ne pas manquer d'eau (Kay, 1973). Onwueme (1999) a rapporté que *Colocasia* et *Xanthosoma* supportent l'ombre et c'est pourquoi on les fait souvent pousser sous des plantations permanentes comme des plantations de bananiers, de cocotiers, d'agrumes, de palmiers à huile ou de cacaoyers. La multiplication du taro se fait par division du tubercule, en conservant un œil par fragment. Le tubercule une fois déterré se conserve assez mal.

La culture du taro est favorisée par des conditions climatiques chaudes et humides (AREU, 2003) avec une température moyenne au dessus de 21°C et une pluviosité comprise entre 1500 et 2000 mm. Le taro préfère un sol léger, meuble, profond et riche en humus et en matières minérales. Un ensoleillement élevé est important afin de favoriser la formation de l'amidon. Lors des opérations culturales, le sol doit être labouré à une profondeur de 20 à 30 cm et des fossés (20 cm x 20 cm) creusés en alternance afin de retenir l'eau conservant ainsi l'humidité.

Les bourgeons de *Colocasia esculenta* var. *antiquorum* sont enfouis à une distance de 40 cm les uns des autres dans toutes les directions pour que l'appareil végétatif puisse s'épanouir correctement. Pour *Colocasia esculenta* var. *esculenta*, l'intervalle passe à 50 cm (AREU, 2003). Les tubercules se multiplient par voie végétative à partir des bourgeons latéraux formés au bas de la tige, plus ou moins pourvus en radicelles, ou par des bourgeons terminaux de la partie supérieure du tubercule. Ces bourgeons doivent mesurer au moins 10 à 15 cm de long. Ils peuvent l'être également à partir de tubercules entiers pesant au moins 150 g.

Le taro répond favorablement à tout apport de fumier et d'engrais. Il est alors nécessaire de faire un buttage après chaque apport de fumure complémentaire, suivi d'un désherbage afin de bien entretenir le champ.

Les meilleurs rendements sont obtenus en culture irriguée. En règle générale, les agriculteurs pratiquent une irrigation « naturelle » en saison humide par capture de l'eau (FAO, 2002), que ce soit en sillons (Cameroun, Tchad, Hawaï) ou en trous circulaires, comme à Madagascar où les champs de taro sont reconnaissables de loin, grâce à ces trous pratiqués autour de chaque pied pour favoriser le développement du tubercule.

I.3- Principales maladies du taro

Bien que le taro soit peu sujet à l'attaque des ravageurs, des parasites comme les pucerons, les chenilles et les cochenilles peuvent causer des dégâts importants (AREU, 2003). Cependant, on obtient un contrôle efficace de ces ravageurs dans les pays les plus productifs en ayant recours à des pulvérisations d'insecticides.

* Le mildiou (*Phytophthora colocasiae* Racib).

Le mildiou est la maladie la plus grave qui affecte le taro. Les premiers symptômes de l'infection se caractérisent par l'apparition de taches circulaires noires sur les feuilles et les pétioles causées par un champignon appelé *Phytophthora colocasiae* Racib. Il détruit les différentes parties de la feuille responsable de la photosynthèse réduisant ainsi son activité (Cox and Kasimani, 1990a, 1990b). Les plus jeunes feuilles sur la plante adulte ne sont pas affectées par la maladie. Il s'agit d'une maladie qui se développe rapidement et qui peut provoquer la mort prématurée des feuilles. Le mildiou apparaît habituellement pendant la saison pluvieuse avec une humidité relative élevée quand les températures nocturnes sont relativement faibles (20 – 24 °C) et les températures journalières se situant entre 25 et 28 °C. Dans ces conditions, la maladie se répand très rapidement et en moins d'une semaine toutes les plantes du champ peuvent être lourdement affectées. L'espace entre les plantes du taro constitue également un autre facteur pouvant influencer la propagation de la maladie. Elle se répand rapidement dans les parcelles densément plantées (Ivancic et Lebot, 2000). La maladie est présente en Afrique, au Sud-Est Asiatique et dans plusieurs pays du Pacifique tels que les îles Hawaï, les îles Solomon, en Papousie Nouvelle Guinée etc (Trujillo 1967 ; Gollifer *et al.*, 1980 ; Jackson, 1980 ; Thankappan, 1985 ; Rao, 1996).

On peut, cependant, éviter l'incidence de la maladie :

- soit en cultivant le taro pendant la période sèche (juste avant la saison pluvieuse) ou dans des régions à basse altitude où les conditions chaudes et sèches sont défavorables au développement du mildiou.
- soit, à l'apparition des symptômes de la maladie, en enlevant et détruisant les feuilles infestées pour éviter la propagation de l'agent. Si nécessaire et selon l'incidence de la maladie, on peut pulvériser un fongicide tel que le Melody DuoND à raison de 6 g / litre d'eau avec l'adjuvant BacoilND qui assure une bonne adhérence à raison de 35 mL /L d'eau.

* La pourriture molle du rhizome (*Phytophthora spp.*)

La pourriture molle est une maladie causée par un champignon appelé *Phytophthora spp.* qui s'attaque au rhizome du taro. Elle peut entraîner des chutes importantes de production, surtout dans les terrains humides et mal drainés. Pour lutter contre cette maladie, on a recours au traitement des boutures avant la plantation. En effet, avant la mise en place, dans le but de protéger les semenceaux contre la maladie de pourriture molle (*Phytophthora spp.*) et d'autres maladies fongiques, il est recommandé de traiter les semences comme suit :

- En les séchant pendant 24 h au soleil ;
 - En les enrobant avec de la cendre ;
 - En les trempant dans une solution insecticide-fongicide puis en séchant 24 h avant de semer.
- Les semenceaux peuvent être immergés, pendant 2 à 3 minutes dans une suspension d'Aliette à 3 g/L d'eau ou dans un mélange de Ridomil Gold MZ 68 (2 g/L) et de Benlate 50% (1 g/L d'eau). Laisser sécher à l'air avant de planter.

Les tubercules de taro sont prêts à être récoltés au stade de la maturité complète, lorsque les feuilles les plus âgées commencent à dessécher c'est-à-dire 6 à 9 mois après la plantation (AREU, 2003 ; Soudy *et al.*, 2008).

CHAPITRE III: Valeur nutritionnelle du taro

I– Principaux constituants

I-1 Glucides

Le taro est un tubercule humide avec environ 75 % d'humidité (Tableau 5). La matière sèche du taro est composée principalement de 60 à 90 % de glucides. L'amidon représente 73 à 80 % avec une teneur en amylose variant entre 19 et 24% (Jane *et al.*, 1992) et 30,62 % (Elvina *et al.*, 2005). Il est ainsi plus riche en amylose que le manioc (16,89 %) ou le maïs (22,4 %) (Liu *and al.*, 1997). La température de gélatinisation de l'amidon du taro varie entre 69 et 72°C (Njintang, 2003). Les pâtes de l'amidon de taro issues de divers cultivars présentent toutes des gels faibles. Grâce à sa teneur élevée en glucides, le taro constitue donc une source économique d'énergie alimentaire dans les pays producteurs. Mais, l'énergie qu'il apporte est faible comparée à celle fournie par un poids équivalent de céréale du fait de la proportion d'eau élevée dans les tubercules. Outre l'amidon et les sucres, le taro contient aussi quelques polysaccharides comme les pectines, les hémicelluloses ainsi que les protéines structurales et des lignines associées appelées collectivement fibres alimentaires.

I-2 - Les fibres alimentaires

Le taro est très faiblement pourvu en fibres alimentaires (entre 2,5 et 4 % du tubercule brut). Les fibres alimentaires ou « lest » constituent les parties comestibles d'une plante qui ne peuvent être digérées ou absorbées dans l'intestin grêle des monogastriques et parviennent intactes dans le gros intestin. Il s'agit des polysaccharides autres que l'amidon (la cellulose, l'hémicellulose, les gommes, les pectines etc...), des oligosaccharides (l'inuline), de la lignine (polyphénol) et des substances végétales associées (les cires, la subérine).

Certains résultats épidémiologiques laissent penser, qu'une consommation accrue de fibres alimentaires peut réduire l'incidence de certaines maladies comme le diabète, les cardiopathies, le cancer du côlon et divers autres troubles digestifs (Nip *et al.*, 1989). Ces fibres agissent comme tamis moléculaire retenant les substances cancérigènes qui autrement seraient remises en circulation dans l'organisme ; elles absorbent aussi l'eau produisant des selles molles et volumineuses (Collins et Walter, 1982)

Les fibres alimentaires, particulièrement les fibres insolubles, contribuent à prévenir la constipation en augmentant le poids des selles et en réduisant la durée du transit intestinal.

Les fibres solubles ralentiraient la digestion et l'absorption des hydrates de carbone et réduiraient donc l'augmentation de la glycémie consécutive à un repas, ainsi que la sécrétion d'insuline. Cette action peut aider les diabétiques à améliorer le contrôle de leur glycémie.

I-3- Protéines

Le taux de protéines dans le taro est faible (1,0 - 4,5 % de la matière sèche). Ce taux décroît progressivement après six mois de croissance (Bradbury et Holloway, 1988). Cependant, Martin et Splittstoesser (1975) ont montré que la teneur en protéines de certains cultivars des régions montagneuses de Puerto Rico s'élève à 11,7 % de la matière sèche. Les acides aminés limitants dans le taro sont la lysine, la leucine, la thréonine, le tryptophane, l'isoleucine, la méthionine et la cystéine (Splittstoesser, 1977 ; Bradbury et Holloway, 1988). Néanmoins, les acides aminés indispensables tels que la valine et le phénylalanine sont les plus abondants comparés aux autres acides aminés du tubercule avec respectivement 291 et 300 mg N/g. Le tableau 5 précise les teneurs comparées en acides aminés de plusieurs fruits ou tubercules des régions intertropicales.

Afin de maximiser son apport protéique dans l'alimentation, le taro devrait être complété par d'autres aliments comme le soja, le haricot ou l'arachide.

I-4 Lipides

Les tubercules de taro présentent une très faible teneur en lipides (0,23 à 0,52 % par rapport à la matière sèche). Il s'agit principalement de lipides structuraux de la membrane cellulaire, pauvres en acides gras saturés, qui renforcent l'intégrité cellulaire et conduisent à réduire le brunissement enzymatique (Mondy et Mueller, 1977).

I- 5- Minéraux

Le potassium est la principale substance minérale du taro avec une teneur comprise entre 1 et 2 % de la matière sèche (Bradbury et Holloway, 1988 ; Nip *et al.*, 1989). La teneur en magnésium varie entre 20 et 115 mg par 100 g de matière fraîche soit, pour une teneur en matière sèche de 25 %, entre 0,080 et 0,460 % de la matière sèche. La teneur en calcium est de 0,1 % à 0,4 % de la matière sèche. Le sodium est très peu abondant (0-0,3% de la matière sèche), raison pour laquelle le taro est particulièrement utile dans l'alimentation des hypertendus qui doivent limiter leur consommation en sel (Meneely et Battarblee, 1976).

Dans de tels cas, le rapport élevé du potassium au sodium peut être un avantage supplémentaire. Toutefois, les aliments riches en Potassium sont généralement absents du régime des personnes souffrant d'insuffisance rénale (Mc.Cay *et al.*, 1975). Le taro peut couvrir une partie substantielle des besoins en phosphore et en calcium, mais la présence d'oxalate gênerait leur assimilation.

I-6- Vitamines

Du fait de sa très faible teneur en lipides, le tubercule de taro ne constitue pas une source de vitamines liposolubles (vitamines A, D et E).

L'acide nicotinique est la vitamine hydrosoluble la plus abondante dans le taro avec une teneur comprise entre 0,44 et 1,0 mg/100 g de matière fraîche (Wenkam, 1983 ; Bradbury et Holloway, 1988). La teneur en vitamine C varie entre 0 et 1,5 mg/100 g de matière fraîche. Mais ces teneurs chutent fortement durant la cuisson dans l'eau (McCay *et al.*, 1975).

Les feuilles de taro sont bien plus intéressantes sur le plan vitaminique avec une teneur en vitamine C qui varie entre 37 - 140 mg/100 g de feuille fraîche tandis que les substances pro vitaminiques A (carotènes et caroténoïdes) varient de 0,5 à 7,3 mg/100 g par rapport à la matière fraîche (CPS, 1993).

Le tableau 6 donne les informations sur la composition chimique des différentes parties du taro, tubercule, feuille et pétiole en précisant également leurs teneurs en vitamines.

Tableau 5 : Acides aminés essentiels du plantain, du manioc, de la patate, du taro et de l'igname comparés avec ceux de la dolique

Amino acides (mg N/g)	Plantain	Manioc	Patate	Taro	Igname	Dolique
Lysine	193	259	214	241	256	427
Thréonine	141	165	236	257	225	225
Tyrosine	89	100	146	226	210	163
Phénylalanine	134	156	241	316	300	323
Valine	167	209	283	382	291	283
Tryptophane	89	72	-	88	80	68
Isoleucine	116	175	230	219	234	239
Méthionine	48	83	106	84	100	73
Cystéine	65	90	69	163	72	68
Total acides aminés soufrés	113	173	175	247	172	141
Total acides aminés essentiels	1 042	1 309	-	1 976	1 768	1 869

Source: FAO, 1991

Tableau 6: Information nutritionnelle sur le taro (*Colocasia esculenta* L. Schott)

Composés	Par 100 grammes de partie comestible		
	Tubercules	Feuilles	Pétioles
Partie comestible (%)	81	55	84
Energie (cal.)	85	69	19
Humidité (%)	77,5	79,6	93,8
Protéines (g)	2,5	4,4	0,2
Lipides (g)	0,2	1,8	0,2
Glucides (g)	19	12,2	4,6
Fibres (g)	0,4	3,4	0,6
Calcium (mg)	32	268	57
Phosphore (mg)	64	78	23
Sodium (mg)	7	11	5
Potassium (mg)	514	1237	367
Fer (mg)	0,8	4,3	1,4
Vitamine A (IU)	Trace	20385	335
Thiamine (mg)	0,18	0,10	0,01
Riboflavine (mg)	0,04	0,33	0,02
Niacine (mg)	0,9	2,0	0,2
Acide Ascorbique (Vit C) mg	10	142	8

Source : CHAY-PROVE et GOEBEL., 2004.

II- Digestibilité

La digestibilité se définit comme étant la capacité pour un aliment d'être assimilé par voie digestive. La digestibilité apparente est une mesure du bilan global de l'ensemble des phénomènes qui aboutissent à l'absorption intestinale des éléments du bol alimentaire. Elle mesure indirectement la quantité des nutriments supposés absorbés par la muqueuse intestinale en dosant les éléments contenus dans le rejet fécal (Adrian *et al.*, 1995).

Les propriétés physiques des grains d'amidon (figure 4) influent sur la digestibilité et l'aptitude des plantes alimentaires (tubercules, céréales) à être transformées. Les grains d'amidon de certaines variétés de taro sont très petits (10 à 20 μm), représentant un dixième environ de ceux de la pomme de terre (100 à 200 μm). Ce facteur améliore leur digestibilité et confère à ces variétés de plus grandes possibilités d'utilisation directe (en alimentation) ou indirecte (après transformation). Les procédés tels que la cuisson, le trempage et la fermentation contribuent à améliorer la digestibilité de l'amidon contenu dans les aliments.

La cuisson du tubercule de taro dans sa peau améliore la digestibilité du « *achu* » (Njintang, 2003).

La technologie de cuisson suivie d'un séchage provoque des modifications dans la structure de l'amidon de taro (N'Guessan *et al.*, 1997). Ainsi les farines obtenues après cuisson des tubercules à l'eau bouillante pendant 26 minutes présentent une cinétique de dégradation à l' α -amylase huit fois plus élevée que les produits crus.

Elkhalifa *et al.* (2004) ont montré que la fermentation améliore très significativement la digestibilité *in vitro* des grains d'amidon du sorgho.

Déjà très digeste grâce à la petite taille de ses grains d'amidon (figure 4), les éventuels traitements pré cuisson améliorent encore la digestibilité du taro.

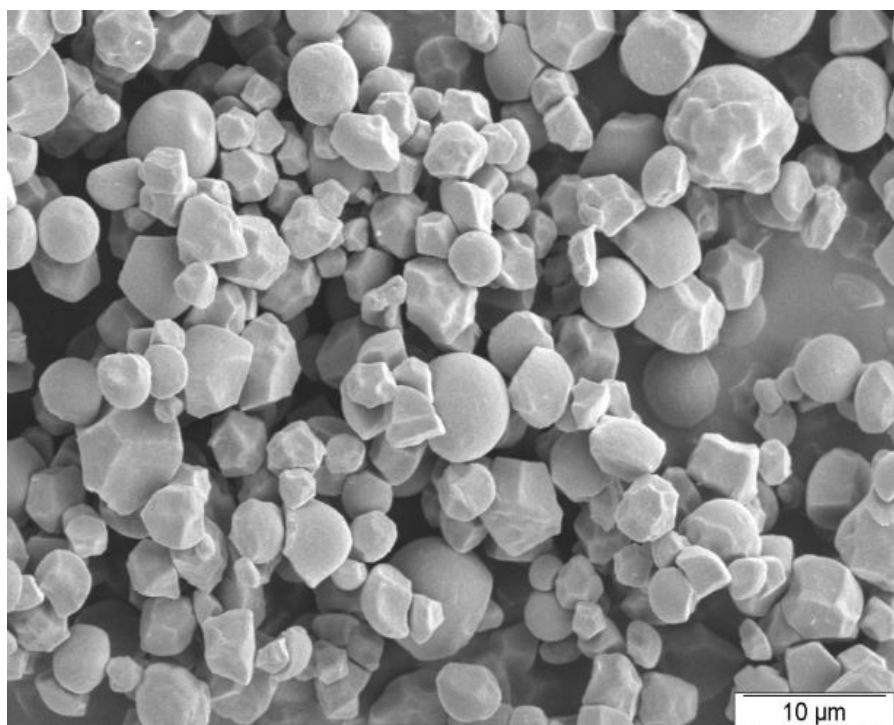


Figure 4: Grains d'amidon de taro observés au microscope électronique
(d'après Tattiyakul et *al.*, 2006)

III- Quelques substances antinutritionnelles

Le taro contient des facteurs antinutritionnels notamment des oxalates en quantité significative, de 2,05 à 4,21 % (Nip *et al.*, 1989). Ces oxalates, lorsqu'ils sont dissociés, peuvent se complexer à des cations bivalents tels que le calcium et les rendre inassimilables (Agwunobi *et al.*, 2002).

La présence d'inhibiteurs de trypsine thermolabiles a été signalée aussi bien dans le taro que dans le macabo (Nout, 1991).

Philippy *et al.* (2003) ont montré que le taro (*Colocasia esculenta*) et le manioc (*Manihot esculenta*) contiennent de fortes teneurs en phytates avec respectivement 0,169 et 0,133 % par rapport au poids frais, soit 5 fois plus que dans la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) (0,035 à 0,073 %), tandis que rien n'a été détecté dans la patate douce (*Ipomoea batatas*).

CHAPITRE IV: Les plantes à oxalates

I- Généralités

Le tubercule de taro contient une grande quantité d'oxalate de calcium qui est incriminé dans son âcreté, voire sa toxicité. Une grande quantité de plantes contient de l'acide oxalique ou ses sels. Cet acide ou ses sels sont réputés irritants pour les muqueuses et les épithéliums, chez l'homme comme chez l'animal. Il est intéressant d'envisager de recenser toutes les plantes connues renfermant des oxalates pour pouvoir replacer le taro parmi elles et éventuellement appliquer des traitements de « détoxification » issus des pratiques traditionnelles appliquées aux plantes les plus intéressantes sur le plan alimentaire. En effet, certaines plantes alimentaires telles que l'oseille (*Rumex spp.*), la rhubarbe (*Rheum spp.*), l'épinard (*Spinacea oleracea*) ou le taro (*Colocasia esculenta*) contiennent souvent une teneur élevée en oxalates, pouvant atteindre 12 à 14 g/kg de produit frais pour la rhubarbe et 2 à 7 g/kg de produit frais pour l'oseille (Jean-Blain et Grisvard, 1973). Par ailleurs, des plantes ornementales très largement répandues comme les dieffenbachias (*Dieffenbachia spp.*) (figure 9) et les philodendrons (*Philodendron spp.*) sont toxiques pour les carnivores domestiques tels que les chats (Bruneton, 2005) et les enfants en bas âge qui peuvent en consommer par inadvertance.

Nous ne proposons que quelques monographies qui concernent les plantes alimentaires les plus fréquemment consommées ainsi que les deux plantes ornementales les plus souvent incriminées dans les intoxications par les oxalates.

II- Les plantes comestibles riches en oxalates

II.1- La rhubarbe

La rhubarbe (*Rheum spp.*) (figure 5) est une plante herbacée vivace de 30 à 100 cm de hauteur appartenant à la famille des polygonacées. C'est une plante vigoureuse des régions tempérées, aux rosettes de grandes feuilles pétiolées, gaufrées, grossièrement triangulaires. Les feuilles naissent de courts rhizomes (racines) et sont toxiques. Les parties aériennes de la plante disparaissent totalement pendant l'hiver. Le pétiole (partie de la plante consommée), de couleur vert rougeâtre, arrondi et canaliculaire, mesure jusqu'à 50 cm de longueur pour 3 à 7 cm de largeur et d'épaisseur. Les rhubarbes cultivées appartiennent aux espèces *Rheum Rhaponticum*, *Rheum Rhabarbarum* et à leurs hybrides. Elles préfèrent les sols profonds et

frais, avec une fumure organique et une exposition ensoleillée. La récolte se fait dès la deuxième année, de fin avril à juin, et il est recommandé de ne pas prélever plus de deux-tiers de pétioles d'une même plante. La rhubarbe peut être exploitée durant cinq à dix ans. Ce sont les pétioles des feuilles uniquement qui peuvent être consommés crus, cuits, salés ou sucrés.

II-2 L'oseille

L'oseille (figure 6) est une plante herbacée de 20 à 100 cm de hauteur appartenant à la famille des polygonacées. Elle présente une inflorescence paniculée et ses feuilles sont le plus souvent unisexuées. Elle est, en général, plantée dans les prairies et les champs des collines et jusque dans la zone préalpine. La floraison de l'oseille se fait du mois de mai à août.

En général, les oseilles sont des herbacées riches en acide oxalique, notamment *Rumex acetosa* L., la grande oseille ou oseille sauvage, et la petite oseille (*Rumex acetosella* L.), à partir desquelles on extrayait autrefois de l'oxalate de potassium (Frohne *et al.*, 2009).

II-3 L'épinard

L'épinard (*Spinacea oleracea* L.) (figure 7) est une plante potagère, annuelle ou bisannuelle, de la famille des chénopodiacées. Elle est cultivée pour ses feuilles d'un vert foncé, lisses qui sont utilisées en cuisine, crues ou cuites. Légume à feuilles allongées, l'épinard est une plante à croissance rapide possédant une longue racine pivotante (OCVCM, 2001). C'est une plante originaire de Perse aujourd'hui cultivée dans toutes les régions tempérées. Il s'agit d'un légume d'environ 30 cm de hauteur qui pousse dans les sols riches à tendance argileuse exigeant une exposition suffisante au soleil. La floraison a généralement lieu en été. Les épinards sont prêts à être récoltés juste deux mois après le semis. En plus d'être un légume important par sa forte teneur en fibres, en sels minéraux, en provitamines A, en vitamines C et E (OCVCM, 2001), l'épinard est particulièrement riche en oxalates (Frohne *et al.*, 2009). Certains légumes comme les épinards ayant une teneur en acide oxalique/oxalate similaire à celle de la rhubarbe, ne provoqueraient pas de symptômes d'intoxication lors de leur consommation (Comité Scientifique de l'Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire, 2006). Le mode de préparation (cuisson) de ces légumes pourrait avoir une influence sur leur teneur en oxalate.

II-4 Le taro

La forte teneur en glucides du taro le place comme un aliment énergétique de choix (AREU, 2003). En revanche, il est très pauvre en lipides, en protéines et en vitamines (Bradbury et Holloway, 1988). Les feuilles de taro (figure 8) sont utilisées comme légumes dans les préparations culinaires dans plusieurs pays ainsi qu'au Tchad et présentent une teneur plus élevée en vitamines et en protéines que les tubercules.

Malgré son importance nutritionnelle, le taro contient une quantité appréciable de cristaux d'oxalates sous forme d'aiguilles appelées raphides ou en amas globuleux (Nip *et al.*, 1989).

III- Les plantes non comestibles ou ornementales riches en oxalates

III-1 Le dieffenbachia

Dieffenbachia sp. (figure 9) est une plante herbacée pérenne non comestible appartenant à la famille des aracées. Elle est communément appelée canne des muets ou plante des sourds. Cette espèce de plante est originaire des forêts tropicales humides du Brésil et de l'Inde Occidentale et s'adapte bien aux régions tempérées. En Europe, ces plantes sont considérées comme plantes d'intérieur, eu égard à leurs feuilles décoratives. Le dieffenbachia peut même vivre dans des conditions climatiques où la température peut baisser jusqu'à 1°C. Cependant, si les températures sont trop basses, les feuilles inférieures ont tendance à tomber. Les tiges vigoureuses et non ramifiées portent des feuilles souples et charnues, légèrement retombantes, sur de robustes pétioles engainés. Le dieffenbachia est très dangereux pour les enfants et les animaux de compagnie tels que le chien ou le chat (Loretto *et al.*, 2003). Leur toxicité fut décrite à la fin du XVII^e siècle et constitue encore de nos jours l'un des cas les plus fréquents d'appel aux centres antipoison (Walter et Khanna, 1972 : CNITV-CAPV-Vetagro Sup Lyon – Statistiques des intoxications végétales de 2000 à 2010. Non publié).

III-2 Les philodendrons

Philodendron sp. et *Monstera deliciosa* Liebm. sont des plantes des zones forestières humides appartenant à la famille des aracées. Les philodendrons sont essentiellement constitués par des plantes épiphytes non comestibles originaires d'Amérique tropicale (Frohne *et al.*, 2009) qui ne tolèrent pas de températures inférieures à 12°C. Dans leur milieu naturel, elles grimpent le long des troncs et des branches d'arbres au moyen de racines aériennes qui se

forment à chaque nœud sur les tiges. Ces racines s'accrochent à l'écorce souvent détrempée et apportent en outre à la plante certains éléments nutritifs. Les philodendrons et monstera ne sont pas des épiphytes obligatoires et peuvent retirer du sol une grande partie de leur nourriture. Les feuilles des philodendrons varient selon les espèces. Elles peuvent être cordiformes, sagittées ou spatulées et plus ou moins découpées (Frohne *et al.*, 2009).



Figure 5 : La rhubarbe (Photo SOUDY/ Vetagro Sup Lyon)

Figure 6 : L'oseille (Photo SOUDY/ Vetagro Sup Lyon)



Figure 7 : L'épinard (Photo SOUDY/Vetagro Sup Lyon)

Figure 8 : Le taro (*Colocasia esculenta* L. Schott)



Figure 9: Le dieffenbachia (Photo SOUDY/ Vetagro Sup Lyon)

IV La toxicité des plantes à oxalates

IV-1 Principes toxiques et localisation

L'acide oxalique peut se rencontrer dans les végétaux sous deux formes chimiques différentes aux conséquences toxicologiques différentes, les oxalates (principalement sous forme de sels de calcium mais parfois de sodium ou de potassium) et l'acide oxalique libre. Dans presque toutes les espèces végétales (Tableau 7), ces deux formes chimiques sont contenues dans toutes les parties de la plante. L'acide oxalique ou acide éthanedioïque est un diacide carboxylique de structure HOOC-COOH . Grâce à la liaison entre les deux groupes carboxyle, c'est l'un des acides organiques les plus forts ($\text{pK}_{\text{A1}} = 1,27$; $\text{pK}_{\text{A2}} = 4,30$). Les anions de l'acide oxalique ainsi que les sels et esters sont connus sous le nom d'oxalates (Stecher, 1968). Les oxalates sont des sels instables de l'acide oxalique qui est très toxique. Lorsqu'ils sont consommés, ils se dissocient et libèrent l'acide nocif. Par ailleurs, certains foin ou pailles conservés à l'humidité sur lesquels s'est développé *Aspergillus niger* sont très riches en oxalates (Jean-Blain et Grisvard, 1973). De nombreuses variétés de *Penicillium* et d'*Aspergillus* sont capables de transformer les sucres en acide oxalique (Wilson, 1971). La DL50 chez le rat est de 475 mg/kg PV (Budavari *et al.*, 1996). L'acide oxalique représente un poison violent dont la dose létale est de 10 à 15 g chez l'homme adulte (Derivaux et Liegeois, 1962).

La plupart des polygonacées sont alimentaires comme les pétioles de rhubarbe, les feuilles et les fleurs d'oseille, d'autres produisent des médicaments laxatifs obtenus à partir des rhizomes de rhubarbe officinale, certaines sont ornementales, d'autres enfin sont considérées comme « mauvaises herbes », à l'exemple des espèces du genre *Rumex sp* (Frohne *et al.*, 2009).

Le pétiole de la rhubarbe est particulièrement riche en acide oxalique (Kayashima et Katayama, 2002). Il semble cependant que la quantité d'oxalate présente dans la tige de rhubarbe n'interférerait pas avec la biodisponibilité du calcium de la rhubarbe (Goel *et al.*, 1996).

Le limbe des feuilles, quant à lui, est toxique à cause de sa teneur en acide oxalique. Des cas d'intoxications mortelles liées à la consommation de feuilles de rhubarbe chez les jeunes enfants ont été décrits (Kalliala et Kauste, 1964 ; Sanz et Reig, 1992 ; Bruneton, 2005).

Pour l'oseille, on a surtout constaté une forte concentration en oxalates au niveau des feuilles (20000 ppm) (Tableau 7). Quelques cas d'intoxications mortelles causées par la consommation des feuilles d'oseille (*Rumex crispus* L) ont été signalés par Farre *et al.*, (1989). La quantité létale consommée fut évaluée entre 6 et 8 g d'acide oxalique.

Des intoxications animales sont également décrites par l'ingestion massive de polygonacées renfermant de l'acide oxalique bien que le danger d'une intoxication soit moindre chez les ruminants en raison de la métabolisation microbienne de l'acide oxalique dans le rumen. En effet, Dickie *et al.* (1973) et Pancieria *et al.* (1990) ont noté respectivement la mort d'une quinzaine de vaches après avoir consommé de grandes quantités de *Rumex venonus* Pursh et la mort des moutons après avoir ingéré *Rumex crispus*.

Au Tchad, les feuilles d'oseille sont très utilisées dans des procédés culinaires. L'infusion de fleurs séchées d'oseille (non cuite) peut provoquer des démangeaisons au niveau de la gorge. Ce désagrément pourrait être dû à la présence des oxalates.

Les tubercules de taro (*Colocasia esculenta*) renferment une teneur en oxalates totaux variant entre 0,4 % (Tattiyakul *et al.*, 2006) et 4,21 % rapportée à la matière sèche (Nip *et al.*, 1989). Les teneurs en oxalates solubles et totaux varient respectivement entre 19 – 87 mg et 156 mg par 100 g de matière fraîche (Huang et Tanudjaja, 1992). La forte teneur en cristaux d'oxalate de calcium dans ces variétés de *Colocasia sp.* a été longtemps utilisée pour expliquer les problèmes d'âcreté et d'irritation causés par la consommation de ces plantes.

Dans leur sève épaisse, les dieffenbachias contiennent de grande quantité de cristaux d'oxalate de calcium. Si on mâche un fragment de feuille ou si l'on touche cette sève, elle provoque un gonflement et une sensation de brûlure, une inflammation de la langue et des

muqueuses buccales avec une salivation abondante évoluant vers une incapacité de parler ou aphonie (Frohne *et al.*, 2009). Ces symptômes peuvent même évoluer jusqu'à la mort si l'œdème obstrue les voies respiratoires. En raison de ces effets spectaculaires, le dieffenbachia était utilisé comme moyen de torture au cours de la période d'esclavage en Amérique, permettant occasionnellement de condamner au silence certains témoins indésirables d'où le nom de « Dumb cane » qui signifie « la canne qui rend muet » (Frohne *et al.*, 2009).

A cause de leur forte teneur en oxalates, les philodendrons peuvent constituer un poison chez les humains et les animaux domestiques (Lampe et McCann, 1985). Compte tenu de leur toxicité caractéristique, ces plantes sont proches du dieffenbachia et de nombreuses autres aracées (Frohne *et al.*, 2009). Greer (1961) a rapporté 72 cas d'intoxication chez le chat, dont 37 furent mortelles. Brogger (1970) avait également signalé que l'ingestion des feuilles des philodendrons peut induire une déficience rénale.

IV-2 Description clinique de l'intoxication

L'intoxication correspond à deux modalités toxiques selon le produit concerné, oxalate cristallisé d'une part ou acide oxalique libre d'autre part.

Les cristaux d'oxalate de calcium insolubles pénètrent dans la peau et la bouche causant ainsi une irritation douloureuse et d'importants oedèmes de la langue et des lèvres. Même à petites doses, les oxalates peuvent causer une intense sensation de brûlure dans la bouche et dans la gorge ou une enflure (Soudy, 2001). En effet, le traitement manuel des tubercules de taro lors de la récolte, du nettoyage ou de l'épluchage provoque des sensations de brûlure sur la peau et la consommation de tubercules insuffisamment cuits entraîne des démangeaisons au niveau de la bouche et de la gorge.

Au cours de la digestion, les oxalates sont dissociés dans le tube digestif et l'acide oxalique libéré peut soit recristalliser avec des cations présents dans la lumière intestinale, soit être absorbé et se retrouver dans la circulation où il peut capter des cations, et particulièrement précipiter au niveau rénal sous forme d'oxalate de calcium. Cependant, chez les ruminants, l'acide oxalique peut être détruit en partie par les micro-organismes de la panse (Jean-Blain et Grisvard, 1973). Cette destruction peut être importante si l'animal a coutume de consommer des plantes à oxalates, nulle dans le cas contraire (Duncan *et al.*, 2000).

L'ingestion de feuilles de rhubarbe peut provoquer des spasmes musculaires, des problèmes rénaux et même le coma. La concentration en oxalates dissociables dans certaines plantes herbacées (*Rumex spp.*, *Oxalis spp.* etc) est suffisante pour induire une toxicité chez les animaux herbivores (Shigeru *et al.*, 2003). Oke (1967) a analysé en détail le rôle de l'oxalate dans la nutrition, y compris son rôle éventuel dans l'oxalurie et la lithiase rénale ou calculs rénaux.

La consommation d'une large dose d'acide oxalique provoque une chute de taux de calcium dans le plasma entraînant ainsi des dommages rénaux (Fournier et Gervais, 1970 ; Fassett, 1973 ; Kelsey, 1985 ; Agwunobi *et al.*, 2002). Une alimentation continue d'aliments riches en oxalates peut entraîner une néphrose provoquée par la précipitation des cristaux d'oxalates dans les tubules rénaux suivie de la formation des calculs rénaux.

L'hypocalcémie induit une mobilisation des minéraux contenus dans les os. Cette mobilisation prolongée entraîne un hyperparathyroïdisme ou une fibrose ostéodystrophique chez le cheval (Groenendyk et Seawright, 1974). En cas d'hypocalcémie importante, il y a risque de tétanie, des convulsions et de coma (Fournier et Gervais, 1970).

IV-3 Traitements de l'intoxication

La forme irritante de l'intoxication, lors de manipulation ou d'ingestion de végétaux contenant des oxalates, affecte les parties molles en contact avec les cristaux d'oxalate, l'épiderme des membres, la bouche et parfois la gorge chez les humains et les animaux.

L'enflure douloureuse des tissus et la sensation de brûlure peuvent disparaître spontanément peu à peu. Pour éviter une obstruction des voies respiratoires, on peut tranquilliser le sujet atteint (homme ou animal), rincer la cavité buccale et administrer des liquides froids et des analgésiques. Chez l'homme, on peut faire sucer un glaçon à la victime. Les vomissements sont à respecter tant qu'ils concourent à l'élimination du toxique. Leur persistance nécessite l'administration d'un antivomitif.

Les oxalates, qui sont insolubles, ne produisent pas d'intoxication systémique (Lampe et McCann, 1985). Dans la forme hypocalcémique de l'intoxication, on recommande d'administrer des sels de calcium (gluconate de Ca, 250 à 500 ml chez les grands animaux, 3 à 20 ml pour un petit ruminant), des diurétiques glucosés ou salés et un pansement intestinal à base de charbon et de kaolin.

En cas de lithiase rénale ou calculs rénaux, généralement causés par la précipitation des cristaux d'oxalates dans les reins, une intervention chirurgicale n'est pas d'emblée obligatoire (Nkudic, 2007) et ne sera envisagée que sous certaines conditions. En effet, la plupart de calculs rénaux peuvent passer à travers le système urinaire par une importante consommation d'eau par jour qui aide à excréter ces cristaux formés. La prescription de certains médicaments diurétiques est aussi vivement recommandée.

Ces oxalates sont aussi détruits en grande partie par la cuisson après trempage traditionnel des tubercules de taro épluchés dans l'infusion de tamarin (*Tamarindus indica* L.) ou dans la solution de trempage du maïs (*Zea mays* L.) ou dans l'eau pendant 24 à 48 heures (Soudy *et al.*, 2008). En revanche, la cuisson de taro non épluché n'induit aucune perte de cristaux d'oxalates (Busch *et al.*, 2003).

Tableau 7 : Tableau des plantes à oxalates

Nom Vernaculaire	Nom latin	Famille	Parties toxiques	Quantité en ppm
Pomme cajou ou anacardier	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiacees	Graines	3184
Anthurium	<i>Anthurium sp.</i>	Aracées	Toute la plante	ND
Anthurium blanc	<i>Spathiphyllum sp.</i>	Aracées	Toute la plante	ND
Arisème	<i>Arisaema sp.</i>	Aracées	Toute la plante	ND
Arum	<i>Zantedeschia sp.</i>	Aracées	Toute la plante	ND
Caladion	<i>Caladium sp.</i>	Aracées	Toute la plante	ND
Calla	<i>Calla sp.</i>	Aracées	Toute la plante	ND
Chou caraïbe	<i>Xanthosoma sp.</i>	Aracées	Toute la plante	ND
Aglaonema	<i>Aglaonema modestum</i> Schott	Aracées	Feuilles	ND
Dieffenbachia	<i>Dieffenbachia maculata</i> Lodd.	Aracées	Toute la plante	ND
Gouet maculé	<i>Arum maculatum</i> L.	Aracées	Toute la plante	ND
Gouet d'Italie	<i>Arum italicum</i> Mill.	Aracées	Toute la plante	ND
Patte d'oie	<i>Syngonium sp.</i>	Aracées	Toute la plante	ND
Philodendron	<i>Monstera deliciosa</i> Liebm.	Aracées	Toute la plante	ND
Symplocarpus	<i>Symplocarpus foetidus</i> L.	Aracées	Feuilles	ND
Tayone	<i>Alocasia sp.</i>	Aracées	Feuilles	ND
Taro	<i>Colocasia esculenta</i> L. Schott	Aracées	Toute la plante	20000-42000 (MS)
Laitue sauvage	<i>Lactuca Virosa</i> L.	Astéracées	Latex	10000
Sarepta	<i>Brassica juncea</i> L.	Brassicacées	Feuilles	1287
Chou	<i>Brassica oleracea</i> L.	Brassicacées	Feuilles	59-350

Halogéton	<i>Halogeton glomeratus</i> (M. Bieb.) C.A. Mey.	Chénopodiacées	Feuilles	ND
Epinards	<i>Spinacea oleracea</i> L.	Chénopodiacées	Feuilles	5000-93900
Bettérave	<i>Beta vulgaris</i> L.	Chénopodiacées	Racine	404
Chenopode blanc	<i>Chenopodium album</i> L.	Chénopodiacées	Toute la plante	300000
Patate douce	<i>Ipomoea batatas</i> L.	Convolvulacées	Racines	1000
Courge ou citrouille	<i>Cucurbita pepo</i> L.	Cucurbitacées	Dans le jus	400
Tamarin	<i>Tamarindus indica</i> L.	Fabacées	Feuilles	1960
Soja	<i>Glycine max</i> L.	Fabacées	Graines	770
Nance	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth,	Malpighiacées	Toute la plante	0-27300
Moringa	<i>Moringa oleifera</i> LAM.	Moringacées	Fruits	1010
Banane	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Musacées	Fruits	22-5240
Oxalide petite-oseille	<i>Oxalis acetosella</i> L.	Oxalidacées	Toute la plante	3000
Carambole	<i>Averrhoa Carambola</i> L.	Oxalidacées	Fruits	50000-95800
Pavot	<i>Papaver somniferum</i> L.	Papavéracées	Graines	16200
Poivre noir	<i>Piper nigrum</i> L.	Piperacées	Fruits	34000
Setaria	<i>Setaria sphacelata</i> (Schumach.) Stapf & C. E. Hubb.	Poacées	Feuilles	ND
Pangola	<i>Digitaria decumbens</i> Stent.	Poacées	Feuilles	ND
Cenchrus cilié	<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	Poacées	Feuilles	ND
Kikuyu	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	Poacées	Feuilles	ND
Herbe guinée	<i>Panicum maximum</i> J.	Poacées	Feuilles	15000
Maïs	<i>Zea mays</i> L.	Poacées	Graines	99

Avoine	<i>Avena sativa</i> L.	Poacées	Toute la plante	400
Oseille	<i>Rumex</i> sp.	Polygonacées	Feuilles	20000
Rhubarbe	<i>Rheum</i> sp.	Polygonacées	Les feuilles et pas le pétiole	3000-13360
Blé noir ou sarrasin	<i>Fagopyrum esculentum</i> M.	Polygonacées	Feuilles	111000
Pourpier	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacacées	Toute la plante	1670-16760
Sarcobatus	<i>Sarcobatus vermiculatus</i> (Hook.) Torr.	Rosacées	Toute la plante	ND
Amandier	<i>Prunus dulcis</i> M.	Rosacées	Graines	4073
Curry en feuille	<i>Murraya koenigii</i> L.	Rutacées	Feuilles	1320-13500
Aubergine	<i>Solanum melongena</i> L.	Solanacées	Fruits	291
Poivron	<i>Capsicum annuum</i> L.	Solanacées	Fruits	257-1171
Lanterne	<i>Physalis ixocarpa</i> B.	Solanacées	Fruits	109-536
Tomate « cœur de bœuf »	<i>Lycopersicon esculentum</i> L.	Solanacées	Fruits	263
Cacao	<i>Theobroma cacao</i> L.	Sterculacées	Graines	1520-5000
Thé	<i>Camellia sinensis</i> L.	Théacées	Feuilles	10000
Gingembre	<i>Zingiber officinale</i> R.	Zingibéracées	Rhizomes	5000
Croix-de-malte	<i>Tribulus terrestris</i> L.	Zygophyllacées	Feuilles	4000

Source: REBECCA et IAN (2004)(<http://www.ars-grin.gov>) (consulté en 2007)

ND= Non déterminé.

CHAPITRE V: Méthodes de cuisson et de transformation

I- Généralités

Les tubercules de taro sont normalement consommés après cuisson. Ils possèdent un principe âcre plus ou moins fort, qui disparaît après passage d'au moins quinze minutes dans l'eau bouillante (Catherinet, 1965). Selon Sakaï (1979), les tubercules d'aroidées destinés à la consommation immédiate sont le plus souvent bouillis, cuits au four, rôtis ou frits et il faut en général plusieurs heures de cuisson pour éliminer l'effet irritant des raphides d'oxalates de calcium et autres principes âcres que contiennent nombre d'espèces.

Dans le Sud - Est asiatique, des gousses de tamarinier ou du jus de lime sont souvent ajoutés à l'eau de cuisson des tubercules de taro pour neutraliser l'âcreté (Allen, 1940 ; Ghani, 1982). A Fidji comme dans d'autres îles du Pacifique, le taro est le plus souvent râpé et mélangé au lait de noix de coco, puis enveloppé dans des feuilles avant de le faire bouillir ou de le cuire au four. En Egypte, après lavage, les tubercules sont trempés dans de l'eau chaude pendant 15 minutes avant d'être légèrement frits afin d'éliminer les substances mucilagineuses. Le produit obtenu est cuisiné avec de la viande à laquelle on ajoute soit des oignons et des tomates, soit de l'ail et des bettes (Warid, 1970). Le taro constitue l'aliment de base dans certaines zones des Philippines où on l'appelle « *gabi* » (Pardales, 1980). Cependant à Hawaï, on tire du taro un produit fermenté connu localement sous le nom de « *poi* » : après cuisson au four ou à la vapeur, les tubercules de taro sont pelés et écrasés ; on y ajoute progressivement de l'eau jusqu'à l'obtention de la consistance voulue, et la pâte est ensuite placée dans unealebasse où on la laisse fermenter plus ou moins longtemps selon les goûts (Greenwell, 1947). Préparé de cette manière, le *poi* ne se conserve que pendant quelques jours. En Afrique de l'Ouest, le taro est utilisé pour préparer des cossettes séchées au soleil, connues au Nigéria sous le nom local de « *achichia* ». Ces derniers peuvent être conservés jusqu'à la prochaine récolte et sont consommés pendant la période de disette. Un autre procédé utilisé dans ce pays consiste à râper le tubercule épluché, à le mélanger à des condiments et à l'envelopper dans des feuilles. On le fait cuire à l'étuvée pendant 30 minutes environ et on le sert avec une sauce. Connu localement sous le nom de « *ikokore* », cet aliment est très répandu dans l'ouest du Nigéria (FAO, 1991).

Dans une revue détaillée sur le taro, Nip (1997) a montré que le taro est utilisé sur le plan traditionnel et industriel dans certaines régions d'Afrique et d'Asie. On le transforme en une

série de produits alimentaires semblables à ceux du manioc (Figure 10). En Inde, les tubercules sont transformés en farine après être blanchis et additionnés de bisulfite de sodium à 2,5 % (Nip, 1997). Dans les îles du pacifique, les paysans sèchent des tranches de tubercules blanchies ou cuites qui constituent la réserve alimentaire. Ces tranches peuvent aussi être trempées dans une solution acide pour enlever les mucilages (Nip, 1997). Les cossettes obtenues sont écrasées en farine. La farine de taro est aussi utilisée au même titre que les stabilisants dans les jus de fruit (Hong et Nip, 1990). Au Cameroun, il se consomme sous forme d' « *achu* ». Dans la technologie de production de cet aliment, les tubercules sont cuits, pelés et pilés dans un mortier afin d'obtenir de la pâte ou boule de taro consommée à chaud. Sa consommation est accompagnée d'une sauce jaune très épicée au curcuma (Lyonga, 1979 ; Njintang, 2003).

Le taro fournit à la fois, les tubercules et des feuilles très larges (8 à 25 cm) qui sont utilisées comme légumes dans les préparations culinaires au Pacifique (Aregheore et Perera, 2003).

Le taro est généralement consommé dans les pays tropicaux comme une source de calories peu coûteuse. Il ne peut constituer la base d'une alimentation équilibrée que s'il est associé à d'autres aliments riches en protéines comme les graines des oléagineuses et les légumes secs (arachide, haricot...).

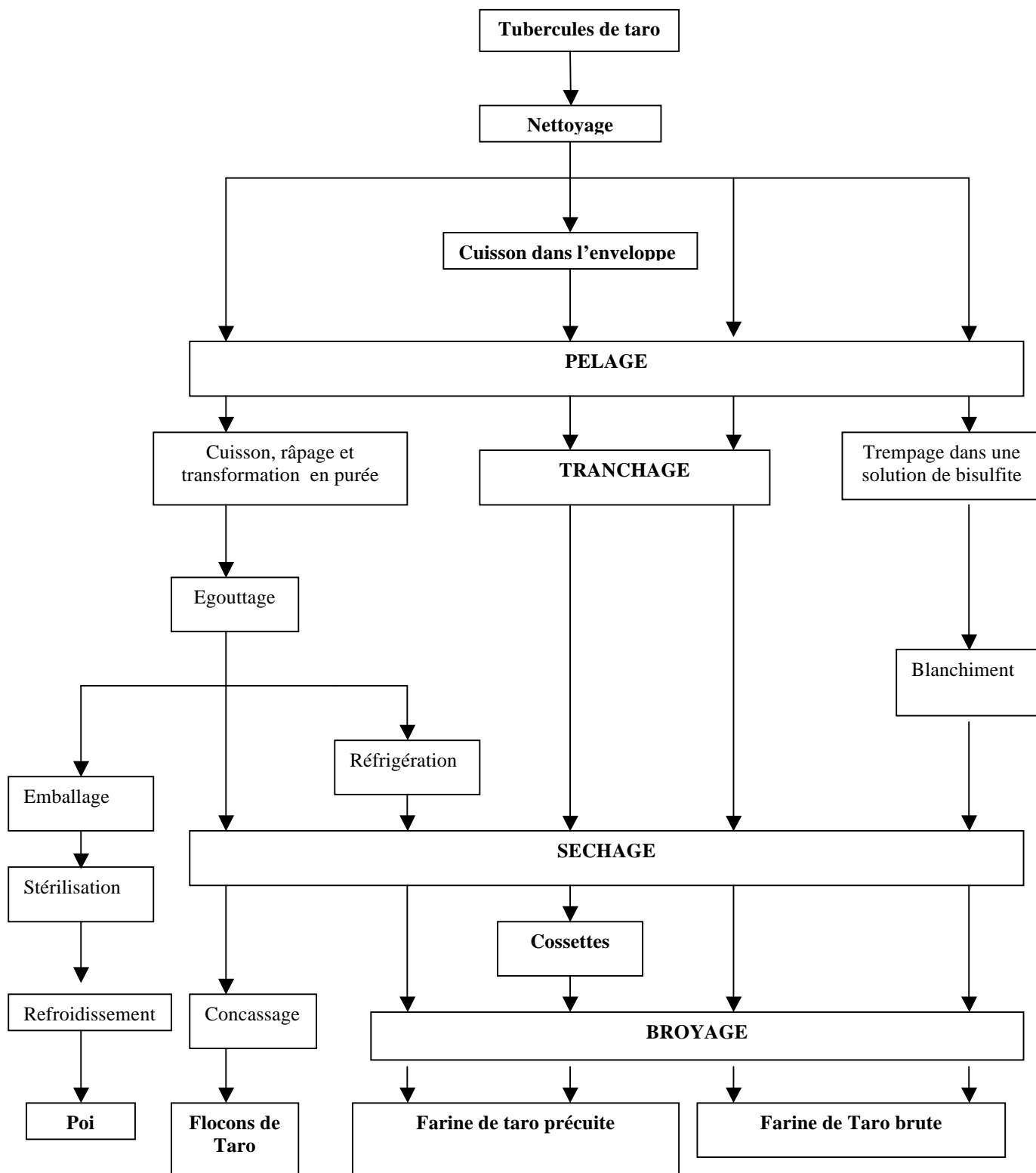


Figure 10: Les principaux procédés de transformation et de cuisson des tubercules de taro (NIP, 1997).

II- Trempage

Le trempage est un procédé qui consiste à immerger un aliment dans un liquide. Selon Tou *et al.* (2006), le trempage est le plus souvent utilisé pour entraîner une fermentation alcoolique. Des travaux ont montré l'importance de ce procédé pour réduire certains facteurs antinutritionnels contenus dans divers types d'aliments : le trempage du millet à 30°C pendant 48 heures réduit significativement grâce à des phénomènes fermentaires le taux des phytates, les inhibiteurs d'amylase et les polyphénols (Alka et Kapoor, 1996). Collignan et Zakhia (1996) ont montré que le trempage était le plus souvent suivi d'un transfert de masse de certains constituants en concentration élevée, de la solution de trempage vers le produit. Le trempage pendant 24 heures à 72 heures augmente significativement la digestibilité des hydrates de carbones de certaines céréales et légumes (Madhuri et Pratima, 1996). Selon Ibrahim *et al.* (2002), un certain nombre de procédés tels que le trempage (dans l'eau et/ou dans une solution du bicarbonate de sodium), la cuisson, la germination et la fermentation réduisent significativement la teneur en antinutriments du pois chiche, comme les inhibiteurs de protéase, les tanins ou l'acide phytique.

Le trempage a cependant d'autres conséquences sur le produit. Le procédé de trempage entraîne une diminution de teneurs en protéines et fibres brutes ainsi que du taux de cendres du haricot (Khalil, 2001). En revanche, le trempage ne modifie pas la teneur en lipides de ce produit. Selon Lestienne *et al.* (2003), le trempage pendant 24 heures des graines entières a entraîné une diffusion importante dans l'eau du fer et, dans une moindre mesure, du zinc, et conduit à une réduction significative de la teneur en phytates des graines de riz (17 %), maïs (21 %), soja (23 %) et mil (28 %).

III- Séchage

Le séchage est le moyen de conservation le plus ancien utilisé par l'homme. Il permet de stabiliser les aliments après abaissement de la teneur en eau (Cheftel *et al.*, 1977). Le procédé de séchage vise plusieurs objectifs, parmi lesquels :

- la réduction de l'activité de l'eau, qui conduit à la réduction de la prolifération microbienne ;

- la diminution du poids et parfois du volume de l'aliment afin de faciliter le transport, la commercialisation et le stockage.

Au cours du séchage, deux phénomènes fondamentaux peuvent se produire :

- le transfert de chaleur apportant ainsi l'énergie nécessaire pour la transformation de l'eau de la forme liquide à la forme vapeur ;
- Le transfert de la vapeur d'eau à travers et hors de l'aliment.

En effet, la diffusion de l'eau est le phénomène principal qui caractérise le séchage des aliments (Geankoplis, 1983). Cette diffusion est produite à partir du gradient de concentration entre le centre humide du produit et sa surface sèche. Ce gradient est stabilisé pendant la première phase du séchage (Treyball, 1980). Selon Cheftel *et al.* (1977), diverses réactions se produisent dans les aliments au cours du séchage. On peut citer principalement le brunissement non enzymatique ; la perte des substances aromatiques par volatilisation ; la baisse de la capacité de rétention d'eau qui pourrait être due à la dénaturation et à l'aggrégation des protéines ; la destruction de l'amidon et de la pectine. Ainsi, il est très difficile d'obtenir, après hydratation, la texture initiale du produit. Cependant, les produits déshydratés peuvent être conservés longtemps. En revanche, en cas de reprise de l'humidité, quelques réactions indésirables pourraient avoir lieu : attaques par les insectes, développement des moisissures, des réactions enzymatique et non enzymatique ou du brunissement.

Tsai *et al.* (1981a, 1981b) ont montré que le taro brut et déshydraté constituait un milieu défavorable à la multiplication des moisissures et à la production des aflatoxines. Par contre, la modification des tubercules de taro par cuisson ou par ajout de protéines supplémentaires augmente les risques de développement des moisissures au cours du stockage à température et humidité relativement élevées.

CONCLUSION

Le taro est une plante essentiellement cultivée dans les parties tropicales humides du monde. Il s'agit d'un tubercule humide constitué essentiellement de glucides dont une immense majorité d'amidon. Il est très pauvre en fibres, en lipides, en protéines, en minéraux et vitamines. A cause de sa forte teneur en eau, ce tubercule se conserve difficilement d'où d'importantes pertes post-récolte. Sa forte teneur en oxalates serait probablement responsable des problèmes d'irritation et d'âcreté causés par la consommation de ce tubercule.

Malgré les problèmes de ces tubercules, la FAO a constaté une forte augmentation de sa production à travers le monde ces dernières années, de 6,5 millions de tonnes (1999) à 10,5 millions de tonnes (2006).

Au Tchad également la production du taro a quasiment triplé entre l'année 2006 (8500 tonnes) et l'année 2009 (25500 tonnes) dans le cadre de programmes de lutte contre l'insécurité alimentaire.

Les pratiques de transformation de ces tubercules restent très peu connues en Afrique. Ainsi, la recherche des méthodes de transformation pour une conservation post-récolte étalée dans le temps et des moyens d'élimination de désagréments liés à la consommation de ces tubercules pourraient contribuer davantage à l'augmentation de sa production.

C'est dans cette optique qu'une enquête a été menée dans la région du Mayo-Kebbi au Tchad afin de recenser les différents traitements réservés aux tubercules de taro après la récolte. Il s'agit d'une zone très anciennement connue pour la culture du taro dans ce pays.

ENQUETE DE TERRAIN

ENQUETE SUR LES PRATIQUES ARTISANALES CONCERNANT LE TARO AU TCHAD

I- INTRODUCTION

Au Tchad, le taro est le troisième tubercule le plus cultivé après le manioc et les patates douces (Ministère de l'Agriculture du Tchad, 2009). Il est destiné à la fois pour la consommation humaine et animale.

Malgré son intérêt comme aliment énergétique dans la majorité des pays tropicaux, ce tubercule pose un certain nombre de problèmes parmi lesquels les difficultés de conservation et la présence de facteurs antinutritionnels tels que les oxalates responsables de l'âcreté (Agwunobi et *al.*, 2002). Cette faible durée de conservation du taro après récolte entraîne d'importantes pertes. Au Cameroun, le manque de technologie post-récolte et les problèmes liés à la consommation de ce tubercule ont entraîné une baisse de sa production de 70 % (MINAGRI, 1999). Au stade actuel de nos connaissances, la littérature sur les pratiques de transformation de taro reste très peu développée en Afrique. La recherche de variétés moins âcres ainsi que de traitements plus efficaces et plus économiques devient indispensable.

Dans ce but, une enquête a été menée afin de rassembler des données sur les pratiques culturelles et les techniques traditionnelles de transformation et de conservation du taro au Tchad. L'objectif de l'enquête était double, visant à la fois à la détermination des modes de cultures utilisés dans la région et à l'identification des techniques de conservation, de transformation, de consommation et commercialisation du taro par les paysans du Mayo-Kebbi.

II- METHODOLOGIE DE L'ENQUETE

II.1- Site d'étude

Le travail a été effectué dans différentes localités de la région du Mayo-Kebbi, située dans la partie méridionale du Tchad traditionnellement productrice de taro. A l'origine, le taro était d'abord cultivé en bordure du fleuve Logone qui longe cette région. La culture s'est ensuite répandue dans toute la région. La crise alimentaire de ces dernières années en Afrique a également incité l'Etat à étendre la production de taro à d'autres régions avoisinantes du Mayo-Kebbi, telles que la Tandjilé et le Moyen-Chari, traditionnellement productrices de céréales (mil, sorgho, riz). Des subventions ont été accordées aux agriculteurs pour juguler substantiellement cette crise.

Le choix de cette région repose sur son ancienneté en matière de production de taro. Pour mener à bien cette enquête et limiter les biais, cinq villages tirés au hasard parmi les douze grands villages producteurs de taro ont constitué la zone d'enquête. Il s'agit de Kolobo, Djoumane, Kim, Ham et Eré (figure 11). La population est essentiellement composée de cultivateurs de l'ethnie Kim. Les coordonnées géographiques de ce site sont recueillies par un GPS (tableau 8).

II.2- Procédures d'enquêtes

La présente étude a été réalisée en s'appuyant sur un questionnaire structuré. Il s'agissait de recueillir des informations sur les modes de culture, de conservation, de transformation, de commercialisation et de consommation du taro (*Colocasia esculenta* L SCHOTT) (Annexe 1). Les questions posées étaient du type fermé (réponse par oui ou non) et ouvert (donnant la latitude au paysan d'exprimer son point de vue). Un total de 100 personnes a été interrogé individuellement ou en groupe de trois à quatre à raison de 20 personnes par village. Chaque paysan interrogé parmi les vingt par village représente un chef de famille, et chaque famille regroupe 15 à 20 personnes. On y trouve en moyenne 50 familles par village enquêté. Chaque famille dispose d'un vaste champ hérité de ses ancêtres.

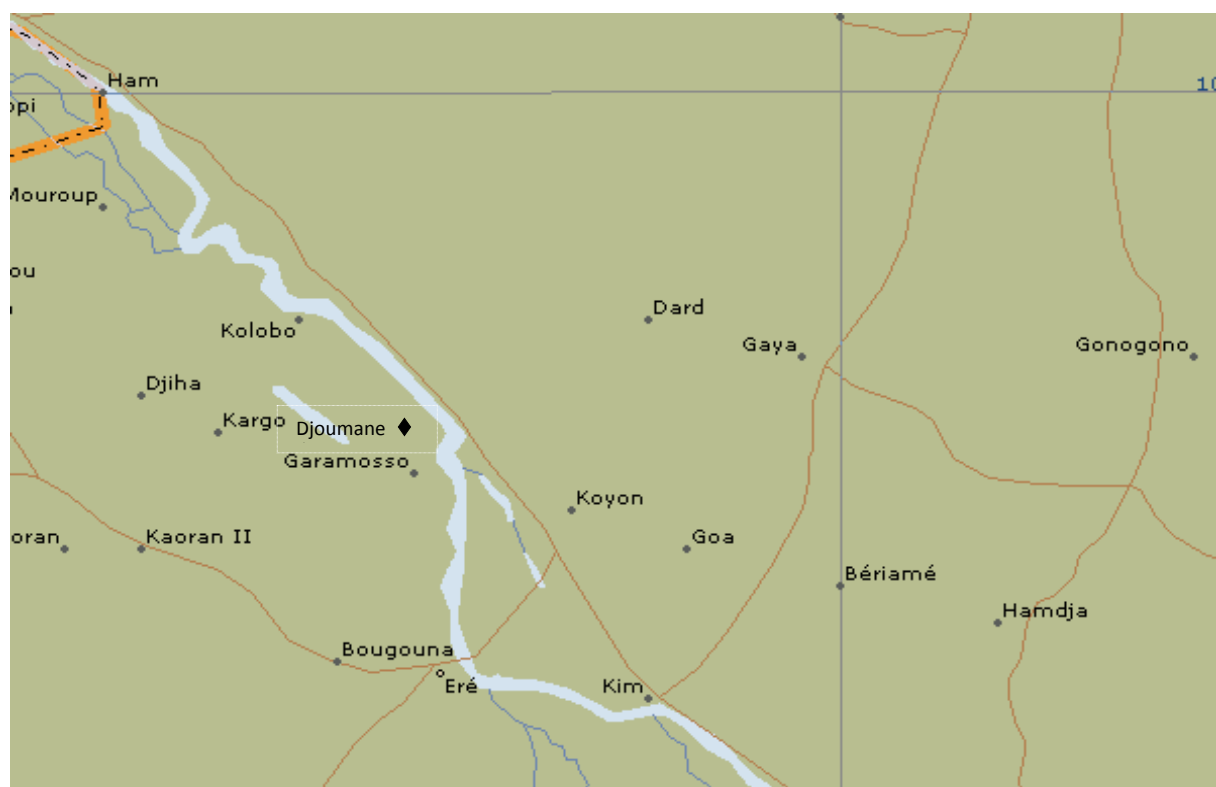
Pour les pratiques culturelles, les questions posées étaient de dénombrer les variétés de taro cultivées dans la région, d'identifier les différences existant entre les tubercules (forme, couleur, taille), puis de relever le type de sol, les périodes de culture et de récolte, les méthodes d'irrigation, l'utilisation d'engrais et la présence de ravageurs observés dans la région.

Les questions posées sur les modes de conservation cherchaient à déterminer les méthodes (plein air ou abri, tubercules entiers ou débités en cossettes) et la durée maximale de conservation des tubercules frais destinés à la consommation et de ceux réservés pour la prochaine culture. Afin de connaître les aliments faits à base de taro, nous avons essentiellement interrogé les femmes, tandis que les hommes ont été interrogés pour évaluer le degré de préférence de ces aliments.

Tableau 8 : Coordonnées géographiques des zones enquêtées

- Latitude et Longitude

Villages	Latitude	Longitude
Kolobo	9°93'N	15°44'E
Ham	10°00N	15°41'E
Djoumane	9°93'N	15°45'E
Kim	9°44'N	15°54'E
Eré	9°44'N	15°50'E



Microsoft ® Encarta ® 2007. © 1993-2006 Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

Légende :

 - Fleuve logone longeant les localités de Kim, Eré, Kolobo, Ham....

Figure 11 : Carte des localités enquêtées (Encyclopédie Encarta 2007)

III- RESULTATS DE L'ENQUETE

III.1-. Modes de cultures

Le taro représente une culture de base dans la région du Mayo-Kebbi et génère d'importantes ressources financières pour les producteurs. C'est une région tropicale humide avec une température moyenne au-dessus de 20°C et une pluviosité de 1000 à 1100 mm pendant la saison pluvieuse (de avril à octobre). Le sol de cette région pour la culture du taro est principalement constitué de limon et de l'argile. Le labour des champs de taro se fait entre le mois de mars et le mois d'avril, ce qui correspond à la fin de la saison sèche et au début de la saison pluvieuse. Les figures 12a et 12b montrent le type de labour en billons utilisé pour la culture du taro dans cette région : un billon se définit comme une bande de terre élevée par la charrue au-dessus du niveau environnant, qui permet d'éviter les antagonismes avec d'autres plantes. Les sillons laissés autour des billons servent à retenir l'eau sous les plantes. La distance entre les pieds de plantes varie de 30 à 45 cm et la distance qui sépare deux billons est d'environ 1 m. Le taro est exclusivement cultivé en plein air, et les mauvaises herbes sont régulièrement enlevées par sarclage.

L'irrigation artificielle n'est pas pratiquée dans cette région et les engrais ne sont pas utilisés ; seules les pailles brûlées sur les billons après le labourage et les déjections des animaux domestiques servent de fertilisants pour ces tubercules.

Les informations recueillies auprès des paysans montrent que le taro de ces localités est sujet à l'attaque de ravageurs entraînant souvent la mort de la jeune plante. Les espèces qui peuvent causer des dégâts importants sont les suivantes : Pucerons (*Aphis gossypii*) Chenilles (*Spodoptera littoralis*), Cochenilles (*Planoccoccus citri*).

Nombre de variétés et critères de distinction

Il existe principalement deux variétés de taro dans ces localités : la variété « *Gouning Sosso* » et la variété « *Gouning Souol* » qui est en voie de disparition. Les tubercules de la variété « *Gouning Souol* » ou variété locale présentent une forme plus allongée de couleur violette et les feuilles de la plante sont plus larges et rouge verdâtre. Cette variété est caractérisée par une grande âcreté. L'élimination de cette âcreté nécessite un temps de cuisson de six à huit heures, désagrément à l'origine de l'abandon de la culture de cette variété en faveur de la variété « *Gouning Sosso* » d'origine nigériane, aux feuilles vertes moins larges que celles de la variété précédente. Les tubercules sont moins allongés. Le temps de cuisson de ce type de taro est nettement inférieur (30 à 45 minutes) et permet d'éliminer son âcreté.



Figure 12 a : Labour en billons du champ de taro



Figure 12 b: Schéma montrant les sillons et l'écart entre deux billons dans un champ de taro

Période de mise en culture de taro :

Soixante-dix pour cent des paysans enquêtés préfèrent le mois de mai pour la mise en culture de taro (tableau 9). Ce choix se justifie par le fait que dans ces localités, les premières pluies apparaissent en général dans la deuxième quinzaine du mois d'avril. Toutefois, 30 % de la population interrogée choisit plutôt le début du mois de juin, caractérisé par l'apparition des grosses pluies rendant le sol humide et favorable à une bonne croissance du taro.

Début de périodes de récolte de taro :

La récolte se fait en creusant autour de la plante et le tubercule est facilement déterré. Le taro est généralement récolté du cinquième ou sixième mois jusqu'au huitième ou au neuvième mois après la mise en culture. Le tableau 10 montre qu'en moyenne 63 % de la population interrogée commence la récolte du taro au mois de novembre contre 10 % seulement en septembre. Ce faible pourcentage s'expliquerait par le fait que le taro récolté en cette période se conserve difficilement (deux à trois jours) à cause de la forte hygrométrie. La récolte du taro au mois de septembre est essentiellement destinée à la consommation locale et n'apparaît pas sur les marchés environnants. Les tubercules récoltés au mois de janvier et février sont préférentiellement destinés à être replantés.

Tableau 9: Choix de période de mise en culture par localité (en nombre et en % d'agriculteurs)

Période	Localités					Moyenne
	Kim (20)	Kolobo (20)	Djoumane (20)	Ham (20)	Eré (20)	
Mai	(13) 65%	(11) 55%	(15) 75%	(14) 70%	(17) 85%	(14) 70%
Juin	(7) 35%	(9) 45%	(5) 25%	(6) 30%	(3) 15%	(6) 30%

Tableau 10 : Début de la période de récolte selon les localités.

Période	Localités					Moyenne
	Kim (20)	Kolobo (20)	Djoumane (20)	Ham (20)	Eré (20)	
Septembre	(1) 5%	(3) 15%	(1) 5%	(2) 10%	(3) 15%	(2) 10%
Octobre	(5) 25%	(7) 35%	(3) 15%	(7) 35%	(5) 25%	(5,4) 27%
Novembre	(14) 70%	(10) 50%	(16) 80%	(11) 55%	(12) 60%	(12,6) 63%

III.2- Conservation, transformation, consommation et commercialisation

Les tubercules frais destinés à la consommation sont conservés chez presque tous les paysans, pendant une période maximale de trois semaines dans un endroit sec, frais et bien aéré. Après ce délai de conservation, le taro est susceptible de se dégrader. Pour éviter cette détérioration, les paysans transforment le taro frais en cossettes.

En ce qui concerne les semences de taro pour les prochaines cultures, la méthode de conservation est pratiquement la même pour toute la population enquêtée : les tubercules de semence sont conservés dans des paniers bien aérés et placés à l'ombre dans un environnement frais pendant une durée habituelle de deux à trois mois. Leur récolte se fait en général au mois de février.

Préparation des cossettes et de la farine de taro :

Après nettoyage et épluchage, les tubercules de taro sont débités en tranches de quelques centimètres d'épaisseur puis séchés au soleil pour obtenir des cossettes. Les cossettes bien sèches peuvent être par la suite transformées en farines. Les épluchures sont en général réservées à la consommation animale (moutons, chèvres, porcs...). Les larges feuilles de taro sont à la fois consommées sous forme de légumes par les paysans et destinées aussi à l'alimentation du bétail.

Une autre méthode traditionnelle utilisée dans cette région consiste à tremper les tranches de taro frais dans de l'eau tiède, dans une solution de trempage de maïs, ou dans une infusion de tamarin. Dans la préparation de la solution de trempage du maïs, les graines de maïs non décortiquées sont macérées dans l'eau à une proportion de 45% (masse de maïs sur volume d'eau) pendant trois jours. La solution du maïs est obtenue après filtration à l'aide d'une passoire traditionnelle.

Le trempage du taro se fait à une proportion de 40 à 45 % (masse de taro frais sur volume de solution), pendant environ 24 h pour la variété moins âcre « *Gouning Sosso* » et 48 h pour la variété plus âcre « *Gouning Souol* ». Les tranches de taro sont ensuite séchées au soleil, approximativement pendant 48 heures à une température au soleil variant entre 45 et 55°C (figure 13). Selon les paysans, cette pratique ancestrale de trempage réduirait l'âcreté des tubercules et faciliterait aussi leur cuisson (une diminution qui passe de deux heures à moins de 30 minutes de cuisson pour la variété la plus âcre).

Les aliments issus du taro

Les cossettes et la farine résultant de la transformation du taro sont utilisées dans les procédés de préparation de divers aliments : la soupe de taro, la boule, la bouillie ou les beignets à base de farine de taro (figure 14).

Préparation de la boule ou pâte de taro

Cette préparation consiste à mélanger d'abord la farine de taro avec une farine de céréale (riz ou maïs) à proportion égale avant la cuisson dans l'eau. Pour la préparation de la boule, le mélange de farine obtenu est additionné d'une quantité d'eau bouillante suffisante pour former une pâte consistante. Il est possible d'obtenir une pâte uniquement à base de taro en cuisant les tubercules de taro frais dans l'eau pendant 30 à 45 minutes. L'enveloppe du tubercule est ensuite épluchée et le produit obtenu est pilé dans un mortier pour obtenir une boule consistante. Les pâtes ou boules de taro sont en général consommées chaudes avec une sauce de poisson ou de viande.

Ce procédé de préparation des pâtes faites uniquement de taro est également utilisé au Cameroun dans les régions de l'ethnie Bamiléké. En effet, selon les travaux de Njintang (2003), le taro principalement cultivé dans les régions du Nord-Ouest, de l'Ouest et du Centre, est généralement consommé sous forme de « *achu* ». Dans la préparation du « *achu* », les tubercules sont cuits pendant deux à trois heures, puis pelés et pilés. Le produit obtenu est consommé avec une sauce connue sous le nom de « sauce jaune » très épicée au curcuma. Cet aliment est une préparation festive et socioculturelle dans les ethnies Bamilékés du Cameroun où il est réservé aux grandes cérémonies.

Préparation de la bouillie de taro

La préparation de cette bouillie consiste à faire cuire le mélange de la farine de taro et du riz à parts égales dans deux volumes d'eau ; on y ajoute ensuite du sucre et du lait caillé. On obtient ainsi un liquide visqueux généralement destiné à l'alimentation des enfants.

Préparation de la soupe et des beignets de taro

La soupe de taro est préparée soit en utilisant les tubercules de taro frais pelés et coupés en tranches, soit en utilisant les cossettes réhydratées. Dans tous les cas, la cuisson se fait en ajoutant d'autres ingrédients comme des épices, de la viande ou du poisson.

La préparation des beignets se fait en utilisant un mélange composé d'un quart de farine de taro additionnée à trois quarts de farine de blé. Cette farine composée est bien mélangée dans une quantité d'eau de façon à former une pâte élastique. La friture se fait dans l'huile d'arachide.

Degré de préférence des aliments

Selon les résultats du tableau 11, la soupe de taro et la pâte ou boule faite à partir du taro frais sont les aliments préférés par les paysans enquêtés respectivement. Selon les informations recueillies, la bouillie de taro, malgré son faible pourcentage de préférence (29 %), est réputée avoir des effets énergétiques. Elle est généralement consommée par les paysans fatigués par les travaux champêtres.

Commercialisation du taro

En général, tous les paysans interrogés vendent une partie plus ou moins importante de leur récolte. Ces tubercules sont vendus à l'état frais dans les autres parties du pays et sont consommés habituellement sous forme bouillis dans l'eau ou de frite.

Les formes de transformation connues dans la région enquêtée sont les cossettes séchées et la farine. Ces formes de transformation ne sont pas encore vulgarisées et se limitent à l'alimentation familiale de quelques paysans locaux. En effet, au Tchad, les habitudes culinaires et les traitements appliqués sur les aliments varient d'une région à une autre ainsi que d'une ethnie à une autre. Le manque de structure de communication et de diffusion d'informations sur le développement et l'utilisation des produits locaux constitue les véritables facteurs limitants de la vulgarisation de ces pratiques traditionnelles de transformation et de consommation de taro.

Le tableau 12 présente la proportion de paysans qui transforment le taro avant la vente, par village : 74 % de la population interrogée vend le taro sous forme de tubercules frais entiers non transformés. Ainsi, la technique de transformation traditionnelle du taro en cossettes séchées et farine demeure encore moins connue. Pourtant, les équipements et les ingrédients utilisés (maïs, tamarin) par les paysans sont disponibles à travers tout le pays pour mener à bien cette opération de trempage et de transformation en cossettes séchées puis en farine.

Bien que la technique traditionnelle de transformation soit utilisée pour la réduction de l'âcreté de taro, le manque de moyen de transport adéquat contraint également les producteurs à transformer le taro en cossettes pour éviter la pourriture en cas de mévente. Ceci permet donc de limiter les pertes post-récoltes.

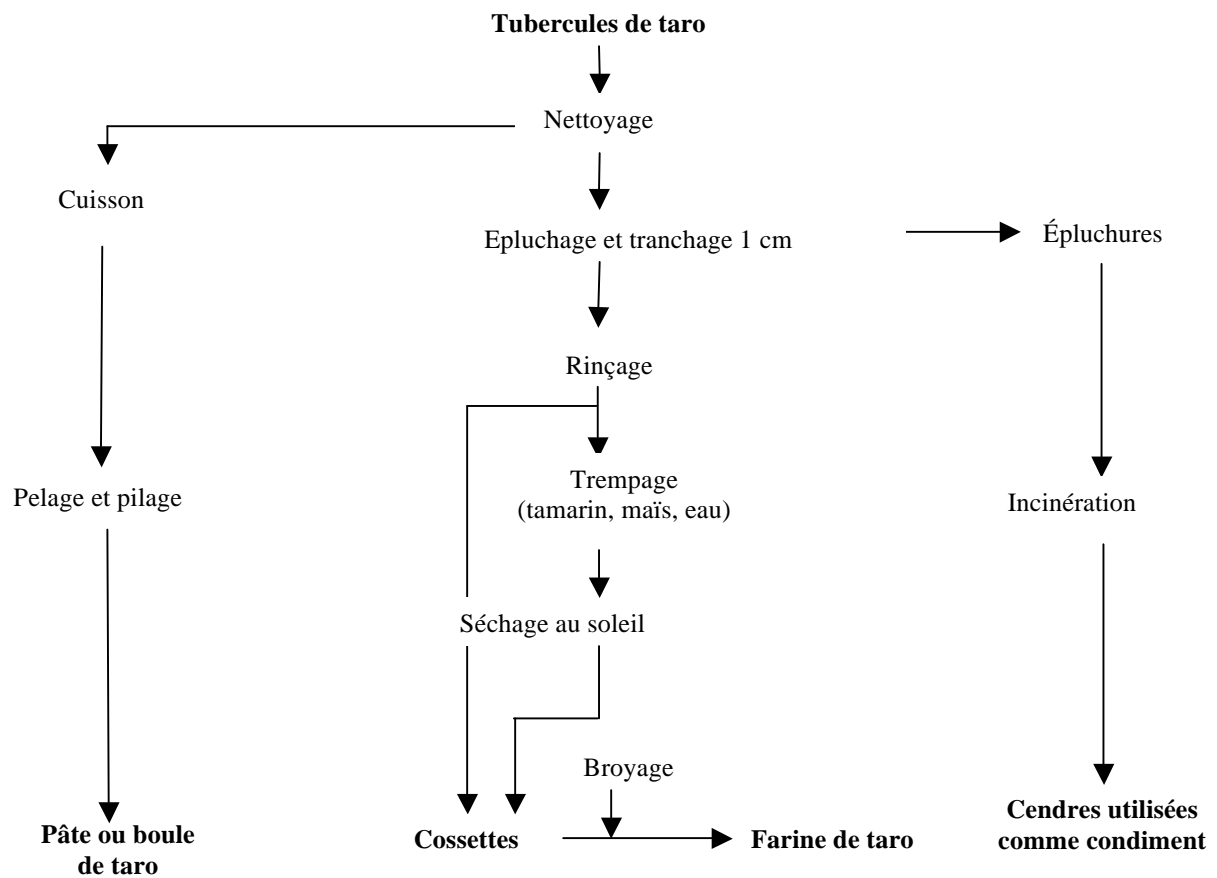


Figure 13 : Les méthodes traditionnelles de transformation des tubercules de taro au Tchad

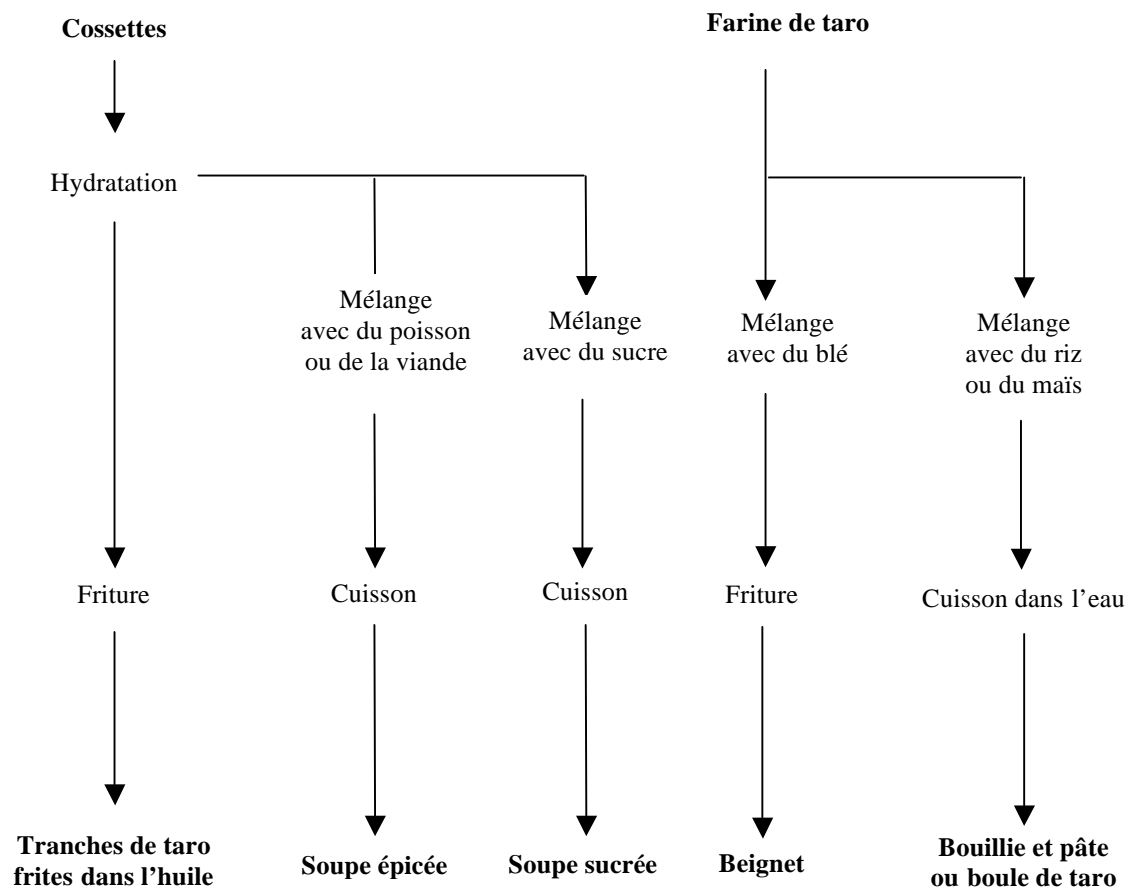


Figure 14 : Procédés traditionnels de fabrication des aliments à base du taro

Tableau 11: Préférence des aliments à base de taro (*plusieurs choix possibles*)

Aliments	Localités					
	Kim (20)	Kolobo (20)	Djoumane (20)	Ham (20)	Eré (20)	Moyenne
Soupe	20	17	20	20	19	19,2 (96%)
Bouillie	7	6	4	8	4	5,8 (29%)
Beignet	9	11	7	9	12	9,6 (48%)
Pâte ou boule de taro frais	20	19	20	18	20	19,4 (97%)
Pâte ou boule de farine de taro	17	20	18	16	14	17 (85%)

Tableau 12 : Pourcentage des paysans qui transforment le taro par localité

Transformation	Localités					
	Kim (20)	Kolobo (20)	Djoumane (20)	Ham (20)	Eré (20)	Moyenne
OUI	(4) 20%	(6) 30%	(5) 25%	(3) 15%	(8) 40%	(5,2) 26%
NON	(16) 80%	(14) 70%	(15) 75%	(17) 85%	(12) 60%	(14,8) 74%

ANALYSES DE LABORATOIRE

PREMIERE PARTIE : VALEUR NUTRITIONNELLE DU TARO

CHAPITRE I : Effets du trempage traditionnel sur le profil nutritionnel de farine de taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) produite au Tchad

I- INTRODUCTION

Les méthodes artisanales de trempage précédemment décrites permettent d'éliminer l'âcreté, diminuent le temps de cuisson et améliorent la digestibilité du taro selon les paysans enquêtés. Ces méthodes utilisées localement par les producteurs ne sont pas vulgarisées dans le reste du pays malgré leurs effets bénéfiques relevés par les paysans.

Au stade actuel de nos connaissances, la littérature sur le taro cultivé au Tchad demeure très limitée tandis que l'évaluation des effets de ces pratiques artisanales sur la composition chimique et sur la toxicité du taro est presque inexistante.

Cette étude consiste à déterminer l'effet comparé des différentes techniques de trempage traditionnel sur la composition chimique de cossettes de taro, en reproduisant fidèlement les recettes traditionnelles.

II- MATERIEL ET METHODES

II-1 Nature et origine des échantillons de taro

Les échantillons de taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) qui ont fait l'objet de cette étude provenaient du village de Kolobo (région du Mayo-Kebbi au Tchad), l'un des cinq villages concernés par la présente étude. Ces échantillons appartiennent à la variété connue sous le nom de "*Gouning Sosso*" qui présente une âcreté moindre et un temps de cuisson réduit (30 à 45 minutes).

Puisqu'il s'agit d'une seule et même variété qui est actuellement cultivée dans la région, les échantillons ont été prélevés dans les différents champs appartenant aux vingt chefs de famille interrogés au cours de nos investigations. Pour avoir une photographie précise des caractéristiques du taro, ces prélèvements ont eu lieu au mois de novembre, période optimale de production et de consommation du taro au Tchad.

II-2 Traitements appliqués

Les traitements appliqués ont été rigoureusement conformes à ceux pratiqués par les paysans de cette région (partie enquête). L'application de ces recettes artisanales dans la production de farine de taro vise à apporter des justifications scientifiques tant du point de vue nutritionnelle que toxicologique des produits transformés par les paysans.

- *Lavage, épluchage et tranchage :*

Les tubercules de taro fraîchement récoltés ont été soigneusement lavés à l'eau du robinet puis épluchés (épaisseur des épluchures : environ 5 mm). Les tubercules épluchés sont ensuite coupés en tranches (ou cossettes) d'environ 1 cm d'épaisseur.

- Trempage des cossettes : les cossettes fraîches obtenues ont été immédiatement trempées dans trois types de solutions : l'eau, la solution de trempage du maïs et l'infusion de tamarin.

L'infusion de tamarin (pulpe) et la solution de trempage du maïs (graines) ont été préparées suivant une proportion de 45 % (m/v). La préparation d'infusion de tamarin avait consisté à tremper les pulpes de tamarin, préalablement dénudées de leur coque (figure 15), dans l'eau du robinet et à température ambiante pendant 3 h tandis que les graines de maïs non décortiquées ont été macérées durant 3 j en respectant la même proportion masse de produit sur volume d'eau. Les solutions de trempage ont ensuite été filtrées à l'aide d'une passoire ménagère classique.

La proportion cossettes fraîches de taro/solution de trempage était de 40 % (m/v) et la température des solutions de trempage était de 22°C.

Cinq temps de trempage ont été retenus : 0, 1 h, 3 h, 6 h, 12 h et 24 h. Le procédé a été répété trois fois de suite en fonction du temps et de la solution de trempage. Ce qui équivaut à un dispositif expérimental de type factoriel 1 x 3 x 5 x 3 : 1 variété de tubercule, 3 solutions de trempage, 5 temps de trempage et 3 répétitions. Un échantillon non trempé (T0) a servi de témoin.

- *Séchage et broyage :*

Après trempage, les cossettes ont été séchées au soleil pendant 48 h à une température d'environ 46°C. Les cossettes séchées (figure 16) et acheminées au laboratoire ont été finement broyées afin d'obtenir des particules de farine de granulométrie inférieure à 500 µm à l'aide d'un broyeur électrique (marque CYCLOTEC 1093 Sample mill).

Pour chaque type de traitement, environ 1 kg de farine a été préparé en fonction du temps de trempage.



Figure 15 : Pulpe de tamarin dénudée de sa coque (Mayo-Kebbi)



Figure 16 : Cossettes séchées de taro après trempage

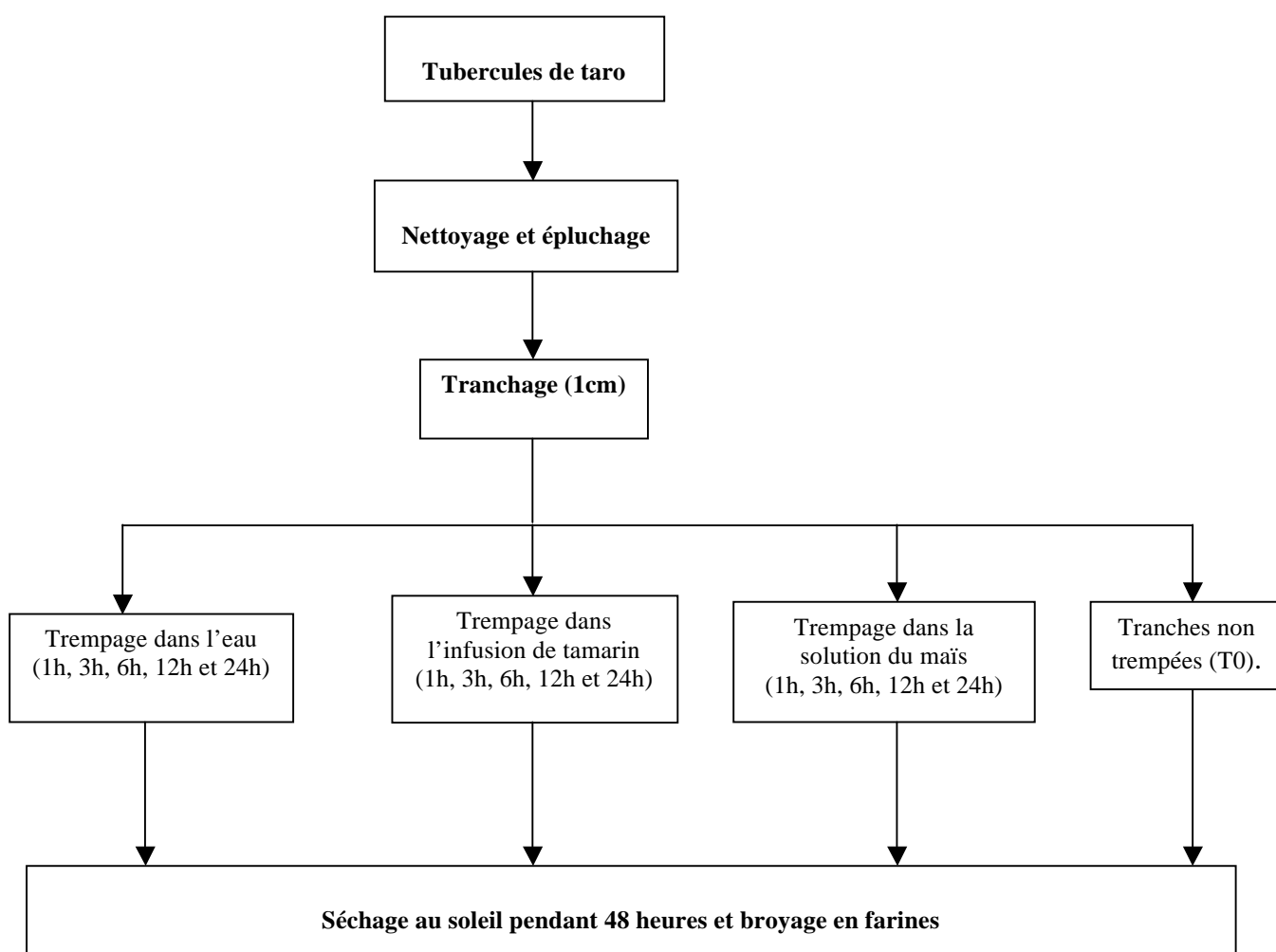


Figure 17: Schéma de production traditionnelle des farines de taro

II-3 Impact des modes de trempage sur les paramètres nutritionnels

Des analyses ont été effectuées en séries répétées sur les farines issues de différentes solutions de trempage ainsi que sur la farine issue de l'échantillon non trempé (figure 17).

II-3-1 Matière sèche, humidité et minéraux totaux du taro

Le pourcentage de la matière sèche, le taux d'humidité et la teneur en cendres de différentes farines de taro ont été déterminés selon les méthodes AOAC (1997).

a) - Matière sèche et taux d'humidité

Le but de ce dosage était de déterminer la teneur en eau à partir de laquelle est déduite la matière sèche dans les différentes farines de taro traditionnellement produites. Ce dosage permet de préciser les possibilités de conservation post-récolte et de déterminer la valeur alimentaire du taro brut connaissant celle de la matière sèche calculée à l'aide des résultats de l'analyse chimique.

b) - Dosage des cendres brutes

Le principal objectif de cette manipulation est de déterminer la teneur en matières minérales totales dans les différents échantillons de farine de taro. Cette technique constitue la première étape (minéralisation par voie sèche à 450°C) pour le dosage de certains minéraux majeurs (calcium, phosphore, sodium, potassium...) et des oligo-éléments.

II-3-2 Dosage des fibres brutes ou cellulose brute

La méthode utilisée est celle de Weende (AFNOR, 1985). Ce dosage a été réalisé dans le but de déterminer la matière organique insoluble présente dans le taro.

II-3-3 Dosage des protéines brutes

La teneur en matières azotées totales (= protéines brutes) du taro a été déterminée selon la méthode standard de Kjeldahl (AFNOR, 1985).

II-3-4 Dosage de minéraux

Le calcium, le potassium, le sodium et le magnésium ont été mesurés par spectrophotométrie de flamme après une minéralisation par voie sèche (Gueguen et Rombauts, 1961). Le dosage du phosphore inorganique total est réalisé selon la méthode colorimétrique AFNOR (1985). Les oligoéléments (zinc, fer) sont dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique après

minéralisation au four et remise en solution dans l'acide nitrique dilué à 10 % (v/v) (Bellanger, 1971).

II-4 Analyses statistiques

Les effets du trempage pour chaque type de solution utilisée ont été étudiés par analyse de variance univariée en séries répétées pour chaque durée de trempage. Les calculs ont été effectués avec le logiciel SPSS (SPSS Inc, Chicago, Il, USA, 1983) et sous Excel : Mac 2004, version 11.1.1 sur un ordinateur iBook G4. Pour tous les tests, le seuil de significativité a été fixé à $p < 0,05$.

III- RESULTATS

- Teneur en humidité

Tous les échantillons de taro sont riches en matière sèche (94,33 à 96,30 %), ce qui leur permet de se conserver longtemps sans risque de développement microbien.

- Influence du trempage sur la teneur en protéines brutes du taro

Le taro est pauvre en protéines avec une teneur de 3,43 % de la matière sèche (MS). Ces résultats s'apparentent à ceux rapportés par Agbor-egbe et Richard (1990), qui ont montré que la teneur en protéines brutes du taro varie généralement entre 3 et 6 %.

Les trempages dans l'eau et dans la solution de maïs entraînent une baisse non significative de la teneur en protéines des cossettes (de 3,26 % (T0) à 3,19 % pour le trempage dans la solution de maïs et à 2,98 % dans le cas du trempage dans l'eau au bout de 6 h de trempage) (figure 18). Le trempage dans la solution de tamarin entraîne une diminution modérée mais significative ($p < 0,05$) de la teneur en matières azotées totales dès la sixième heure de trempage jusqu'à la vingt quatrième heure (de 3,26 % (T0) à 2,68 % (T24)) et la teneur finale est significativement différente de ce que l'on obtient avec le trempage dans l'eau ($p=0,002$) et l'infusion de maïs ($p < 0,001$).

- Influence du trempage sur la teneur en fibres brutes

La teneur en fibres brutes du taro cultivé au Tchad est relativement supérieure (3,25 % par rapport à la matière sèche pour T0) à celle rapportée par Onwueme *et al.* (1994) concernant les tubercules de taro des régions du Pacifique dont la teneur en fibre oscille entre 0,6 et 1,4 % de MS.

Sur la figure 19, on remarque globalement, une baisse de la teneur en fibres des échantillons de taro au cours des procédés de trempage. Cette baisse est significative dans le cas de taro

trempe dans l'eau ($p=0,009$) et dans le cas du trempage dans l'infusion du maïs ($p < 0,001$). La solution de trempage de maïs étant assez riche en azote, les fermentations sont favorisées plus précocement que dans l'eau.

En revanche, nous n'observons pas de variation significative de cette teneur en fibres dans le taro trempé dans l'infusion de tamarin (3,27 % de MS (T3) à 3,24 % (T24)).

-Influence du trempage sur la teneur en cendres du taro

Les cossettes de taro sont très pauvres en minéraux totaux (2,03 %) avant trempage (tableau 13). Les trois procédés de trempage utilisés entraînent une baisse modérée mais significative ($p < 0,05$) de la teneur en cendres du taro. Cette baisse est statistiquement identique pour les trois procédés de trempage (2,03 % à T0 respectivement 1,57 % de la MS pour l'infusion de maïs, 1,50 % de la MS pour l'eau et 1,54 % de la MS pour l'infusion de tamarin à T24).

Tableau 13: Teneur en cendres de farines de taro au cours du trempage traditionnel dans la solution d'infusion de tamarin, dans la solution de macération de maïs et dans l'eau ($n=3$; moyenne \pm Ecart type)

% MM	Durée du trempage					
	0 (témoin)	1 heure	3 heures	6 heures	12 heures	24 heures
Solutions de trempage						
Tamarin	2,005 \pm 0,034	1,940 \pm 0,009	1,694 \pm 0,023	1,596 \pm 0,092	1,657 \pm 0,147	1,537 \pm 0,071
Maïs	2,005 \pm 0,034	1,986 \pm 0,083	1,898 \pm 0,075	1,624 \pm 0,015	1,775 \pm 0,099	1,568 \pm 0,066
Eau	2,005 \pm 0,034	1,822 \pm 0,013	1,696 \pm 0,124	1,587 \pm 0,251	1,738 \pm 0,140	1,503 \pm 0,021

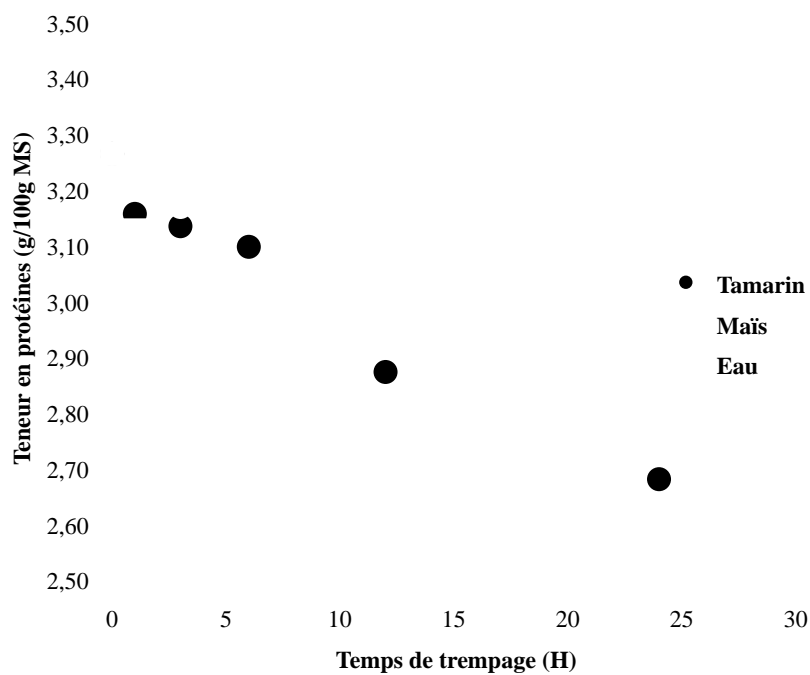


Figure 18 : Influence du trempage sur la teneur en matières azotées totales du taro

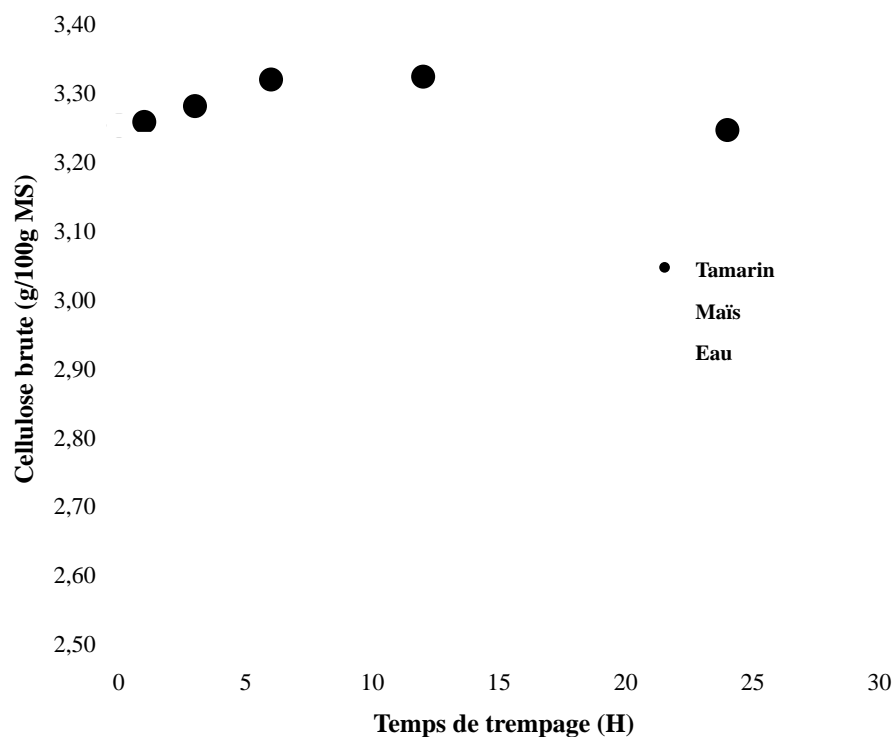


Figure 19 : Evolution de la teneur en fibres brutes du tubercule de taro au cours du trempage

Influence du trempage sur quelques oligoéléments (fer et zinc) et minéraux majeurs (calcium, phosphore, potassium, magnésium, sodium)

- Influence du trempage sur le taux de fer et du zinc

On note une diminution importante et très significative du fer pendant le processus du trempage (figure 20). La plus forte diminution a été constatée dans le cas de trempage dans l'eau. Elle passe de 144 mg/Kg de MS (T0) à 78 mg/Kg de MS pour l'échantillon de taro trempé dans l'eau à T12 soit un pourcentage de perte qui s'élève à 45,83 %. La plus faible diminution est observée dans le cas de l'échantillon trempé dans l'infusion de tamarin avec un pourcentage de perte maximale de 31,25 % à T24.

Le trempage pendant 24 h entraîne une diffusion importante du fer dans les solutions de trempage. Les analyses statistiques (ANOVA) montrent qu'en général, les solutions de trempage réduisent significativement la teneur en fer du taro ($p < 0,01$). Comparés deux à deux, les échantillons de taro provenant de trois solutions de trempage sont aussi tous statistiquement différents ($p < 0,01$).

En ce qui concerne la teneur en zinc du taro, les solutions de trempage dans l'infusion de tamarin d'une part et dans l'eau d'autre part n'influencent pas de manière significative la perte en zinc au cours du procédé. Par contre, l'infusion du maïs entraîne une chute significative de la teneur en zinc du taro ($p < 0,01$). En outre, les échantillons de taro trempés dans l'infusion de maïs sont significativement différents de taros trempés dans l'infusion de tamarin et des taros trempés dans l'eau au seuil de 5 %.

- Effet du trempage sur la teneur en calcium du taro

On constate une chute significative du taux de calcium dans tous les trois procédés et ceci dès le début du trempage (0,89 g/Kg de MS (T0) à 0,55 g/Kg de MS pour le taro trempé dans l'infusion de maïs au bout de six heures de trempage). Néanmoins, on note une augmentation significative du taux de calcium dans le cas du trempage dans l'infusion de tamarin à partir de la sixième heure de trempage comparativement aux deux autres solutions (infusion de maïs et l'eau respectivement $p=0,031$ et $p=0,040$). L'infusion de maïs et le trempage dans l'eau sont statistiquement semblables. (figure 21)

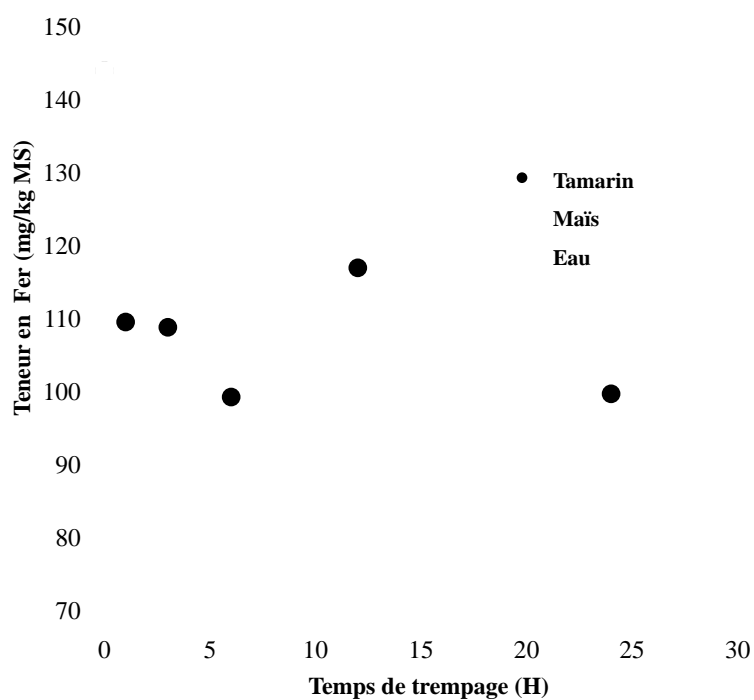


Figure 20: Evolution du taux de fer dans la farine de taro au cours du trempage

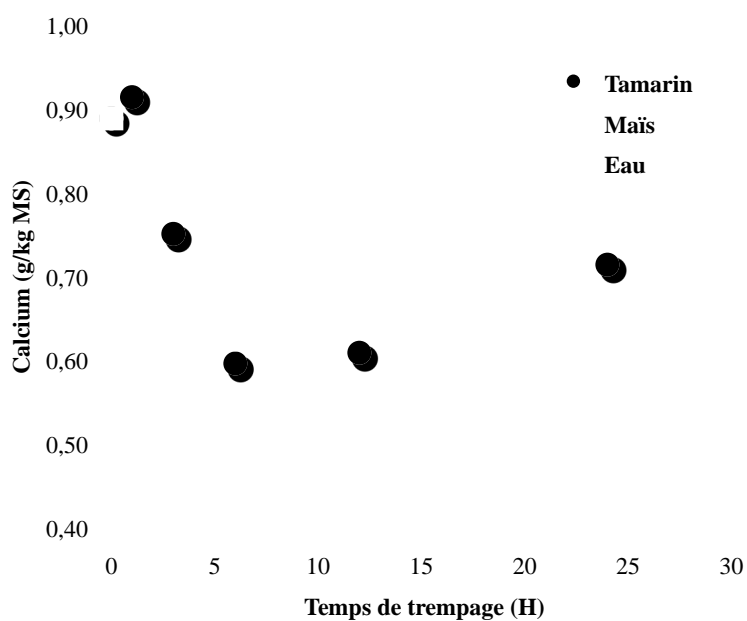


Figure 21 : Evolution de la teneur en calcium du taro au cours du trempage

- Effet du trempage sur la teneur en phosphate inorganique du taro

Dans tous les cas, nous constatons que le trempage entraîne une variation importante de la teneur en phosphore du taro (0,69 g/Kg de MS (T0) à 0,47 g/Kg de MS pour le taro trempé dans l'eau à T3). La teneur en phosphate inorganique obtenue sur le taro brut (témoin) est globalement en accord avec les résultats rapportés par Sefa-dedeh et Agyir-sackey (2004) qui ont montré que le taux du phosphore dans le taro s'élevait à 0,61 g/Kg. Par ailleurs, on note un enrichissement très significatif ($p < 0,001$) en phosphore dans le cas du taro trempé dans la solution de trempage du maïs atteignant une valeur optimale de 1,02 g/Kg (MS) au cours de 24 h de trempage. En revanche, on note significativement ($p < 0,05$), une baisse de la teneur en phosphore dans le cas du taro trempé dans l'infusion de tamarin et l'échantillon issu du trempage dans l'eau (figure 22).

- Evolution de la teneur en Potassium du taro au cours du trempage

Par rapport aux autres minéraux analysés, nous constatons que le Potassium constitue le minéral le plus abondant dans le taro (10,2 g/Kg de MS à T0). Cependant, cette teneur appréciable décroît très significativement ($p < 0,001$) au cours des différents traitements appliqués atteignant des valeurs maximales de 7,3 g/Kg de MS pour l'eau (T24) ; 6,6 g/Kg de MS pour le tamarin à T24 et 6,4 g/Kg de MS pour le maïs à T24 (figure 23). On constate enfin, que les traitements à l'infusion de tamarin et à l'infusion de maïs sont statistiquement semblables et présentent tous une différence significative ($p < 0,05$) avec le traitement à l'eau.

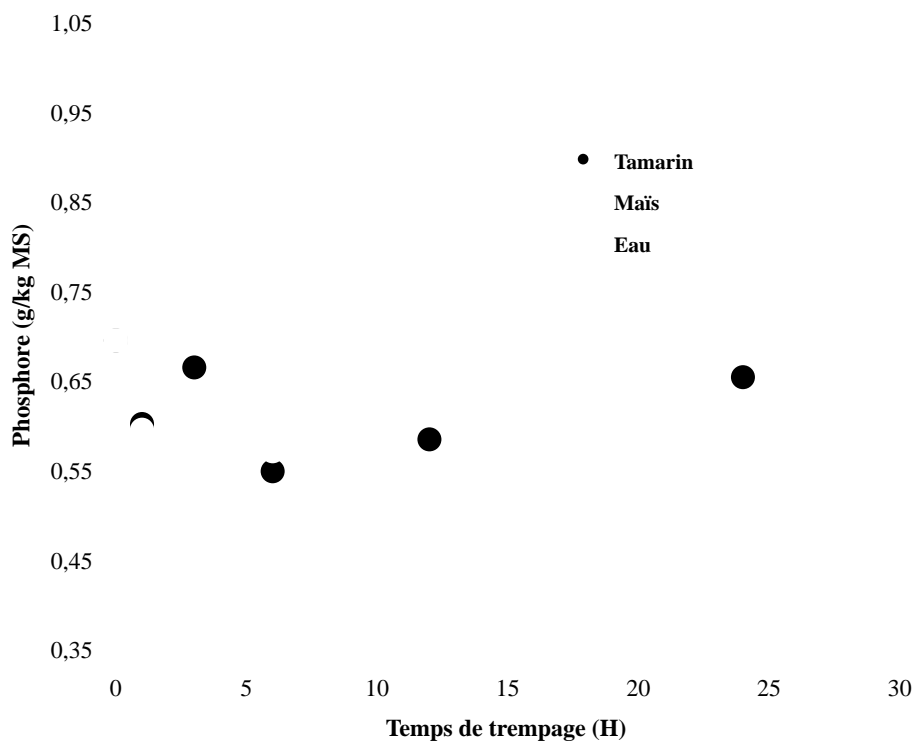


Figure 22 : Evolution de la teneur en phosphore de taro au cours du trempage

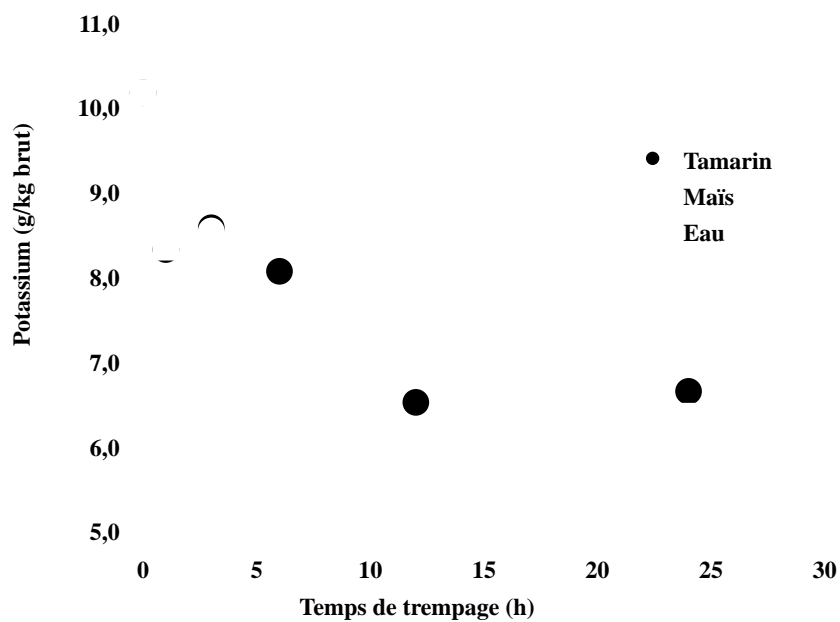


Figure 23 : Evolution du taux de potassium dans le taro au cours du trempage

- Effet du trempage sur la teneur en magnésium du taro

La perte en magnésium au cours du trempage est moindre dans le cas de taro trempé dans la solution du maïs comparativement aux deux autres solutions de trempage. La teneur en magnésium évaluée sur le taro brut (témoin ou T0) s'élève à 0,91 g/Kg de MS tandis qu'elle est de 0,76 g/Kg pour le traitement à l'infusion de maïs au bout de 24 h de trempage ; ce qui équivaut à une réduction significative ($p=0,043$) de 13,18 %. En revanche, on constate une chute très significative ($p < 0,001$) de la teneur en magnésium du taro dans les traitements à l'infusion de tamarin et à l'eau avec des teneurs respectives de 0,57 g/Kg de MS et 0,54 g/Kg de MS à 24 h de trempage. En outre, on observe (figure 24) une diminution importante dès les premières heures de trempage et une tendance à l'équilibre après 6 h de trempage.

- Evolution de la teneur en sodium du taro au cours du trempage

Parmi les minéraux majeurs analysés, nous remarquons que le sodium représente le minéral le moins abondant (0,45 g/Kg MS à T0). Cependant, on constate (figure 25) une forte augmentation significative ($p < 0,001$) de la proportion du sodium dans tous les échantillons traités. Elle passe de 0,46 g/Kg de MS (T0) à 0,91 g/Kg pour l'échantillon traité à l'infusion de tamarin ; 0,86 g/Kg de MS pour le trempage dans l'eau et enfin à 0,72 g/Kg de MS pour le taro trempé dans l'infusion du maïs. Cette augmentation serait probablement liée à la nature des solutions de trempage.

Les analyses statistiques montrent qu'il n'existe aucune différence significative entre les différentes solutions de trempage hormis le traitement à l'eau qui présente une différence légèrement significative par rapport au trempage dans l'infusion du maïs ($p=0,01$).

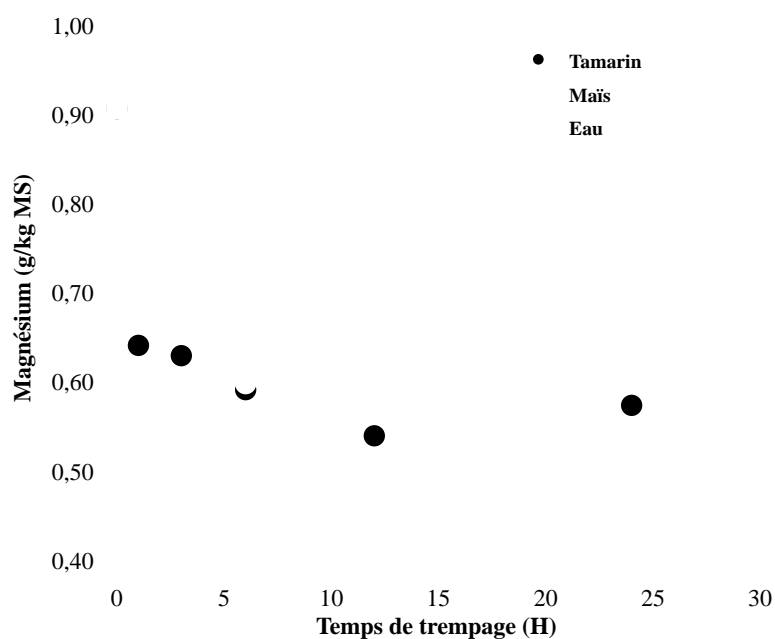


Figure 24: Evolution du taux de magnésium dans le taro au cours du trempage

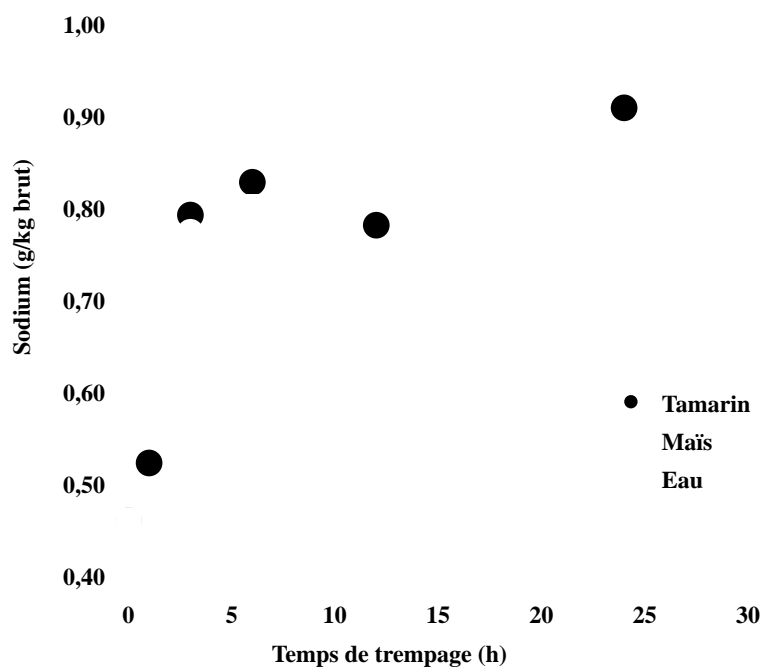


Figure 25: Evolution de la teneur en sodium du taro au cours du trempage

CHAPITRE II : Digestibilité "*in vitro*" d'amidon de taro selon les modes de trempage

I- INTRODUCTION

Les procédés traditionnels de traitement des cossettes séchées de taro ont la réputation de diminuer l'âcreté du tubercule et de faciliter sa cuisson (Soudy *et al.*, 2008) en faisant passer le temps de cuisson de 2 h en moyenne à moins de 30 minutes.

Selon le rapport de la FAO (1991), le taro présente une bonne qualité digestive et contient des facteurs antiallergiques.

La digestibilité, exprimée par le coefficient d'utilisation digestive (C.U.D) Jacquot (1956), est une mesure globale de l'ensemble des phénomènes qui aboutissent à l'absorption intestinale des éléments du bol alimentaire (Adrian *et al.*, 1995). Cette notion quantitative est associée à la notion de cinétique en fonction du temps, exprimant qu'un aliment est digéré plus ou moins vite et plus ou moins facilement. Ainsi, il est possible de reproduire *in vitro* l'ensemble des phénomènes de dégradation d'un nutriment en s'affranchissant du modèle animal.

Njintang (2003) mentionne que la cuisson des tubercules non épluchés de taro améliore la digestibilité du « *Achu* », un aliment à base de taro largement consommé au Cameroun. Favier (1969) a remarqué que la fermentation n'intervient pas pour accroître la sensibilité de l'amidon de manioc à l'amylase et seul le chauffage, aussi bref et modéré soit-il, facilite l'activité amylasique de l'animal dans la dégradation de l'amidon. En revanche, Elkhaila *et al.*, (2004) ont montré que la fermentation améliore très significativement la digestibilité *in vitro* des grains d'amidon du sorgho. Il a été également démontré que les procédés de fermentation et de trempage entraînent une modification de la composition chimique et de la valeur nutritive de la farine du taro et du sorgho (Soudy *et al.*, 2010 ; Nour *et al.*, 2010).

Par ailleurs, les nombreuses recherches effectuées sur l'amidon ont montré que sa vitesse d'hydrolyse enzymatique dépendait de sa structure granulaire et physico-chimique. Cette structure étant elle-même sous la dépendance de l'origine botanique de l'amidon considéré et des traitements technologiques qu'il a préalablement subis. Les grains d'amidon du taro sont très petits (10 à 20 μm), d'une taille voisine à ceux du riz (4 à 6 μm), du maïs (15 à 25 μm) mais bien inférieure à celle des grains d'amidon du manioc (25 à 35 μm) ou de la pomme de terre (100 à 200 μm) (FAO, 1991). Cette taille réduite des grains améliore la digestibilité de l'amidon et le rend plus approprié à l'alimentation des nourrissons et des malades.

A notre connaissance, la littérature concernant les effets du trempage traditionnel pratiqué par les paysans de la région du Mayo-Kebbi sur la digestibilité reste inexistante. Ainsi, convient-il

d'évaluer et de comparer l'influence de ces différents traitements de trempage sur la digestibilité *in vitro* de l'amidon du taro?

La méthode utilisée implique une α -amylase bactérienne pour mesurer les cinétiques de dégradation de l'amidon de taro en fonction du temps de digestion.

II- METHODOLOGIE

II-1 Site d'échantillonnage

Les échantillons de taro qui ont servi pour cette étude ont été également récoltés à Kolobo selon la méthodologie du chapitre précédent.

II-2 Traitement

Les différents traitements effectués sur ces tubercules ont été la reproduction fidèle des techniques artisanales pratiquées par les paysans de cette région, conformément à la description faite précédemment. Les différentes farines obtenues (voir partie matériel et Méthodes du précédent chapitre) ont été soumises à une dégradation sous l'action de l' α -amylase bactérienne.

II-3 Digestibilité in vitro de l'amidon de taro

a- Protocole expérimental

La digestibilité *in vitro* de l'amidon a été mesurée par la méthode décrite par Zhang *et al* (1995), légèrement modifiée par Liu *et al.* (1997). Elle consiste à mélanger 30 ml de tampon Phosphate (0,2 M, pH 6,9) [préparé à partir de Na_2HPO_4 (PROLABO réf : 28026292) et de KH_2PO_4 (PROLABO réf : 26926.29)] avec 1 g de farine dans un tube à essai de 50 ml. Après chauffage dans un bain-marie (marque GYROTORY Water Bath Shaker, model G 76) à 95°C pendant 30 minutes et refroidissement à 25°C, 1 ml de la suspension enzymatique d' α -amylase (320 Units bacterial, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO) est ajouté. L'incubation a duré au total 12 h du temps à une température de 30°C dans ce bain-marie sous agitation. La réaction de la digestion a été stoppée par l'addition de 5 ml d'acide sulfurique 1 % (w/v) (PROLABO). Les échantillons sont ensuite centrifugés à 5600 tours par minute et le culot résultant de la fraction indigeste de la farine est lavé avec de l'éthanol 80 % (Chimie-PLUS, 12045) puis centrifugé de nouveau et séché jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Pour chaque échantillon, un blanc constitué d'amidon sans hydrolyse enzymatique est introduit pour corriger la concentration initiale en sucres solubles.

La digestibilité de l'amidon est donc exprimée comme étant le pourcentage de poids perdu après la digestion enzymatique par l' α -amylase.

Ainsi, la digestibilité *in vitro* de l'amidon de différentes farines de taro a été déterminée par l'étude des cinétiques de son hydrolyse par l' α -amylase bactérienne en tenant compte de cinq temps de digestion. Ce qui correspond à un dispositif expérimental de type factoriel 1 x 3 x 5 x 5 x 3: 1 variété de tubercule (taro), 3 solutions de trempage (eau, infusion de tamarin, solution de maïs) ; 5 temps de trempage (1 h, 3 h, 6 h, 12 h et 24 h), 5 temps de digestion (0, 3h, 6 h, 9 h et 12 h) et 3 répétitions. Le temps de trempage T0 représente le témoin ou échantillon non trempé tandis que le temps de digestion zéro (0) représente l'échantillon sans enzyme.

b- Analyses statistiques

Les effets du trempage pour chaque type d'échantillon ont été évalués par l'analyse de variance et chaque échantillon a été répété en fonction de la solution de trempage et du temps de digestion. Les analyses statistiques ont été réalisées par le logiciel SPSS (SPSS Inc. Chicago, II, USA) et par Excel sur un ordinateur Mac 2004, version 11.1.1 iBook G4. Le seuil de significativité de tous les tests était fixé à $P < 0,05$.

III- RESULTATS

- Effet du trempage et de la cuisson sur la digestibilité in vitro de l'amidon de taro (T0)

L'évaluation de la dégradation de l'amidon de farine de taro notée T0, correspondant à une incubation en l'absence des enzymes. Cette phase de dégradation de taro à T0 présente l'intérêt de corriger les erreurs liées à l'action effective des amylases bactériennes utilisées dans cette expérimentation. Les résultats présentés dans le tableau 14, montrent que, comparativement à l'échantillon non traité, le trempage induit globalement une amélioration de la digestibilité de taro. On note ainsi, une digestibilité plus importante dans le cas des échantillons issus des solutions de trempage. Le degré de digestibilité a été évalué à 39,3 % pour l'échantillon témoin tandis qu'il atteint un maximum de 78,7 % dans le cas de l'échantillon trempé dans l'eau.

Cette première phase de digestion a également permis de constater que la digestibilité de l'amidon de taro varie d'un mode de trempage à un autre (Tableau 14). C'est ainsi qu'après une heure de trempage, on a remarqué que tous les échantillons issus de différentes solutions de trempage présentent des degrés de digestibilité significativement différents ($P < 0,05$). Au bout de trois heures de trempage, l'amidon de taro issu du trempage dans la solution du maïs est significativement plus digestible que l'amidon de taro provenant de deux autres

traitements (tamarin, eau) qui sont statistiquement semblables. A six heures de trempage, les échantillons de taro trempés dans la solution du maïs et ceux trempés dans l'eau présentent quasiment le même degré de digestibilité. En revanche, la digestibilité de l'échantillon trempé dans la solution d'infusion de tamarin reste relativement faible comparée aux deux autres traitements. L'analyse des variances montre que la digestibilité d'amidon des échantillons de taro issus du trempage dans l'infusion de tamarin et les échantillons provenant de deux autres traitements (eau et maïs) sont significativement différents au seuil de 5 %. La même observation a été faite après 12 h de trempage. L'amidon de taro provenant du traitement à l'eau et à la solution du maïs apparaissent significativement plus digestibles que les échantillons traités à l'infusion de tamarin.

Au final de 24 h de trempage, on a constaté que les échantillons issus du trempage dans l'infusion de tamarin présentent un degré de digestibilité statistiquement semblable aux deux autres traitements.

- Digestibilité *in vitro* d'amidon de farine de taro après 3 h d'incubation (T3)

Il s'agit d'une évaluation de l'influence du trempage sur la digestibilité *in vitro* d'amidon de différentes farines de taro après trois heures d'incubation sous l'action d'amylase bactérienne. Globalement, on constate que la digestibilité est nettement améliorée dans le cas des échantillons trempés dans l'infusion de tamarin et aussi dans le cas des échantillons issus de trempage dans l'infusion de maïs. En revanche, elle reste faible dans le cas des échantillons trempés dans l'eau. On a remarqué que cette digestibilité est significativement plus élevée au bout de trois heures de trempage dans le cas du maïs et du tamarin par rapport au traitement à l'eau au seuil de 5 %. Après 24 h de trempage, les mêmes résultats ont été obtenus (tableau 15).

Tableau 14 : Comparaison de digestibilité d'amidon à T0 en fonction du temps de trempage

Temps de trempage	Tamarin	Maïs	Eau
0	39,3 ± 3,9 ^a	39,3 ± 3,9 ^a	39,3 ± 3,9 ^a
1 h	43,0 ± 5,7 ^a	73,3 ± 7,3 ^b	57,9 ± 4,3 ^c
3 h	60,9 ± 8,8 ^a	77,1 ± 6,7 ^b	60,5 ± 9,7 ^a
6 h	57,9 ± 4,3 ^a	69,1 ± 5,4 ^b	68,8 ± 6,9 ^b
12 h	52,7 ± 2,9 ^a	67,4 ± 3,2 ^b	67,6 ± 6,9 ^b
24 h	75,1 ± 2,3 ^{ab}	72,0 ± 2,0 ^a	78,7 ± 5,7 ^b

Les moyennes sur la même ligne suivies de lettres identiques ne présentent pas de différences significatives.

Tableau 15 : Digestibilité de farines de taro après 3 h d'incubation (T3)

Temps de trempage	Tamarin	Maïs	Eau
0	72,6 ± 4,3 ^a	72,6 ± 4,3 ^a	72,6 ± 4,3 ^a
1h	81,9 ± 6,1 ^a	87,2 ± 7,0 ^b	76,2 ± 6,3 ^c
3h	93,7 ± 8,9 ^a	90,8 ± 6,9 ^a	77,5 ± 9,5 ^b
6h	94,6 ± 4,3 ^a	95,7 ± 5,4 ^a	81,1 ± 6,9 ^b
12h	90,1 ± 2,9 ^a	87,7 ± 3,1 ^b	88,9 ± 7,5 ^{ab}
24h	93,4 ± 2,3 ^a	92,7 ± 2,7 ^a	90,8 ± 5,5 ^b

Les moyennes sur la même ligne suivies de lettres identiques ne présentent pas de différences significatives.

- Digestibilité *in vitro* d'amidon de farine de taro après 6 h d'incubation (T6)

Sur la figure 26, on remarque que du début de trempage jusqu'à une période de 6 h de temps de trempage, la digestibilité de taro traité à l'infusion de tamarin est significativement plus importante que celle de deux autres traitements (solution de maïs et eau).

- Digestibilité *in vitro* d'amidon de taro après 9 h de digestion (T9)

En début de trempage, on constate que les échantillons de taro traités au tamarin ainsi que ceux issus de la solution du maïs (figure 27) sont significativement mieux digestibles que les échantillons traités à l'eau ($P < 0,05$). En revanche, à partir de six heures de trempage, on remarque que tous les échantillons ont été pratiquement digérés à plus de 90 %. L'analyse de variance a montré qu'à partir de 6 h de trempage, tous les échantillons sont statistiquement semblables.

- Digestibilité *in vitro* d'amidon de taro après 12 h de digestion (T12)

Le tableau 16 montre la digestibilité *in vitro* de l'amidon des différentes farines de taro après 12 h d'incubation enzymatique. Après une heure de temps de trempage, on constate que le taro traité à l'infusion de maïs est significativement plus digestible que les deux autres traitements au seuil de 5 %. Néanmoins, pour tous les trois traitements, force est de constater qu'ils sont tous digérés à plus de 90 % dès la première heure du trempage. Un maximum de digestion d'amidon de taro a été noté sur les échantillons issus de la solution du maïs au bout de 24 h de temps de trempage (97,5 %).

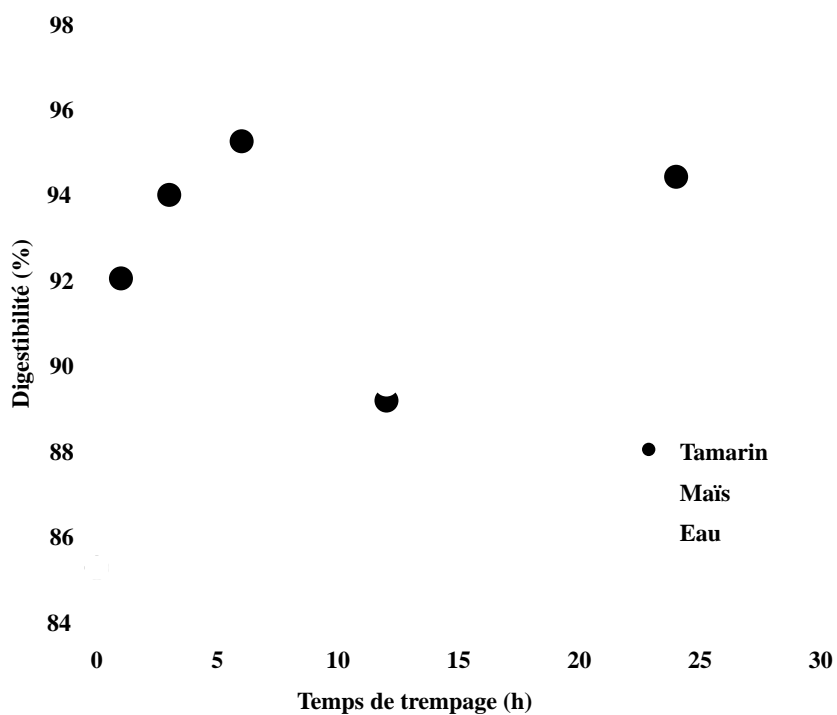


Figure 26: Digestibilité d'amidon de taro après 6 h d'incubation

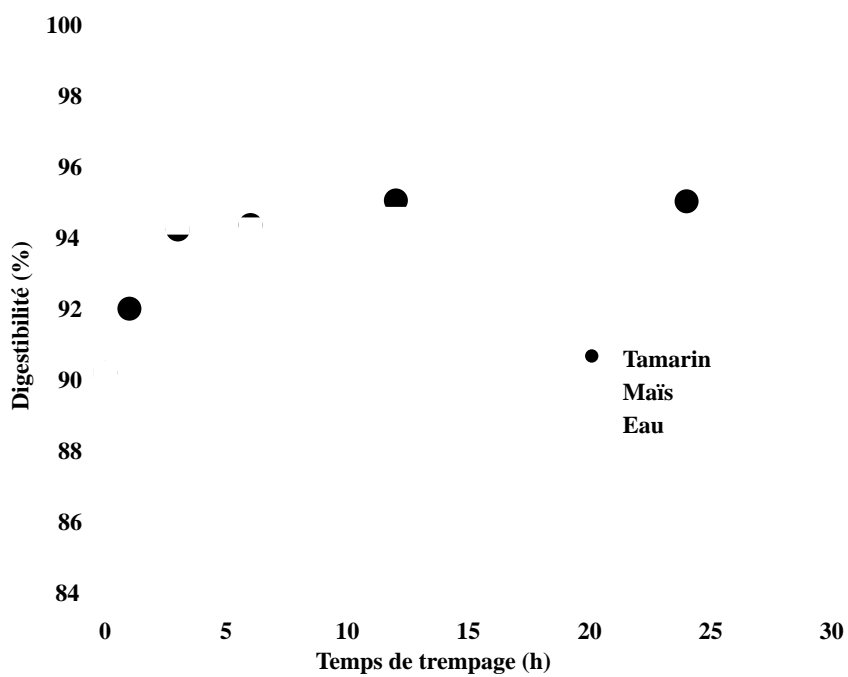


Figure 27: Digestibilité d'amidon de taro après 9 h d'incubation

Tableau 16: Digestibilité d'amidon de farine de taro au bout de 12 h d'incubation (T12)

Temps de trempage	Tamarin	Maïs	Eau
0	91,5 ± 4,6 ^a	91,5 ± 4,6 ^a	91,5 ± 4,6 ^a
1h	92,4 ± 5,8 ^a	94,7 ± 7,3 ^b	90,6 ± 6,9 ^c
3h	94,5 ± 8,4 ^{ab}	95,6 ± 7,6 ^a	93,3 ± 9,1 ^b
6h	95,4 ± 4,2 ^a	96,5 ± 5,3 ^a	95,1 ± 7,0 ^a
12h	94,4 ± 2,8 ^a	96,2 ± 5,9 ^a	95,7 ± 7,6 ^a
24h	96,8 ± 2,3 ^a	97,4 ± 23,2 ^a	96,3 ± 4,9 ^a

Les moyennes sur la même ligne suivies de lettres identiques ne présentent pas de différences significatives.

DEUXIEME PARTIE : TOXICITE ET « DETOXIFICATION » DU TARO

CHAPITRE I : Recherche de cyanure dans le taro, le sorgho et le manioc cultivés au Tchad

I- INTRODUCTION

Certaines plantes céréalières et tubercules renferment un hétéroside cyanogénétique. L'hydrolyse de ce type d'hétéroside s'accompagne d'un dégagement d'acide cyanhydrique qui est un composé toxique. En effet, l'hétéroside cyanogénétique se décompose à la chaleur et l'acide cyanhydrique libéré est très volatil. Les tubercules de manioc (*Manihot esculenta* Crantz), les feuilles de certaines espèces de taro comme le « taro géant » (*Alocasia macrorrhizos* (L.) G. Don.) et les feuilles de jeunes plantes de sorgho (*Sorghum vulgare*) contiennent une teneur élevée en hétéroside cyanogénétique (Haque et Bradbury, 2002). Divers types d'hétérosides cyanogénétiques ont été ainsi identifiés (la linamarine, la Dhurrine, la Triglochinine etc.) (Merina *et al.*, 1998 ; Mao *et al.*, 2001). La linamarine a été identifiée dans toutes les parties du manioc tandis que la triglochinine a été trouvée en quantité appréciable au niveau des feuilles et de la tige du « taro géant » (Haque et Bradbury, 2002). En effet, la triglochinine est un glycoside cyanogénétique très abondant dans certaines plantes comme le troscart des marais (*Triglochin palustre*) qui est une plante indigène très présente au Canada dans les endroits détrempés saumâtres ou calcaires. La triglochinine devient plus abondante pendant les périodes où la plante manque d'eau. Looman *et al.*, (1983) ont signalé des intoxications occasionnelles chez les bovins et les moutons en Colombie-Britannique. Chez tous les animaux, les symptômes d'intoxication sont semblables à ceux observés dans les cas d'intoxication au cyanure: convulsions, nervosité, tremblements et décubitus, puis mort. Au Tchad, la mort subite des animaux en cours de pâturage (chèvres, moutons, bœufs) est très fréquente. L'origine de cette mort n'est pas toujours précisément déterminée mais les symptômes décrits par les paysans de la région du Mayo-kebbi (Tchad) sont similaires à ceux rapportés par Looman *et al.* (1983). Aucun travail n'a été mené pour évaluer la présence de cyanure dans les plantes cultivées au Tchad. Cependant, le taro, le sorgho ou le manioc sont censés contenir ces substances toxiques dont l'effet fatal a été relaté par plusieurs auteurs.

D'autre part, la consommation de taro pose un problème d'âcreté. L'origine de cette âcreté reste encore un sujet de controverses. Selon plusieurs auteurs, les oxalates, les enzymes protéolytiques et ou un hétéroside cyanogène seraient probablement responsables de cet âcreté (Tang et Sakai, 1983 ; Pena et Pardales, 1984 ; Perera *et al.*, 1990 ; Bradbary et Nixon, 1998).

Cette étude se propose de:

- Vérifier la présence de cyanures sur une gamme de plantes alimentaires cultivées au Tchad de façon à établir leur implication éventuelle dans la mort subite des animaux ;
- Déterminer l'origine probable de l'âcreté du taro produit au Tchad par l'évaluation de la présence d'hétéroside cyanogénétique qui pourrait aussi être la cause de ce désagrément.

II- MATERIEL ET METHODES

II-1 Matériel

a- Echantillonnage

Les échantillons de taro, de sorgho et du manioc ont été prélevés dans des champs de culture à Kolobo (Mayo-Kebbi). Les premiers échantillons (feuilles et tiges) sont récoltés en début de croissance de la plante (un mois après la semence). Un autre prélèvement (tubercules de manioc et de taro et les feuilles de sorgho) a été réalisé à la fin de la croissance des plantes (plante à maturité). Pour les tests au laboratoire, les feuilles du laurier cerise cueillies sur le site de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon (ENVL) ont servi de témoin positif dans cette expérience.

b- Quelques Caractéristiques des échantillons

- Le taro

Le taro est une plante herbacée pérenne dont les grandes feuilles (figure 28) sont essentiellement utilisées comme légumes dans l'alimentation humaine dans plusieurs pays tropicaux. Selon le rapport de la Commission du Pacifique Sud (CPS) (1993), le taro offre aux Océaniens un aliment de premier ordre. En effet, ses tubercules (figure 29) et ses feuilles recèlent des vitamines, des sels minéraux et de l'énergie dont l'organisme humain a besoin pour se maintenir en bonne santé.



Figure 28: Feuilles de taro du Mayo-Kebbi



Figure 29: Tubercules de taro du Mayo-kebbi

- Le Sorgho

Le sorgho (*Sorghum bicolor* L.Moench) est une culture vivrière appartenant à la famille des Poacées. Cultivé dans de nombreux pays, le sorgho (figure 30) constitue un aliment destiné à la consommation à la fois humaine et animale. A l'instar des autres céréales (riz, maïs), le sorgho est consommé en grain (épis entiers cuits) (Figure 31), ou en farine. Les feuilles sont très consommées par les animaux. Cependant, bien qu'il entre souvent dans la composition des biscuits, le sorgho est principalement destiné à l'alimentation animale dans les pays occidentaux et en Afrique du Nord. Il peut être aussi cultivé pour l'ensilage ou pour l'alimentation des volailles. Une fois égrenées, les parties végétatives de certaines variétés à panicule lâche sont utilisées comme balai grâce à leurs longues fibres flexibles.

- Le manioc

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est une plante vivace (figure 32) appartenant à la famille des Euphorbiacées. Les tubercules (figure 33) servent de nourriture de base pour près de 800 millions de personnes sous les tropiques (Djoulde, 2005).

Le manioc, qui ressemble beaucoup plus à une patate douce, est riche en glucides. Ses feuilles contiennent à peu près la même quantité de protéines que l'œuf. Cette culture peut être transformée en farine et en nourriture de bétail de qualité. Le manioc est cultivé essentiellement pour ses racines (tubercules), qui entrent dans l'alimentation quotidienne de nombreuses populations, surtout africaines. On utilise aussi ses feuilles et accessoirement ses tiges qui servent parfois à préparer un sel alimentaire (Djoulde, 2005).

Malgré son importance, ce tubercule présente un inconvénient majeur qui limite son utilisation en alimentation humaine : Une toxicité liée à la présence de composés cyanogènes.



Figure 30 : Champ de sorgho en début de croissance



Figure 31 : Champ de sorgho à maturité (Mayo-Kebbi)



Figure 32 : Jeune plant de manioc du Mayo-Kebbi



Figure 33: Tubercules de manioc (Mayo-Kebbi)

II-2 Méthode d'évaluation de cyanures

Cette première étape d'étude est qualitative et utilise la méthode standard au papier picro-sodé de Guignard.

a- Principe

L'acide cyanhydrique qui se dégage, lorsque l'on chauffe modérément l'échantillon qui renferme cet hétéroside cyanogénétique, va provoquer le changement de couleur du papier picro-sodé du jaune au rouge brique.

b- Protocole expérimental

La préparation du papier picro-sodé a consisté à tremper des bandes de papier filtre dans une solution à 1 % d'acide picrique; puis le papier a été laissé sécher à température ambiante pendant au moins une heure; Ensuite ces bandes de papier ont été trempées dans une solution à 10 % de carbonate de sodium et laisser sécher. La conservation se fait à l'abri de la lumière.

Le test est réalisé suivant le protocole ci-après :

- Environ 40 g d'échantillon à analyser (fragments de tiges, feuilles ou tranches de tubercules frais) ont été placés dans un erlenmeyer avec 50 ml d'eau.
- Une bande de papier picro-sodé a été suspendue dans le flacon en le coinçant dans le bouchon en veillant à ce que le papier reste bien sec de façon à ne pas toucher le liquide et les parois de l'erlenmeyer;
- Les flacons hermétiquement fermés ont été placés à l'étuve à 40°C pendant 12 à 24 h.

Ainsi, si l'échantillon analysé renferme de l'acide cyanhydrique, le papier vire du jaune au rouge brique.

Une partie de l'expérimentation a été réalisée *in situ* et les échantillons ont été exposés au soleil à une température variant entre 45 et 50°C.

III- RESULTATS

Les tests d'évaluation de la présence de cyanure dans les feuilles, dans les tiges et dans les tubercules de taro sont représentés respectivement par les figures 34, 35 et 36. Après 48 h d'exposition au soleil, les feuilles et des tiges de taro coupées en tranches n'ont induit aucun virage du papier picro-sodé (figures 34 et 35). De même, les tests effectués sur les tubercules de taro et leurs épluchures après exposition à l'étuve pendant 48 h se sont révélés négatifs contrairement aux feuilles fraîches de laurier cerise servant de témoin positif dans cette expérience (figure 36). Tous les essais ont été reproduits à trois reprises et les mêmes résultats ont été obtenus. Ainsi, contrairement à certaines variétés de taro à l'exemple du taro géant cultivé en Australie qui renferme des hétérosides cyanogénétiques (Haque et Bradbury, 2002), la variété de taro cultivée au Tchad appelée « *Gouning Sosso* » est exempte de cette substance toxique. Nahrstedt (2001) a même identifié deux types de glucoside cyanogénétique dans les feuilles de *Alocasia macrorrhiza*: la triglochinine et l'isotriglochinine. Dans les îles de la Réunion, l'espèce taro « géant » est connue sous le nom vernaculaire de « *Songe Papangue* » le distinguant ainsi de son congénère « *Colocasia esculenta* » appelé tout simplement « *Songe* » dans ce pays (Bock, 2002).

Ainsi, à l'issue de ces résultats obtenus, on peut conclure que les hétérosides cyanogénétiques suspectées ne sont pas à l'origine de l'âcreté de tubercules de taro cultivés au Tchad et moins encore impliquées dans la mort des animaux domestiques. En effet, selon Bradbury et Nixon (1998), le phénomène d'âcreté pourrait également provenir d'un hétéroside cyanogène, d'une substance histamino-libératrice ou plus vraisemblablement d'une enzyme protéolytique.



Figure 34 : Feuilles de taro exposées au soleil (test de cyanure négatif)



Figure 35: Tiges de taro (test cyanure négatif)

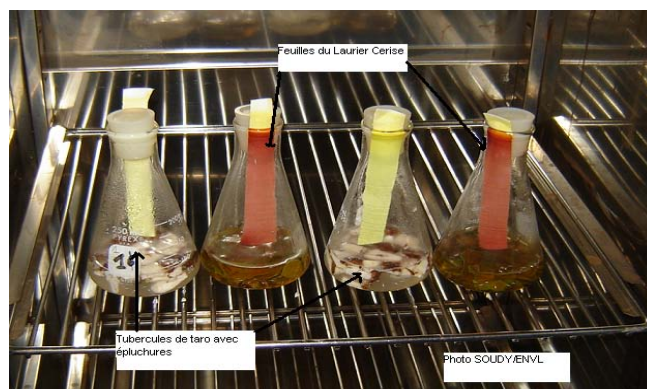


Figure 36: Test de détection du cyanure dans les tubercules de taro

Les images des figures 37 et 38 représentent l'évaluation de la présence de cyanures respectivement dans les tubercules et dans les feuilles de manioc. Dans les deux cas (tubercules et feuilles de manioc), on a remarqué un virage du papier picro-sodé du jaune au rouge juste après deux heures d'exposition à la chaleur (exposition au soleil et à l'étuve). Le test a été reproduit à trois reprises et tous se sont révélés positifs. Nartey (1978) avait regroupé le manioc en deux catégories selon leur teneur en acide cyanhydrique : le manioc doux qui ne contient pas ou très peu de cyanure au niveau des tubercules et le manioc amer qui présente une teneur élevée en acide cyanhydrique dans toutes les parties de la plante. A la lumière de cette caractérisation, on peut penser que le manioc cultivé au Mayo-kebbi appartiendrait au groupe de manioc amer riche en acide cyanhydrique. Ce type de manioc pourrait donc être impliqué dans la mort subite des animaux qui le consomment à l'état cru.

L'évaluation de la présence de cyanure dans les feuilles du sorgho jeune et à maturité est également représentée dans la figure 38. Les résultats montrent qu'en début de croissance (à un mois), les feuilles de sorgho contiennent de cyanures alors qu'à maturité aucun virage du papier picro-sodé n'a été constaté après une série de répétition. Ainsi, la consommation de ces jeunes feuilles de sorgho très cultivées dans la zone du Mayo-Kebbi, pourrait se révéler toxique conduisant à la mort brutale des animaux. Selon la littérature, certaines variétés de sorgho peuvent contenir un glycoside cyanogénétique qui produit du HCN en cas de stress ou de dommages causés par la gelée ou la mastication. Des bovins et, plus rarement, des chevaux ont été intoxiqués par cette plante [Kingsbury (1964) ; Gray *et al.*, (1968) ; Clay *et al.*, (1976)].

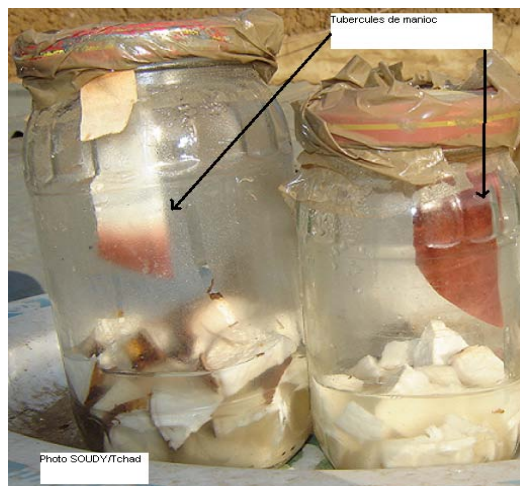


Figure 37 : Présence de cyanure dans les tubercules de manioc (exposition au soleil)



Figure 38 : Test de détection du cyanure dans les feuilles de manioc, dans les feuilles de sorgho et dans les tubercules de taro

CHAPITRE II : Influence des pratiques artisanales sur la teneur en oxalates de taro

I- INTRODUCTION

Le taro et plusieurs autres plantes de la famille des Aracées sont réputés contenir dans leurs cellules, des aiguilles (= raphides) d'oxalate de calcium insoluble et des sels solubles d'acide oxalique (Bruneton, 2009). La teneur en oxalates totaux dans les tubercules de taro a été évaluée à 2,05-4,21 % MS (Nip *et al.*, 1989). Selon plusieurs auteurs [Bradbury et Holloway, (1988); Agwunobi *et al.*, (2002)], les raphides d'oxalates seraient à l'origine de l'âcreté et de l'irritation provoquées par ces plantes. D'autres travaux antérieurs ont également impliqué les raphides d'oxalate de calcium pour expliquer le problème d'âcreté et d'irritation ressenti après consommation de ces types de plantes [Tang et Sakai (1983) ; Perera *et al.*, (1990); Bradbury et Nixon (1998)].

En revanche, d'autres travaux de recherche allant dans le sens de l'explication de l'origine du phénomène de l'âcreté ont émis des hypothèses différentes. En effet, Pena et Pardales (1984) ont montré plus tôt, que l'âcreté pourrait être due à la présence des enzymes protéolytiques appelées « Taroïin » isolées du taro (*Colocasia spp*). D'autre part, Paull *et al.* (1999), ont signalé que le problème d'âcreté que posent les aracées en général n'était pas dû aux raphides d'oxalates de calcium mais il serait plutôt causé par une protéine de faible poids moléculaire (28 KDa) et d'autres bandes de protéines non caractérisées associées aux raphides d'oxalates. Les enquêtes menées par Soudy *et al.* (2008) décrites précédemment, ont montré l'existence des techniques traditionnelles qui réduisent l'âcreté des tubercules de taro. Aucune irritation ni âcreté n'étaient observées sur les échantillons issus du trempage traditionnel utilisé par les paysans du Mayo-kebbi. Ainsi, convient-il d'évaluer la teneur en oxalate des différents échantillons de taro issus de cette pratique artisanale eu égard à l'hypothèse selon laquelle, le phénomène d'âcreté de ces tubercules de taro serait causé par les oxalates qu'ils contiennent.

Le but de cette étude est donc:

- d'évaluer la teneur en oxalates totaux du taro produit au Tchad ;
- de déterminer l'effet des pratiques artisanales sur la teneur en oxalates totaux des différents échantillons de taro afin de vérifier si l'âcreté est bien causée par la présence des oxalates.

II- MATERIEL ET METHODES

II-1 Echantillonnage

Comme décrit au chapitre précédant, les échantillons de taro (*Colocasia esculenta* L.SCHOTT) qui ont fait l'objet de cette étude ont été également récoltés des champs de taro à Kolobo (village situé dans la région du Mayo-Kebbi au Tchad).

II-2 Procédés de production traditionnelle de farine de taro

Les procédés artisanaux utilisés par les paysans de la région de culture du taro au Tchad ont été strictement suivis pour produire les différentes farines de taro destinées aux analyses (Voir le diagramme de production de farines de taro au chapitre précédant).

II-3 Méthode expérimentale

II-3-1 Dosage des oxalates totaux

Les oxalates de différents échantillons de farine de taro ont été extraits et analysés par la méthode de Chromatographie Liquide Haute Performance (HPLC) décrite par Holloway *et al.* (1989).

II-3-2 Dosage des protéines totales

La teneur en protéines totales de différents échantillons de taro a été déterminée selon la méthode standard de Kjeldahl (AFNOR, 1985) décrite dans le précédent chapitre.

II-4 Analyses statistiques

Les effets du trempage pour chaque type d'échantillon ont été évalués par l'analyse de variance et chaque échantillon a été répété en fonction de la solution de trempage et du temps de trempage. Les analyses statistiques ont été réalisées par le logiciel SPSS (SPSS Inc. Chicago, II, USA) et par Excel sur un ordinateur Mac 2004, version 11.1.1 iBook G4. Le seuil de significativité de tous les tests était fixé à $P < 0,05$.

III- RESULTATS

Les résultats montrent que la teneur en oxalates totaux obtenus sur l'échantillon de taro brut non traité (témoin) s'élève à 0,11 g/100g par rapport à la matière sèche (figure 39). Cette quantité d'oxalates évaluée dans les tubercules de taro cultivés au Tchad est très faible par comparaison à celle rapportée par Nip *et al.* (1989) sur la même variété de taro cultivée dans les îles Samoa (Amérique) dont le taux évalué d'oxalates totaux varie de 2,05 à 4,21 g/100g de matière sèche.

En revanche, les résultats obtenus sur le taro produit au Tchad se rapprochent de ceux rapportés par Catherwood *et al.* (2007) concernant la quantité d'oxalates de la même variété de taro cultivée au Japon (0,45 g/100g de matière sèche). Cette quantité reste néanmoins quatre fois supérieure à celle évaluée sur le taro du Tchad. Ainsi, la variété de taro cultivée au Tchad présente moins de risque sur la santé. En effet, Agwunobi *et al.* (2002) ont montré que la consommation d'une forte dose d'oxalates entraîne une baisse de la calcémie et provoque des dommages rénaux. Ces oxalates peuvent même constituer un poison violent qui peut être fatal avec une dose létale estimée entre 10 et 15 g chez l'homme adulte (Derivaux et Liégeois, 1962).

L'analyse de variance montre que les solutions de trempages sont statistiquement semblables au seuil de 5 % et aucune différence significative n'a été constatée avec l'échantillon témoin. Ces résultats ne confirment donc pas la relation entre la teneur en oxalates et le phénomène d'âcreté contrairement aux travaux antérieurs rapportés par plusieurs auteurs [Tang et Sakai (1983); Perera *et al.* (1990); Bradbury et Nixon (1998)]. La technique artisanale de trempage pratiquée par la population de la région du Mayo-Kebbi avait pour objectif entre autres, d'éliminer l'âcreté et l'irritation causées par ces tubercules. Ainsi, si l'âcreté était liée à la présence d'oxalates dans le taro, il pourrait donc forcément y avoir une perte remarquable de ces molécules au cours du trempage.

Par ailleurs, les résultats obtenus viennent en appui aux hypothèses soutenues par Paull *et al.* (1999) selon lesquelles, le problème d'âcreté des aracées en général n'était pas dû aux raphides d'oxalates de calcium. Ils ont montré qu'il s'agissait plutôt d'une protéine de 28 KDa et d'autres bandes de protéines liées aux raphides d'oxalates qui seraient responsables de ce problème d'âcreté. En effet, on a remarqué que les trempages dans l'eau et dans la solution de maïs entraînent une baisse non significative de la teneur en protéines des cossettes de taro (de 3,26 % (T0) à 3,19 % pour le trempage dans la solution de maïs et à 2,98 % dans le cas du

trempage dans l'eau au bout de 6 h de trempage). En revanche, le trempage dans l'infusion de tamarin, jugé très efficace par les paysans du Mayo-kebbi dans l'élimination de l'âcreté, entraîne une baisse très significative de la teneur en protéines totales du taro ($P < 0,001$). Cette baisse a été constatée dès la sixième heure de trempage jusqu'à la vingt quatrième heure (de 3,26 % (T0) à 2,68 % (T24)). Ce constat laisse penser qu'au cours du trempage traditionnel, il pourrait y avoir une diffusion des protéines solubles dans les solutions de trempage. Ces protéines solubilisées pourraient correspondre à la perte de protéines liées aux raphides d'oxalates sans pour autant affecter significativement la teneur en oxalates totaux. Ce qui pourrait expliquer la disparition de l'irritation et de l'âcreté de ces tubercules traités.

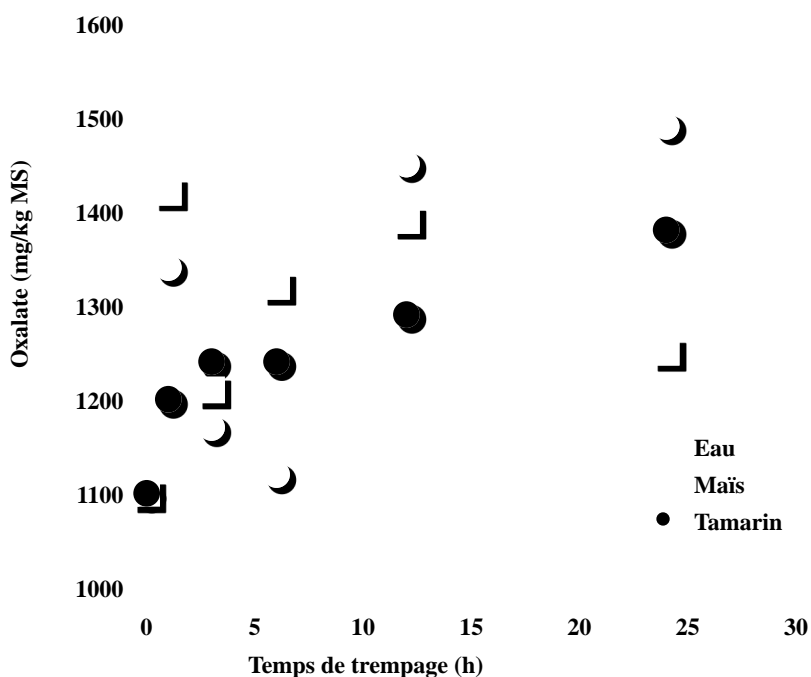


Figure 39 : Teneur en oxalates totaux du taro après trempage

ESSAI ZOOTECHNIQUE

ESSAI DE SUBSTITUTION DU MAÏS PAR LE TARO DANS L'ALIMENTATION DE POULETS DE CHAIR

I- INTRODUCTION

Le Tchad représente un des plus grands pays producteurs de volailles en Afrique centrale. Le recensement de 1968 plaçait à l'époque le Tchad en tête des pays d'Afrique centrale avec un effectif de 4 millions de volailles (Provost et Borredon, 1968). Cet effectif concernait les races locales en élevage familial ou de basse-cour. Force est de constater que cette production avicole a été pratiquement augmentée de plus de dix fois eu égard au recensement de 2006 publié par le Ministère de l'Elevage et des Ressources Animales (MERA) qui chiffre à 42,8 millions l'effectif de volailles familiales ou de basse cour au Tchad (Mopate, 2010).

En revanche, la production de poulets de chair reste insignifiante au regard des effectifs recensés, environ 4 000 têtes en 2008 (par bande), pour toutes les fermes de poulets de chair au Tchad (Projet OSRO/CHD/602/EC, 2009). Il peut y avoir trois à quatre bandes par an soit 12 000 à 16 000 poulets par an. Ce qui reste très insuffisant au regard de l'effectif total de volailles au Tchad (42,8 millions). Les principaux facteurs limitants du développement de cette filière avicole de poulets de chair restent les aliments qui coûtent très cher pour compléter le régime de ces poulets exotiques et aussi le manque d'unités pouvant assurer la fourniture des poussins d'un jour. Cependant, des efforts de structuration de la filière avicole commerciale en cours au Tchad tendent vers la mise en place d'une structure de production même modeste de poussins d'un jour (Mopate, 2010).

Selon Rudeaux et Bastianelli (1999), l'aviculture intensive connaît un développement important dans les pays tropicaux. Dans des conditions d'élevage intensifié, le coût alimentaire est estimé à 70% du coût total de production d'un poulet de chair. Il est donc important de maîtriser les régimes alimentaires et de déterminer les besoins nutritionnels du poulet. Antérieurement, le Centre de Recherche et de Développement International (1983) avait également signalé qu'au Kenya, l'industrie de la volaille est devenue une entreprise d'élevage vitale dans toutes les exploitations agricoles. Le plus grand problème de cette industrie, c'est la pénurie de provendes appropriées.

L'inventaire de ressources alimentaires pour l'alimentation de volailles au Tchad a révélé qu'elle est constituée essentiellement de farines de maïs, de sorgho, de poissons, de coquillages et de tourteau d'arachide dans les proportions respectives de 50 % ; 20 % ; 10 % ;

10 % et 10 %. Compte tenu de l'augmentation des prix de céréales sur les marchés locaux ces dernières années, cette formulation alimentaire devient de moins en moins économique. Ainsi, la recherche d'élaboration d'une ration d'appoint à partir des ingrédients locaux économiquement rentables devient une priorité.

Le but de cette étude qui se veut une expérimentation de terrain, est de tester la substitution du maïs qui constitue l'ingrédient de base dans l'alimentation de poulets de chair au Tchad par le taro qui est quatre fois moins cher que les céréales (taro : 100 Fcfa / kg de cossettes séchées de taro ; maïs : 400-600 Fcfa / kg en période de production). Nous avons simplement remplacé le maïs par le taro car ces deux aliments constituent des ingrédients amylacés majeurs. Cette étude ne vise pas à définir une proportion optimale de formulation d'aliment pour volaille mais veut simplement étudier la faisabilité de la substitution totale d'une céréale par un tubercule.

II- METHODOLOGIE

II-1 Echantillonnage

Dans l'objectif d'éliminer l'âcreté, le taro (en provenance de Kolobo - Mayo-Kebbi) a été préalablement trempé dans l'eau pendant 12 h suivant le protocole artisanal décrit précédemment et transformé localement en cossettes séchées. Ces cossettes séchées ont été acheminées à N'Djamena et transformées en farine.

Les autres ingrédients complémentaires pour la formulation de cette ration (sorgho, tourteau d'arachide, farine de poisson et coquillage) ont été achetés au marché central de N'Djamena.

Les poussins âgés d'un jour de la race exotique le *Leghorn blanc* qui ont fait l'objet de cette étude ont été achetés à la Société Nationale des Productions Animales (SONAPA) à N'Djamena au Tchad. Il s'agit d'une souche adaptée au climat tropical.

Tous les poussins ont été préventivement vaccinés contre les maladies bactériennes et virales fréquemment rencontrées dans la région (maladie de Newcastle, maladie de Gomboro, bronchite infectieuse aviaire) et déparasités à l'aide du Vesonil et du tétrapolyvit. Les locaux abritant les poulets ont été désinfectés grâce au Virulet.

II-2 Protocole expérimental

Pour mener à bien cette expérimentation, deux rations ont été définies :

- Une ration (A) constituée d'aliments habituellement utilisés dans l'alimentation de poulets : 50 % maïs, 20 % sorgho, 10 % tourteau d'arachide, 10 % farine de poisson et 10 % coquillage ;
- Une ration (B) constituée de : 50 % taro, 20 % sorgho, 10 % tourteau d'arachide, 10 % farine de poisson et 10 % coquillage.

Tableau 17: Valeur nutritive des rations A et B

	Energie Métabolisable (kcal/kg)	Matière Azotée totale (%)
Ration A	2082	17,48
Ration B	2057	14,43

Ces apports énergétiques des rations utilisées au Tchad restent nettement inférieurs à l'apport énergétique standard (environ 2543 kcal/kg d'aliment) utilisé dans l'alimentation de poulets de chair. Le taux de matière azotée totale (MAT) dans la ration B (14,43 %) est sensiblement inférieur au taux conseillé dans la ration des poulets de chair (16,40 %).

Néanmoins, la valeur énergétique de la farine de taro (3080 kcal/kg) est pratiquement égale à celle de la farine de maïs (3130 kcal/kg).

Chaque lot contenait un nombre initial de vingt poulets. Les mêmes quantités d'aliments ont été fournies exclusivement, de façon régulière et suffisante, dans chaque lot bien distinct en utilisant des gamelles appropriées. L'abreuvement s'est fait à volonté. La température des poulaillers répondant aux caractéristiques d'élevage avicole local était de l'ordre de 30°C.

II-3 Procédures d'évaluation du rendement des poulets

Les poids corporels moyens des poussins ont été relevés en tout début de l'expérience (poussins âgés d'un jour) ; puis respectivement après cinq, six, sept et huit semaines de croissance des poulets à l'aide d'une balance mécanique à colonne (Figure 40).



Figure 40 : Pesée des poulets

III- RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'effet de la substitution du maïs par le taro dans l'alimentation de poulets de chair est représenté par la figure 41. Le test t de Student ne montre aucune différence significative entre les poussins âgés d'un jour utilisés dans cette expérience (Poids moyen des poussins dans le lot ration Maïs = 34,81 g et dans le lot ration Taro = 35,13 g). On remarque que l'utilisation du taro présente quasiment les mêmes performances que la ration à base de maïs dans l'alimentation des poulets de chair au bout de cinq semaines de croissance (figure 41). En effet, à cette période de croissance, le poids moyen des poulets dans la ration à base de maïs a été évalué à 1,07 kg tandis que celui de la ration à base du taro s'élève à 1,02 kg. Ce qui équivaut à un écart type de 0,03.

En revanche, on constate qu'après six semaines de croissance des poulets, la ration à base du taro devient légèrement moins performante que la ration à base du maïs. A ce stade, les poids moyens des poulets sont mesurés à 1,33 kg (ration maïs) et à 1,26 kg (ration taro) soit un écart type de 0,049. De même, au bout de sept semaines de croissance, les poulets du lot de la ration maïs ont atteint un poids moyen de 1,75 kg tandis que ceux du lot de la ration taro présente un poids moyen de 1,69 kg équivalent à un écart type de 0,042. Cette légère différence est également constatée à la huitième semaine de croissance. A ce niveau de l'expérimentation, les poids moyens des poulets de la ration maïs et de la ration taro s'élèvent respectivement à 2,11 kg et à 1,98 kg soit un écart type de 0,09 (figure 41). L'analyse des variances montre que les poids moyens des poulets dans les deux rations à huit semaines de croissance sont significativement différents au seuil de 5%. La plus faible performance permise par la ration à base du taro (ration B) constatée à partir de six semaines de croissance peut tout à fait être liée à sa plus faible teneur en matières azotées totales (14,43%). Ce taux est nettement inférieur au taux standard conseillé dans une ration pour l'alimentation de poulets de chair (16,40%) pendant cette période de forte vitesse de croissance. En revanche, la teneur en matières azotées totales dans la ration à base du maïs (ration A) évaluée à 17,48% est légèrement supérieure au taux standard (tableau 17).

A la fin de l'expérience (après huit semaines de croissance des poulets), le GMQ (Gain Moyen Quotidien de poids vifs des poulets) a été évalué à 37,06 g/j pour les poulets nourris à base de maïs alors qu'il est de 34,73 g/j dans le cas des poulets alimentés par la ration à base du taro.

A l'issue de cet essai, environ 100 kg d'aliments ont été consommés dans chaque lot en respectant les proportions de différents aliments utilisés dans chaque ration (voir protocole expérimental). Ce qui équivaut à une quantité relative d'environ 5 kg d'aliment par poulet à la fin de l'expérience (huit semaines). Cette valeur théorique de 5 kg d'aliment /poulet ne tient pas compte de la quantité d'aliment perdue au cours de la manipulation (aliments rejetés). Aucun cas de mortalité de poulet n'a été constaté à la fin de l'essai.

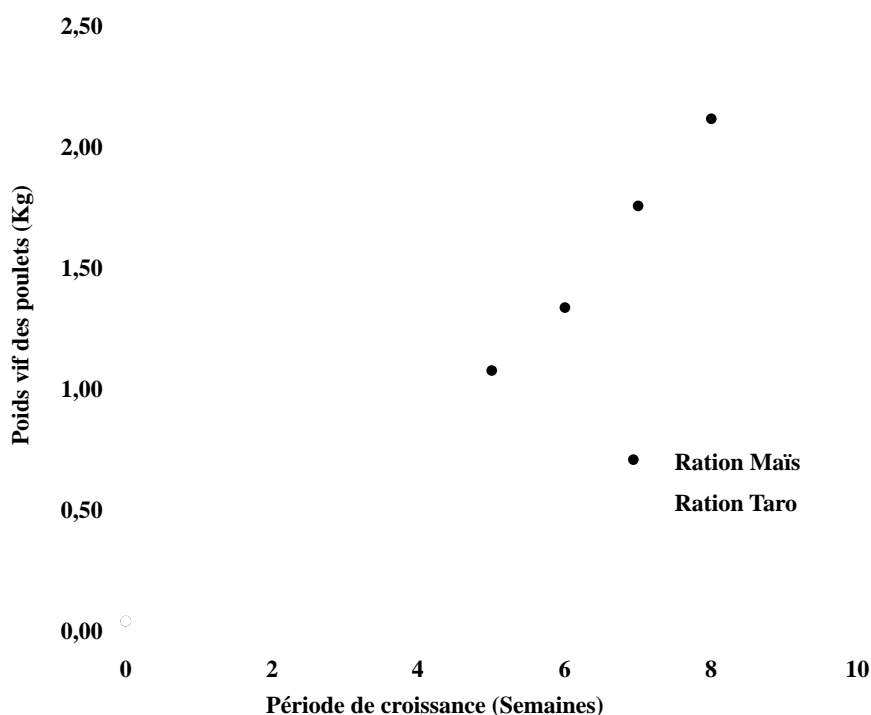


Figure 41: Croissance comparée de poulets de chair. Ration avec maïs vs ration avec Taro trempé dans l'eau. (N=20 pour chaque lot)

A l'abattage, des consommateurs traditionnels ont été recrutés afin de subir une épreuve de dégustation de ces poulets de chair. Tous les dégustateurs ont unanimement apprécié le bon goût des poulets issus de deux lots et aucune différence notable n'a été constatée.

Le bilan économique des rations A et B consigné dans le tableau 18 montre que les dépenses totales dans la ration à base du maïs avec un lot de 20 poulets s'élèvent à 51 250 Fcfa tandis qu'elles sont nettement plus faibles dans la ration à base du taro (36 250 Fcfa). La vente de poulets au Tchad se fait en général à la pièce ou à l'unité. Par conséquent, la faible variation

de poids vif de poulets n'est pas toujours perceptible, ce qui justifie la constance et l'uniformité de prix d'achat de ces poulets (tableau 18).

Tableau 18: Appréciation économique de l'essai sur les volailles

	Ration A	Ration B
Prix d'achat de poussins (1000 Fcfa/Poussin à 1 j)	20 000	20 000
Coût des aliments (en Fcfa) après 8 semaines (100 kg d'aliments/lot)	31 250	16 250
Dépenses totales	51 250	36 250
Prix de vente de poulets vivants (5000 Fcfa/poulet)	100 000	100 000
Profit net (en Fcfa)	48 750	63 750
Profit, en pourcentage de dépenses	95,12	175,86

Ainsi, le taro étant largement plus économique que les céréales, leur utilisation dans la formulation des aliments destinés à l'alimentation des poulets, est hautement bénéfique notamment dans les pays tropicaux. Par ailleurs, Gomez *et al.* (1984) ont montré que les rations enrichies en manioc à 20 % conviennent mieux à la production de poulets de chair qu'à celle de poules pondeuses. Le taro est également utilisé pour nourrir les volailles à Cuba. Il est ajouté à hauteur de 15% sous forme de farine à l'alimentation des poussins âgés d'un jour. De même, le manioc est utilisé pour remplacer le maïs et d'autres céréales dans l'alimentation des cochons (Radios Rurales Internationales, 1999). Les travaux de Gomez *et al.* (1984) ont également donné un rendement amélioré de porcs à mesure que la portion de manioc dans la ration alimentaire augmentait. En effet, au cours de cette expérience sur le rendement des porcs, des quantités variables de farine de manioc de 20 et 30 pour cent ont été introduites dans la ration en remplacement du maïs.

DISCUSSION GENERALE

DISCUSSION GENERALE

Les enquêtes menées dans la région du Mayo-Kebbi (Tchad) ont révélé que le taro est transformé, par certains paysans locaux, en cossettes puis en farine. Les cossettes sont obtenues après trempage préalable des tranches de taro dans l'eau ou dans la solution de maïs ou dans l'infusion de tamarin. Selon les paysans, les procédés de trempage réduiraient l'âcreté et le temps de cuisson de tubercules. Ce temps de cuisson passe de deux heures à moins de 30 minutes après trempage de la variété la plus âcre. Ce qui permettrait d'économiser l'énergie de bois de chauffe. Ces enquêtes ont également montré que les tubercules de taro frais ainsi que les produits de la transformation (cossettes et farine) sont utilisés dans la préparation des nombreux aliments comme la bouillie, la boule ou pâte, les beignets et la soupe. Les procédés de préparation de différents types d'aliments à base de taro restent très limités et moins vulgarisés au Tchad et dans la plupart des pays Africains. Cependant, Nip (1997) a recensé une série de transformation de taro en des divers produits alimentaires semblables à ceux du manioc (Poi, farine de taro précuite, flocon de taro...). Au Nigéria (premier pays producteur mondial de taro), ce tubercule est généralement consommé à l'état frais pour la préparation d'un aliment connu sous le nom de « *Ikokore* » (FAO, 1991). Les cossettes séchées au soleil appelées « *Achichia* » constituent la forme de transformation la plus connue dans ce pays (Njintang, 2003).

Les teneurs en humidité (variant entre 3,70 à 5,66 %) évaluées sur les différentes farines de taro produites selon les méthodes traditionnelles, montrent qu'elles peuvent se conserver longtemps sans risque de développement microbien. En effet un aliment avec une teneur en eau inférieure à 14 % se conserve spontanément sans traitement particulier dans la mesure où il est stocké dans des conditions correctes d'humidité et de température.

La teneur en protéines totales évaluée sur les différentes farines de taro montre que cet aliment est pauvre en protéine (3,43 % de la matière sèche). Ce résultat s'accorde avec celui rapporté par Agbor-egbe et Richard (1990), qui ont montré que la teneur en protéines brutes des taros varie généralement entre 3 et 6 %.

Cependant, les trempages dans l'eau et dans la solution de maïs n'entraînent aucune modification significative de la teneur en protéines des cossettes. Seul le trempage dans la solution de tamarin entraîne une diminution significative ($P < 0,001$) de la teneur en matières

azotées totales dès la sixième heure de trempage. Cette différence entre les différentes solutions peut provenir du pH de ces solutions ; la solution de tamarin a un pH très bas (pH=2) et cela peut entraîner une solubilisation de protéines de faible poids moléculaire qui vont se retrouver dans le jus. Cependant, malgré le caractère statistiquement significatif de cette diminution, les teneurs initiales et finales sont très faibles et cette « perte » n'entraînera pas forcément de réel impact zootechnique.

La teneur en fibres brutes du taro cultivé au Tchad est relativement supérieure (3,25 % par rapport à la matière sèche pour T0) à celle rapportée par Onwueme *et al.* (1994) concernant les tubercules de taro des régions du Pacifique dont la teneur en fibre oscille entre 0,6 et 1,4 % de MS. Contrairement aux deux autres types de solution de trempage (eau et solution de maïs), nous n'observons pas de variation significative de cette teneur en fibres dans le taro trempé dans l'infusion de tamarin (3,27 % de MS (T3) à 3,24 % (T24)). Si l'hypothèse de développement de fermentations « solubilisant » les fibres s'avère exacte, cela pourrait signifier que l'infusion de tamarin (pH = 2) est un milieu défavorable à ces fermentations.

Les traitements traditionnels appliqués par les paysans du Mayo-Kebbi entraînent une diffusion importante et significative de la plupart de minéraux et notamment des oligoéléments tel que le Fer dans la solution de trempage au bout de 24 h. Lestienne *et al.*, (2003), ont également montré que le trempage des graines de céréales pendant 24 h dans l'eau a conduit à une réduction de la teneur en phytates des graines et en même temps une diffusion importante du fer. Les observations rapportées par Saharane *et al.*, (2001) aboutissent à des conclusions voisines : le trempage conduit à une réduction des teneurs en minéraux, notamment du fer qui diffuse dans le milieu de trempage.

Le fait que la diminution de la teneur en zinc soit faible (bien que statistiquement significative) avec le trempage dans la solution de maïs et inexistante dans les deux autres solutions de trempage semble indiquer que le zinc n'est pas sous une forme très mobilisable, contrairement au fer.

La teneur en calcium du taro cultivé au Tchad (0,89 g/Kg de MS pour le témoin) est nettement supérieure à celle rapportée par Wills *et al.* (1983) sur des variétés de taro cultivées en Papouasie Nouvelle Guinée dont le taux de calcium se situe entre 0,11 à 0,45 g/Kg de MS. Cette variation serait vraisemblablement liée à la nature du sol et aussi à la variété cultivée. Une solubilisation significative du calcium a été constatée dans les trois solutions de trempage avec une réabsorption dans le cas du trempage dans l'infusion de tamarin. Le calcium étant le minéral le plus abondant du tamarin (Rivière, 1991), il pourrait y avoir réalisation d'un

équilibre osmotique entre le taro et la solution de trempage, le pH du milieu favorisant l'ionisation du calcium et sa mobilité.

La teneur en phosphates inorganiques n'augmente qu'après le trempage dans la solution de maïs ; on peut supposer qu'il s'agit d'une adsorption des phosphates libérés par les phytates au cours de la fabrication du jus de maïs (Lestienne *et al.*, 2003).

La teneur en potassium mesurée sur des cossettes de taro produites au Tchad est près de deux fois supérieure à ce qui est mentionné dans la littérature (Bradbury et Holloway, 1988). Lors des procédés de trempage, la fuite de potassium dans le jus représente 30 à 40 % de la valeur initiale.

Pour le magnésium, les résultats initiaux mesurés sur nos échantillons (0,91 g/kg de MS) sont assez nettement supérieurs à ceux classiquement mesurés, qui varient entre 0,48 et 0,65 g/kg MS (Sefa-dedeh et Agyir-sackey, 2004) sur le taro cultivé à l'Est du Ghana et 0,19 et 0,37 g/kg MS (Wills *et al.*, 1983). La teneur en magnésium connaît aussi une diminution initiale assez forte (eau et tamarin) probablement liée à une diffusion rapide dans la solution de trempage. Dans le cas du trempage dans la solution de maïs, cette diminution est bien moins marquée, peut être par compétition osmotique plus forte (libération de phosphates dans la solution de maïs).

Le sodium initialement contenu dans le taro est légèrement supérieur à ce qui est décrit par Sefa-dedeh et Agyir-sackey (2004). La très nette augmentation des teneurs en sodium au cours des trempages est très probablement due à la richesse en natron (carbonate de sodium) de l'eau utilisée pour fabriquer les solutions de trempage.

L'évaluation de la digestibilité *in vitro* de différentes farines de taro en l'absence d'enzymes montre que le trempage suivi de la cuisson à 95°C pendant 30 minutes, influencent très fortement la dégradabilité de l'amidon de taro (39,30 % pour l'échantillon non traité tandis qu'elle atteint un maximum de 78,67 % dans le cas de l'échantillon trempé dans l'eau). La digestibilité mesurée *in vitro* est sensiblement la même à 24 h pour les trois solutions de trempage. L'amélioration de cette digestibilité est cependant beaucoup plus rapide avec la solution de maïs.

Cet effet pourrait être dû à plusieurs facteurs. Le premier est probablement l'imprégnation par les solutions des grains d'amidon et leur éclatement partiel. En second lieu, les solutions de trempages, probablement riches en enzymes comme celle de maïs, « démarrent » une digestion de l'amidon et en particulier des chaînes amylosiques. Cette « prédigestion » permet d'augmenter la digestibilité *in vitro* (Liu *et al.*, 1997, Panlasigui *et al.*, 1991).

On a constaté que l'action enzymatique sur les échantillons de farine de taro traités au tamarin et à la solution de maïs a entraîné une forte digestion de l'amidon (environ 93 % dans les deux cas) juste après 3 h d'incubation tandis que cette digestibilité est évaluée à 90 % pour le taro issu du trempage dans l'eau et à 72 % pour l'échantillon non traité. Les solutions de tamarin et du maïs sont donc intervenues pour accroître la sensibilité de l'amidon à l'amylase bactérienne. On pourrait mettre en cause le processus de fermentation qui serait amorcé précocement dans ces solutions de trempage. Steinkraus et Keith (1996) ont constaté que la plupart des procédés de fermentation sont capables d'améliorer la digestibilité des produits et en même temps de détruire les facteurs qui sont toxiques, ou au moins ceux qui pourraient empêcher la digestion. Ainsi, les farines de taro issues du trempage dans l'infusion de tamarin et la solution du maïs pourraient servir comme aliments pour des personnes ayant peu d'amylases (enfants, personnes souffrant de troubles pancréatiques etc.).

La substitution du maïs par le taro dans l'alimentation des poulets de chair a donné des rendements pratiquement similaires jusqu'à cinq semaines de croissance. Des légères différences ont été observées à la sixième, septième et huitième semaine de croissance. Néanmoins, les poids vifs finaux moyens des poulets alimentés d'une part par une ration à base du maïs et d'autre part par une ration à base de taro s'élèvent respectivement à 2,11 kg et à 1,98 kg.

Les tests d'évaluation de la présence de cyanure effectués sur les feuilles et les tubercules de taro n'ont induit aucun virage du papier picro-sodé contrairement aux feuilles fraîches de laurier cerise servant de témoin positif dans cette expérience. Tous les essais ont été reproduits à trois reprises et les mêmes résultats ont été obtenus. Ainsi, contrairement à certaines variétés de taro, comme le taro géant cultivé en Australie qui renferme des hétérosides cynogénétiques (Haque et Bradbury, 2002), la variété de taro cultivée au Tchad (*Gouning Sosso*) est exempte de cette substance toxique. Par conséquent, les cyanures ne sont pas impliqués pour expliquer le phénomène d'âcreté du taro.

Le taux d'oxalates totaux du taro cultivé au Tchad s'élève à 0,11 g/100 g MS (taro non traité). Cette quantité d'oxalates est plus faible que celle rapportée par Nip *et al.* (1989) sur la même variété cultivée dans les îles Samoa (Amérique) dont le taux d'oxalates totaux varie de 2,05 à 4,21 g/100 g de matière sèche.

Les solutions de trempages n'entraînent pas de diminution significative de la teneur en oxalates. Ces résultats ne confirment donc pas la relation entre la teneur en oxalates et le phénomène d'âcreté contrairement aux travaux antérieurs rapportés par plusieurs auteurs [Tang et Sakai (1983); Perera *et al.* (1990); Bradbury et Nixon (1998)]. La technique

artisanale de trempage pratiquée par la population de la région du Mayo-Kebbi avait pour seul objectif d'éliminer l'âcreté et l'irritation causées par ces tubercules. Ainsi, si l'âcreté était liée à la présence d'oxalates dans le taro, il pourrait donc forcément y avoir une perte remarquable de ces molécules au cours du trempage. Par conséquent, les résultats obtenus viennent en appui de l'hypothèse soutenue par Paull *et al.* (1999) selon laquelle le problème d'âcreté des aracées en général n'était pas dû aux raphides d'oxalates de calcium. Ils ont montré qu'il s'agissait plutôt d'une protéine de 28 kDa et d'autres bandes de protéines liées aux raphides d'oxalates qui seraient responsables de ce problème d'âcreté. Cette hypothèse, qui implique une base génétique de la molécule responsable de l'âcreté, pourrait être confirmée par l'étude génomique des différentes variétés.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Les enquêtes menées dans la région du Mayo-Kebbi ont montré qu'il existe principalement deux variétés de taro. La variété « *Gouning Sosso* » caractérisée par son âcreté moindre avec un temps de cuisson réduit (45 minutes à 1 h) et la variété « *Gouning Souol* » dont la culture a été presque abandonnée par les producteurs à cause de la durée prolongée de son temps de cuisson (2 à 4 h) et son âcreté intense difficile à éliminer. Dans cette région du Tchad, le taro est transformé en cossettes et en farines après une série de procédés de trempage (eau, tamarin, maïs) ayant pour objectif principal de réduire l'âcreté et le temps de cuisson de ces tubercules. Un certain nombre d'aliments sont confectionnés à base de farine et cossettes de taro (bouillie, boule ou pâte, beignets et soupe).

Le séchage solaire traditionnellement utilisé dans la région de Mayo-Kebbi (Tchad) après trempage a réduit significativement la teneur en eau des cossettes de taro (3,85 à 5,09 %) permettant ainsi une longue durée de conservation du produit sans risque de développement microbien. Les échantillons de taro qui sont cultivés dans cette zone du Tchad étaient plus riches en fibres brutes, en calcium, en sodium, en magnésium et en fer comparés aux les références précédentes. Les teneurs en protéines, en phosphore, en potassium et en zinc étaient en accord avec celles de la littérature. En général, le procédé de trempage a entraîné des pertes significatives de tous les paramètres étudiés sauf des protéines dans le cas du trempage dans l'eau et dans l'infusion du maïs, les fibres brutes dans le cas de l'infusion tamarin, le phosphore dans le cas l'infusion du maïs et enfin le zinc dans le cas du trempage dans l'eau ainsi que dans l'infusion tamarin. La diminution du taux de protéines au cours du trempage dans la solution d'infusion de tamarin peut être due à la valeur acide du pH de la solution (pH=2) qui pourrait entraîner une solubilisation des protéines de faible poids moléculaire. En revanche, le taux constant de fibre brute dans le cas du traitement à l'infusion de tamarin pourrait être la conséquence d'une solubilisation de mucilages qui ne pourrait induire qu'une très faible activité microbienne dans la solution.

La teneur en phosphore constatée dans la solution d'infusion du maïs pourrait être la conséquence de l'hydrolyse des phytates contenus dans les graines de maïs pendant la préparation de la solution du trempage. Ces phosphates pourraient avoir été absorbés par les cossettes de taro pendant la période de trempage.

La teneur élevée en sodium remarquée dans tous les traitements pourrait être due à la qualité de l'eau : dans cette région du Tchad, l'eau est souvent naturellement riche en natron (carbonate de sodium). La solubilité du fer dans les tubercules a conduit à une perte considérable de la teneur en fer contrairement au zinc qui était beaucoup moins soluble.

Globalement, on remarque que tous les procédés de trempage améliorent la digestibilité *in vitro* du taro. La simple cuisson (30 minutes à 95°C sans action enzymatique) du taro après trempage permet de passer d'une digestibilité de 39 % (sans aucun trempage) à 72 % (après 24 h de trempage). Cette digestibilité maximale est atteinte après 1 heure seulement de trempage dans la solution de maïs, au bout de 24 h de trempage pour la solution de tamarin et l'eau.

Quel que soit le temps de digestion enzymatique fixé, les échantillons de taro traités avec les solutions de tamarin et de maïs présentent un meilleur taux de digestibilité que le taro traité à l'eau. Le trempage pendant une période supérieure ou égale à six heures permet d'obtenir une farine hautement digestible (autour de 95 % de digestibilité). Les solutions de trempage de tamarin et de maïs entraînent une digestibilité du taro respectivement de 93 % et 90 % après un trempage de 3 h et au bout de 3 h seulement de digestion enzymatique. Le trempage à l'eau doit être beaucoup plus long (6 h) et nécessite une incubation enzymatique plus longue (9 h) pour avoir la même digestibilité.

Il apparaît donc que le trempage améliore grandement la digestibilité de l'amidon de taro, bien mieux que la cuisson seule ne le permet. La solution de tamarin et la solution de maïs sont pratiquement équivalentes et permettent d'avoir une digestibilité maximale au bout de 3h de trempage. Il n'y a plus besoin que d'une incubation avec l' α -amylase de 3 h pour avoir une digestion presque complète de l'amidon.

Ces pratiques traditionnelles sont particulièrement intéressantes pour les personnes ou les animaux qui ont une insuffisance amylasique, tels que les jeunes en période de sevrage ou les sujets en insuffisance pancréatique acquise.

La substitution du maïs par le taro n'affecte pas significativement le rendement des poulets de chair au bout de cinq semaines de croissance. La légère variation remarquable des poids vifs des poulets nourris à base du taro et du maïs n'est intervenue qu'après six semaines de croissance et cette différence est maintenue jusqu'à la huitième semaine de croissance.

Considérant son rendement économique et sa performance, le taro pourrait être utilisé comme principal aliment moins cher dans l'alimentation de ces volailles

L'analyse qualitative au papier picro-sodé réalisée sur les différentes parties du taro (feuilles, tiges, tubercules et épluchures) s'est révélée négative. Par conséquent, l'hypothèse selon

laquelle le taro cultivé au Mayo-Kebbi pourrait contenir des cyanures expliquant éventuellement l'âcreté ou la mort subite de certains animaux de la région (moutons, chèvres, porcs.....) n'est pas justifiée. Les feuilles et les tubercules de manioc ainsi que les jeunes feuilles de sorgho produits au Tchad contiennent des cyanures et peuvent provoquer des intoxications chez les consommateurs. Ces plantes à travers les substances toxiques qu'elles renferment pourront ainsi être à l'origine de la mort occasionnelle des animaux en cours de pâturage. Il serait donc intéressant de quantifier la teneur en cyanure de ces plantes afin d'évaluer l'ampleur du risque qu'elles peuvent causer. En revanche, les feuilles de sorgho à maturité sont quasiment exemptes de cyanure et constituent un bon fourrage.

D'une manière générale, ces résultats montrent que la technique artisanale du trempage pratiquée par les paysans du Mayo-Kebbi pour éliminer l'âcreté et l'irritation des tubercules de taro n'influence pas significativement la baisse de la teneur en oxalates totaux alors que cette âcreté a disparu. Ainsi, l'hypothèse de l'implication des protéines liées aux raphides d'oxalates semble être plus convenable.

En sommes, malgré que l'Afrique soit le leader mondial avec trois quarts environ de production totale de taro, les techniques de transformation post-récolte de ces tubercules restent très peu connues. Ils sont par conséquent, consommés presque exclusivement à l'état frais.

Par ailleurs, les analyses ont montré que ni les cyanures, ni l'amidon du taro et ni les oxalates ne sauraient expliquer l'âcreté et l'irritation causées par la consommation de ces tubercules. Par conséquent, l'hypothèse de la présence des protéines allergisantes autour des raphides d'oxalates serait très plausible.

Eu égard aux résultats obtenus, les techniques traditionnelles utilisées au Tchad pourraient être transposées à l'échelle agro-industrielle pour développer la fabrication et l'utilisation de la farine de taro. Ainsi, ce tubercule permettrait de contribuer à la lutte contre l'insécurité alimentaire à travers le développement des produits locaux par deux voies complémentaires : d'abord la consommation directe de cette farine pour subvenir aux besoins énergétiques des populations, ensuite l'alimentation d'animaux (poulets par exemple) pour fournir des protéines d'origine animale à ces mêmes populations.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADRIAN J., POTUS J., FRANGNE R., 1995. 2^{ème} ed. Ed. Lavoisier, Techniques et Documentation. Paris (France), 477 pp.

A.F.N.O.R., 1985. Aliments des animaux – Méthodes d'analyse françaises et communautaires : Recueil de normes françaises 2^{ème} éd. Ed. AFNOR, Paris (France), 400 pp.

AGBOR-EGBE T., RICHARD J. E., 1990. Evaluation of chemical composition of fresh and stored edible aroids. *J. Sci. Food Agric*, 53, 487-495.

AGROPOLIS-MUSEUM, 2000. Principaux racines et tubercules cultivés dans le monde. www.museum.agropolis.fr (*Consulté en mai 2009*).

AGWUNOBI L.N., ANGWUKAN P.O., CORA O.O., ISAKA M.A., 2002. Studies on the use of *Colocasia esculenta* (Taro cocoyam) in the diets of weaned pigs. *Tropical Animal Health and Production*, 34 (3), 241-247.

ALKA S., KAPOOR A., 1996. Levels of antinutritional factors in millet as affected by processing treatments and various types of fermentations. *Plant foods for human nutrition*; 49 (3): 241 – 253.

ALLEN E. F., 1940. The cultivation of *Colocasia esculenta* (L. SCHOTT) in Malaya. *Malay Agric. J.*, 28; 392-399.

AOAC, 1997. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16th edition. Ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC,.

AREGHEORE E., PERERA D., 2003. Dry matter, nutrient composition and palatability/acridity of eight exotic cultivars of cocoyams-taro (*Colocasia esculenta*) in Samoa. *Plant Food Hum. Nutr.*, 58, 1-8.

A.R.E.U (Agricultural Research and Extension Unit), 2003. Taro (*Colocasia esculenta*). The Ministry of Agricultural and Natural Resources of Mauritius. <http://portail.areu.mu/>. (Consulté en 2006).

BELL A., MUECK O., SCHULER B. (eds), 2000. Les richesses du sol : les plantes à racines et tubercules en Afrique : une contribution au développement des technologies de récolte et d'après-récolte. Ed. Deutsche Stiftung fuer Internationale Entwicklung, Feldafing (Germany), 237 p.

BELLANGER J., 1971. Dosage des oligo-éléments dans les fourrages. *Ann. Nutr. Aliment.*, 25 (5), 59-96.

BOCK B., 2002. Flore de France Métropolitaine. Ed. Base des Données Nomenclaturales de la Flore de France (BDNFF). 284 p.

BRADBURY J.H., HOLLOWAY W.D., 1988. Chemistry of tropical root crops: significance for Nutrition and Agriculture in the Pacific. Ed. Australian Center of International Agricultural Research (ACIAR), Canberra (Australia), Monograph n°6, 68-76.

BRADBURY J.H., NIXON R.W., 1998. The acidity of raphides from the edible aroids. *J. Sci. Food Agr.* 76 (4), 608-616.

BROGGER J. N., 1970. Renal failure from Philodendron. *Mod. Vet. Pract.* 51, 46.

BRUNETON J., 2005. Plantes toxiques: végétaux dangereux pour l'homme et les animaux. 3^e éd., Editions Lavoisier - Tec&Doc, Paris (France). 618 pp.

BUDAVARI S., O'NEIL M.J., SMITH A., HECKELMAN P.E., KINNEARY J.F. (eds), 1996. The Merck Index, 12th ed., Ed. Merck & Co., New-Jersey, USA.

BUSCH J., VANHANEN L.P., SAVAGE G.P., 2003. Chemical analysis and consumer acceptance of taro. *Proc. Nutr. Soc. New Zeal.*, Vol. 28. 108-117.

CABURET A., LEBOT V., RAFAILLAC P., VERNIER P., 2007. Les autres plantes amylacées. In: Mémento de l'agronome. CIRAD/GRET, Jouve, Paris, France, pp. 831-864.

CATHERINET M., 1965. Note sur la culture du Macabo et du Taro au Cameroun. *Agron. Trop.* 20(8) : 717-723.

CATHERWOOD D.J., SAVAGE G.P., MASAN S.M., SCHEFFER J.J.C., DOUGLAS J.A., 2007. Oxalate content of cormels of Japanese taro (*Colocasia esculenta* L. SCHOTT) and the effect of cooking. *J. Food Compos. Anal.* 20, 147-151.

Centre de Recherche et de Développement International (CRDI), 1983 : Production des aliments pour animaux volailles. Projet KENYA. Site web : <http://www.idrc.ca> (Consulté en 2011).

CHAY-PROVE P., GOEBEL R., 2004. Taro: the plant. Department of Primary Industries and Fisheries Note. Queensland Government Australia. <http://www.dpi.qld.gov.au/horticulture> (consulté en 2009).

CHEFTEL J.C., CHEFTEL H., BESANCON P., 1977: Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Ed. LAVOISIER : TEC & DOC –Paris (France), vol. 2. 419 pp.

CLAY B.R., EDWARDS W.C., PETERSON D.R., 1976. Toxic nitrate accumulation in the sorghums. *Bovine Pr.*, 11: 28-32.

COATES D.J., YEN D.E., GAFFEY P.M., 1988. Chromosome variation in taro, *Colocasia esculenta*: implications for origin in the Pacific. *Cytologia* 53: 551 – 560.

COLLIGAN A., ZAKHIA N., 1996. Formulation of a cured meat product by the dewatering – impregnation – soaking. *Meat Sci.*: 4 (4) 293 – 306.

COLLINS W.W, WALTER W.M JR., 1982. Potential for increasing nutritional value of sweet potatoes. In: Villareal RL, Griggs TD, editors. Sweet Potato. Proceedings of the First International Symposium. AVRDC Pub. No. 82-172. Tainan, Taiwan, China: Hong Wen Printing Works. p 355-363.

Comité Scientifique de l'Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire, 2006. Toxicité des feuilles de rhubarbe et de l'effet de la cuisson sur leur toxicité (Dossier 2006/36, Avis 35/2006). Bruxelles (Belgique).

CPS (Commission du Pacifique Sud), 1993. Le taro: un aliment pour tous. Fiche N°1, Edition revue, 1993. Service de santé publique. Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

COX P.G., KASIMANI C., 1990a. Effect of taro leaf blight on leaf number. Papua New Guinea Journal of Agriculture Forestry and Fisheries 35 (1-4): 43-48.

COX P.G., KASIMANI C., 1990b. Control of taro leaf blight using metalaxyl: effect of dose rate and application frequency. Papua New Guinea Journal of Agriculture Forestry and Fisheries 35(1-4): 49-55.

COURSEY D.G., 1968. The edible aroids. *Word crop.*, 20 (3), 25-30.

DERIVAUX J., LIEGEOIS F., 1962. Toxicologie vétérinaire. Ed. Vigot, Paris, 203-271.

DICKIE C.W., HAMANN M.H., CHOW F., 1973. Oxalate (*Rumex venosus*) poisoning in cattle. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* (1), 173.

DJOULDE D.R., 2005. Mise au point d'un ferment mixte destiné à la bioconversion des tubercules de manioc cyanogène. Th. Doct. Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles (ENSAI). Univ. Ngaoundéré – Cameroun.

DUNCAN A.J., FRUTOS P., YOUNG S.A., 2000. The effect of rumen adaptation to oxalic acid on selection of oxalic-acid-rich plant by goats. *Br. J. Nutr.*, 83, 59-65.

ELKHALIFA A.E., SCHIFFLER B., BERNHARD R., 2004. Effect of fermentation on the starch digestibility, resistant starch and some physicochemical properties of sorghum flour. *Nahrung* 48(2):91-4.

ELVINA P., FORREST S., EMPERATRIZ P.D., 2005. Caracterization of some properties of starches isolated from *Xanthosoma sagittifolium* (tannia) and *Colocasia esculenta* (taro). *Carbohydr. Polym.*; 60 (2); 139-145.

ENGLER A., KRAUSE K., 1920. Araceae – Colocasioideae in ENGLER A. (ed), *Das pflanzenreich*; IV. 23 E (Heft 71) Leipzig: Wilhelm Engelmann: 1-139.

FAO, 2002. Selected indicators of food and agriculture development in Asia-Pacific region. Ed. FAO, RAP Publication. Rome, Italia. 218pp.

FAO, 1999. Current world food situation. 116th Council Session (Rome, 14-19 June 1999). <http://www.fao.org>. (consulté en 2009).

FAO ed., 1991. Racines, Tubercules, Plantains et Bananes dans la Nutrition humaine. (200 pp). Ed. FAO : Alimentation et Nutrition, N°24. Rome, Italy.

FAOSTAT, 2006. Production en tonnes du taro : chiffres 2004/2005. Base des données de FAO. <http://faostat.fao.org> (Consulté en 2010).

FARRE M., XIRGU M. F. J., SALGADO A., PERACAULA R., REIG R., SANZ P., 1989. Fatal oxalic acid poisoning from sorrel soup. *Lancet* 8678/8679, 1524.

FASSETT D.W., 1973. Oxalates. In : *Toxicants Occuring Naturally in Foods*. Ed. National Academy of Science Research Council, Washington DC (USA), 346-362.

FAVIER J.C., 1969. Etude de la digestibilité "*in vitro*" de l'amidon de diverses plantes alimentaires du Sud-Cameroun, Influence des transformations technologiques sur l'amidon de manioc. Section Nutrition, Centre ORSTOM de Yaoundé-Cameroun. 9-14.

FOURNIER E., GERVAIS P., 1970. Acide oxalique. In *Dictionnaire des intoxications*. Editions Heures de France, Paris (France), 22.

FROHNE D., PFÄNDER H.J., ANTON R., 2009. Les plantes à risques. 1ère éd. fr. (traduction ANTON R.), Ed. Lavoisier - Tec & Doc, Paris (France). 460 pp.

GEANKOPLIS C.J., 1983. Transport Processes: Momentum, Heat and Mass, Allyn and Bacon, Inc., London. 489 p.

GHANI F.D., 1982. The potential aroids of Malaysia, in, Prov. Rep. 11, Reg. Meeting Edible Aroids, Suva, Fiji, 1981. Ed. Int. Found. Sci., Stockholm. pp. 29-39.

GOEL V., OORAIKUL B., BASU T.K., 1996. Effect of dietary rhubarb stalk fiber on the bioavailability of calcium in rats. *Int. J. Food Sci. Nutr.* ; 47 (2) 159-163.

GOLLIFER D.E., JACKSON G.V.H., NEWHOOK F.J., 1980. Survival of inoculum of the leaf blight fungus *phytophthora* infecting taro, *Colocasia esculenta*, in the Solomon Islands. *Annals of Applied Biology* 94(3): 379 – 390.

GÓMEZ G., SANTOS J., VALDIVIESO M., 1984. Least-cost rations containing cassava meal for broilers and growing pigs. Ed. Symp. Int. Soc. Root Crops. 6. Lima, 21- 26 février 1983, p. 393-400. Centre international de la pomme de terre.

GRAY E., RICE J.S., WATTENBARGER D., BENSON J.A., HESTER A.J., LOYD R.C., GREENE B.M., 1968. Hydrocyanic acid potential of *Sorghum* plants grown in Tennessee. *Tenn. A.E.S. Bull.*, 445-448.

GREENWELL A.B.H., 1947. Taro with special reference to its culture and uses in Hawaii. *Econ. Bot.*, 1: 276-289.

GREER G. J., 1961. Plant poisoning in cats. *Mod.Vet.Pract.* 42, 62.

GROENENDYK S., SEAWRIGHT A.A., 1974. Osteodystrophia fibrosa in horses grazing *Setaria sphacelata*. *Aust. Vet. J.* , 50, 131-132.

GUEGUEN L., ROMBAUTS P., 1961. Dosage du sodium, du Potassium, du calcium, et du Magnésium par spectrométrie de flamme dans les aliments, le lait et les excréta. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 1, 80-97.

HABASHI H.N., RADWAN H.M., 1997. Chemical, physical and technological studies on Egyptian taro. *Annals of Agricultural Science*, Ain Shams University (Egypt), 42 (1) 169 – 185.

HAQUE R.M., BRADBURY H. J., 2002. Total cyanide determination of plants and foods using picrate and acid hydrolysis methods. *Food chem.* 77, 107-114 Pp.

HOLLOWAY W.D., ARGALL M.E., JEALOUS W.T., LEE J.A., BRADBURY J.H., 1989. Organic acids and calcium oxalate in tropical root crops. *J. Agric. Food Chem.*, **37**, 337-341.

HONG G.P., NIP W.K., 1990. Functional properties of pre-cooked taro flour in sorbets. *Food Chem.* 36 (4), 261–270.

HUANG A.S., TANUDJAJA L.S., 1992. Application of anion exchange high performance liquid chromatography in determining oxalates in taro (*Colocasia esculenta* L.SCHOTT) corms. *J. Agricultural Food Chem.*, 40 (11) 2123-2126.

IBRAHIM S.S., HABIBA R.A., SHATTA A.A., EMBABY H.E., 2002. Effect of soaking, germination, cooking and fermentation on antinutritional factors in cowpeas. *Nahrung*. 46 (2): 92-95.

IVANCIC A., LEBOT V., 2000. The genetics and breeding of taro. In : Génétique et amélioration des plantes. Ed. CIRAD, Montpellier. 194 p.

JACQUOT R., 1956. Les facteurs d'efficacité alimentaire. *Nutrition et Alimentation*. 10 (2) : 13-21.

JACKSON G.V.H., 1980. Diseases and Pests of Taro. Noumea, New Caledonia, South Pacific Commission. 51pp.

JANE J., SHEN L., CHEN J., LIM S., KASEMSUWAN T., NIP W.K., 1992. Physical and chemical studies of taro starches and flours. *Cereal Chem.* 69 (5) 528-535.

JEAN-BLAIN C., GRISVARD M., 1973. Les Plantes vénéneuses : Toxicologie. Ed. La Maison Rustique, Paris (France), 139 pp.

KALLIALA H., KAUSTE O., 1964. Ingestion of Rhubarb leaves as cause of Oxalic Acid poisoning. *Ann. Paediatr. Fenn.* 10: 228-231.

KAY D.E., 1973. Root Crops. In Crop and Product Digest. Ed. Tropical Products Institute. London. 245p.

KAYASHIMA T., KATAYAMA T., 2002. Notes: Oxalic acid is available as a natural antioxidant in some systems. *Biochim Biophys Acta*; 1573 (1) 1-3.

KELSEY J.L., 1985. Effect of oxalic acid on calcium bioavailability. *in*: Nutritional Bio-Calcium, Ed. American Chemical Society, Washington DC (USA), 105-116.

KHALIL M. M., 2001. Effect of soaking, germination, autoclaving and cooking on chemical and biological value of guar compared with faba bean. *Nahrung*. 45 (4) : 246-250.

KINGSBURY J.M., 1964. Poisonous plants of the United States and Canada. Ed. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., USA. 626 pp.

KURVILLA K.M., SINGH A., 1981. Karyotypic and electrophoretic studies on taro and its origin. *Euphytica* 30: 405 – 413.

LAMPE K.F., MCCANN M.A., eds. 1985. AMA Handbook of poisonous and injurious plants. Ed. American Medical Assoc. , Chicago, Ill., USA. 432 pp.

LESTIENNE I., ICARD-VERNIERE C., PICQ C., TRECHE S., 2003. Effets du trempage de graines et de farines de céréales et de légumineuses sur leur teneur en phytates et leurs rapports molaires Phy/Fe et Phy/Zn. 2^{ème} atelier international sur les voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles. Ouagadougou, 23-28/11/2003. Ed. IRD, BP 64501, F34394 Montpellier, France.

LIU H., RANSDEN L., CORKE H., 1997. Physical properties and enzymatic digestibility of acetylated *ae*, *wx* and normal maize starch. *Carbohydrate polymers*, 34, 283-289.

LOOMAN J., MAJAK W., SMOLIAK S., 1983. Stock-poisoning plants of western Canada. *Agric. Can. Res. Branch Contrib.* 35 Pp.

LORETTI A.P., DA SILVA ILHA M.R., RIBEIRO R.E., 2003. Accidental fatal poisoning of a dog by *Dieffenbachia picta* (dumb cane). *Vet. Hum. Toxicol.* 45 (5) 233-239.

LYONGA S.N., 1979. Cocoyam production in Cameroon. Cocoyam seminar. Baybayleyte, Philippines, 24-25 Sept. 1979. 25pp.

MADHURI K., PRATIMA S., 1996. Effect of processing on in vitro carbohydrates digestibility of cereals and legums. *J. Food Sci. Tech. Mys.*; 33 (6): 493 – 497.

MAO C.H., BLOCHER J.P., LAURENS A., SMITH D.C., 2001. Cyanogenesis in *Sorghum vulgare* L. An improved method for the isolation of dhurrin, physical properties of dhurrin. *Phytochemistry*; 4: 297-303 pp.

MARTIN F.M., SPLITTSTOESSER W.E., 1975. A comparaison of total protein and amino acids of tropical roots and tubers. *Tropical root and tuber crops News letter.* 8: 7 – 15.

MATTHEWS P.J., 1990. The origins, dispersal and domestication of taro. Ph.D. Thesis, Australian National University, Canberra, Australia.

McCAY C.M., McCAY J.B., SMITH O., 1975. The nutritive value of potatoes. In TALBURT W.F., SMITH O., eds, *Potato Processing*. 3rd ed., 235-273. West Port, Conn.

MENEELY G.R., BATTARBLEE H.D., 1976. Sodium and potassium. *Nutr. Rev.*, 34: 225-235.

MERINA E., BALA N., SUDHAKARAN P.R., 1998. Catabolism of linamarin in cassava (*Manihot esculenta* CRANTZ). *Plant Sci.*; volume 126, Pp. 155 – 162.

MINAGRI, 1999. Ministère de l'Agriculture, Cameroun. Annuaire des statistiques agricoles 1998-1999. Direction des études et projets. Yaoundé-Cameroun.

Ministère de l'Agriculture du Tchad, 2009. Division de la Statistique Agricole 2006-2007 et 2007-2008. N'Djaména – Tchad.

MONDY N.I., MUELLER T.O., 1977. Potato discoloration in relation to anatomy and lipid composition. *J. Food Sci.*, 42: 14-18.

MOPATE L. Y., 2010. Revue du secteur avicole. Projet OSRO/CHD/602/EC. Ministère de l'Elevage et des Ressources Animales (MERA). République du Tchad. 64p.

NAHRSTEDT A., 2001. Cyanogenesis der Araceen. *Phytochemistry*, volume 14: 1339-1340.

NARTEY F., 1978. Cassava cyanogenesis ultrastructure and seed germination. In *Cassava copenhagen muksgaard*. Eds.R.Denis, F.Walter New york. 234 pp.

N'GUESSAN A.G., ABOUA F., KOUADIO K., KAMENAN A., 1997. Influence of hydrothermal treatments on the physico-chemical properties of cocoyam flours ; application to processing of the futu type instant flour. *Sci. aliment.* 17(1): 35-44 pp. .

NIP W.K, MUCHILLE J., CAI T., MOY J.H., 1989. Nutritive and non-nutritive constituents in Taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) from American Samoa, *J. Haw. Pac. Agr*: 1 - 5.

NIP W.K., 1997. Taro in processing vegetables. Science and Technology. In D.S. SMITH, W.K. NIP, Y.H. HUI Eds. *Technomic Publishing Co., Inc.* Lancaster, Pennsylvania, USA. Pp 355-388.

NJINTANG N., FOMBANG E., AGBOR E. ET MBOFUNG C.M., 1999. Travaux préliminaires sur la mise au point de la farine de taro en vue de la préparation du « achu » : étude des contraintes associées. *Biosciences proceeding*. 6eme conférence de la société Camerounaise de Biosciences. Palais de congrès, 9-12 Décembre 1999.

NJINTANG Y.N., 2003. Studies on the production of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flour for use in the preparation of Achu. PhD thesis, University of Ngaoundéré, National School of Agro-Industrial Sciences (ENSAI) (Cameroon).

NKUDIC (National Kidney and Urologic Diseases Information Clearinghouse), 2007. *Kidney Stones in Adults*. Ed. U.S. Department of Health and Human Services. National Institutes of Health. Bethesda, MD-USA. No. 08-2495.

NOUR A.A.M., AHMAD M.A.I., BABIKER E.E. & YAGOUB A.E.A., 2010. Investigations on winter season Sudanese sorghum cultivars: effect of sprouting on the nutritional value. *Int. J. Food Sci. & Tech.* 45 (5), 884 – 890.

NOUT M.J.R., 1991. Weaning foods tropical climates. Proc. regional workshop on traditional African foods. Quality and nutrition, 25 – 26 Nov. 1991 - Dar es Salaam, Tanzania. 23 – 29.

O.C.V.C.M. (Office Central Vaudois de la Culture Maraîchère), 2001. *Les légumes*. Av. de Marcellin. CP 834 ; CH-1110 Morges. <http://www.legumes.ch/> (Consulté en 2006).

OKE O. L., 1967. The present state of nutrition in Nigeria. *World Rev. Nutr. Diet*, 8, 25 – 61.

ONWUEME I.C., 1978. *The Tropical Tuber Crops*. Chichester, United Kingdom, 234 pages.

ONWUEME I.C., 1994. Tropical root and tuber crops - Production, perspectives and future prospects. FAO Plant Production & Protection, Paper 126, Ed FAO, Rome (Italy). 228 pp.

ONWUEME I.C., 1999. Taro cultivation in Asia and the Pacific. Food and the Agriculture Organization of the United Nations, Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand. 48 pages.

PANCIERIA R.J., MARTIN M.H., BURROWS G.E., TAYLOR D.S., RICE E.L., 1990. Acute oxalate poisoning attributable to ingestion of curly dock (*Rumex crispus*) in sheep. *J. Am. Vet. Med.* 196 (12).

PANLASIGUI L.N., THOMPSON L.U., JULIANO B.O., PEREZ C.M., YIU S.H., GREENBERG G.R., 1991. Rice varieties with similar amylose content differ in starch digestibility and glycemic response in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 54 (5): 871 – 877.

PARDALES J.R., 1980. Cultural and economic philosophies in gabi (taro) production. *Radix*, 2 (1): 11-12.

PAULL R.E., TANG C.S., GROSS K., URUU G., 1999. The nature of the taro acidity factor. *Postharvest Biology and Technology* 16, 71-78.

PENA R.S., PARDALES J.R., 1984. Evidence of proteolytic enzyme activity in taro (*Colocasia esculenta*). Symp. Int. Root Crops. 6 Lima, 21-26 Fev. 1983. Pp 157-159.

PERERA C.O., HALLETT I.C., NGUYEN T.T., CHARLES J.C., 1990. Calcium oxalate crystals: The irritant factor in kiwifruit. *J. Food Sci.* 55(4), 1066-1069.

PHILLIPPY B.Q., BLAND J.M., EVENS T.J., 2003. Ion chromatography of phytate in roots and tubers. *J.Agr. Food Chem.* . 51 (2): 350-353.

PLUCKNETT D.L., DELA PENA R.S., OBRERO F., 1970. Taro (*Colocasia esculenta*). *Field crop*. 23, 413-426.

PROJET OSRO/CHD/602/EC, 2009 : Rapport final de recensement des volailles des exploitations semi-industrielles et des marchés à volaille dans le cadre du projet OSRO/CHD/602/BC, dans 11 délégations régionales d'Elevage au Tchad. Direction de la promotion des productions et Industries Animales (DPPIA), 14p.

PROVOST A., BORREDON C., 1968. Utilisation en Afrique Centrale d'un vaccin aviaire polyvalent. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.*, 25 (3) : 165 – 179.

PURSEGLOVE J.W. 1972. Tropical crops. Monocotyledons. Ed. Longman & John Wiley, Harlow and New York. 58-72 pp.

PURSEGLOVE J.W., 1985. Tropical Crops. Monocotyledons. Harlow, United Kingdom, 607 pages.

Radios Rurales Internationales (RRI), 1999. Nourriture alternative pour la volaille et les cochons. Site web : <http://www.farmradio.org><http://www.farmradio.org> (Consulté en 2011)

RAO V.R., 1996. Taro genetic resources. *In*: Proceedings of the Second Taro Symposium held 23 – 24 November 1994 at the faculty of Agriculture, Cenderawasih University, Manokwari, Indonesia.

REBECCA MILLER & IAN WOODROW, 2004. Kakadu Plum chemical Analysis: Cyanogens, Alkaloids and Oxalate. Plant Physiology Research Group. School of Botany. <http://www.ars-grin.gov/> (consulté en 2007).

RIVIERE R., 1991. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Collection Manuels et précis d'élevage. Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux. Ed. Documentation française, Paris, (France), 480-506.

RUDEAUX F., BASTIANELLI D., 1999 . L'alimentation du poulet de chair en climat chaud
In : *La production de poulets de chair en climat chaud*. Paris : ITAVI, p. 71-77.

SAHARANE K., KHETARPAUL N., BISHNOI S., 2001. HCL-extractibility of minerals from ricebean and fababean: influence of domestic processing methods. *Innov.Food Sci.Emerg.*; 2(4): 323-5.

SAKAI W.S., 1979. Aroid root crops, acidity and raphides, in INGLET G.E., CHARALAMBOUS G. (eds) : Tropical Foods: Chemistry and Nutrition. Ed.Academic Press, New York and London. 265-278.

SANZ P., REIG R., 1992. Clinical and pathological Findings in fatal plant oxalosis. *Am. J. Foren. Med. Path.*, 13, 342-345.

SEFA-DEDEH S., AGYIR-SACKEY E. K., 2004. Chemical composition and the effect of processing on oxalate content of cocoyam *Xanthosoma sagittifolium* and *Colocasia esculenta* cormels. *Food Chem.* 85, 479-487.

SHIGERU M., NORIKO Y., KEERTHI S.G., 2003. Simple capillary electrophoretic determination of soluble oxalate and nitrate in forage grasses. *J. Vet. Diagn. Invest.*, 15, 480-483.

SOUDY I.D., 2001. Contribution à l'étude de quelques propriétés fonctionnelles, nutritionnelles et sensorielles des farines de taro (*Colocasia esculenta*). Mém. DEA Sciences Alimentaires et Nutrition, Ed. ENSAI, Université de Ngaoundéré (Cameroun).

SOUDY I.D., GRANCHER D., DELATOUR P., FACHO B., 2008. Mode de culture et techniques traditionnelles de transformation et de conservation post récolte du taro (*Colocasia esculenta* L. SCHOTT) au Tchad, *Les Annales de l'Université de N'Djaména*. Série C, 3, 71 – 85.

SOUDY I.D., DELATOUR P. & GRANCHER D., 2010. Effects of traditional soaking on the nutritional profile of taro flour (*Colocasia esculenta* L. Schott) produced in Chad. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 161, 1, 37-42.

SPLITTSTOESSER W. E., 1977. Protein quality and quality of tropical roots and tubers. *Hortscience*. 12: 294 – 298.

SPSS, 1993. Statistics for Social Sciences. Ed. SPSS Windows Inc., Chicago, (IL-USA).

STECHER P.G. (ed), 1968. The Merck index : an Encyclopedia of Chemicals and Drugs. Eighth Edition. Ed. Merk and Co, New Jersey-USA. p 771.

STEINKRAUS, KEITH H., (eds). 1996. Handbood of Indigenous Fermented Foods. 2nd ed. Ed. Marcel Dekker, Inc. NY. 40 pp.

TAGODOE A., NIP W.K, 1994. Functional properties of raw and precooked taro (*Colocasia esculenta*) flours. *Int. J. Food Sci.Tech*. 29, 457-462.

TANG C.S., SAKAI W.S., 1983. Acridity of taro and related plants in Araceae. In : J.K. Wang (Editor), Taro: A review of *Colocasia esculenta* and its potencial. Ed. Univ. of Hawaii Press, Honolulu, 148-164.

TANIMOTO T., MATSUMOTO T., 1986. Variations of morphological characters and isozyme patterns in Japanese cultivars of *Colocasia esculenta* Schott and *Colocasia gigantea* Hook. *Japanese Journal of Breeding* 36: 100 – 111.

TATTIYAKUL J., ASAVASAKSAKUL S., PRADIPASENA P., 2006. Chemical and physical properties of flour extracted from taro *Colocasia esculenta* (L Schott) grown in different regions of Thailand. *Science Asia*, 32, 279–284.

THANKAPPAN M., 1985. Leaf blight of taro – a review. *Journal of Root Crops* 11(1/2): 1-8.

TOU E.H., GUYOT J.P., MOUQUET-RIVIER C., ROCHETTE I., COUNIL E., TRAORE A.S., 2006. Study through surveys and fermentation kinetics of the traditional processing of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) into “ben-saalga”, a millet-based fermented gruel from Burkina Faso used as complementary food, *Int. J. Food Microbiol.* 106, 52–60 pp.

TREYBALL R.E., 1980. Mass Transfer Operations, McGraw Hill, Kogakusha, Ltd., Tokyo.

TRUJILLO E.E., 1967. Diseases of the genus *Colocasia* in the Pacific and their control. *In: Proceedings of International Symposium on Tropical Root Crops*, Trinidad, 2 Sect., 4: 13–18.

TSAI W.Y.J., MOY J.H., NIP W.K., FRANK H.A., 1981a. *Aspergillus parasiticus* growth and aflatoxin production in dehydrated taro. *J. Food Sci.* 46: 1167-1169.

TSAI W.Y.J., MOY J.H., NIP W.K., FRANK H.A., 1981b. Stimulation of aflatoxin production in media supplemented with taro. *J. Food Sci.* 46: 1274-1275.

WAGNER W.L., HERBST D.R., SOHMER S.H., 1999. Manual of the flowering plants of Hawai'i. Revised edition. Vol. 2. Ed. Univ. of Hawai'i Press/Bishop Museum Press. 1357 pp.

WALTER W.G., KHANNA P.N., 1972. Chemistry of the aroids *Dieffenbachia seguine*, *amoena* and *picta*. *Econ. Bot.* 26(4) 364-372.

WARID W.A., 1970. Trends in production of taro in Egypt (United Arab Republic), in, Tropical Root and Tuber Crops Tomorrow. Proc. 2nd Int. Symp. Trop. Root Tuber Crops, Honolulu, 1970. D.L. Plucknett (ed), Ed. Univ. Hawaii, Honolulu. 141-142.

WENKAM N.S., 1983. Foods of Hawaii and the Pacific basin. Vol. 1: Composition. Ed. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii.

WILFRED L., 1999. Ethnobotanical leaflets. Southern Illinois University, Carbondale. URL: <http://www.siu.edu/Taro/>. (Consulté en 2005).

WILLS R.B.H, LIM J.S.K, GREENFIELD H., BAYLISS-SMITH T., 1983. Nutrient composition of taro (*Colocasia esculenta*) cultivars from Papua New Guinea Highlands. *J. Sci. Food Agric.*, 34, 1137-1142.

WILSON B.J., 1971. Miscellaneous Aspergillus toxins, in CIEGLER A. ed., Microbial Toxins, vol VI, Ed. Academic Press inc., New-York, USA, 268-273.

YEN D.E., WHEELER J.M., 1968. Introduction of taro into the Pacific: the indications of the chromosome numbers. *Ethnology* 7: 259 – 267.

ZHANG D., COLLINS W.W., ANDRADE M., 1995. Estimation of genetic variance of starch digestibility in sweet potato. *Hort. Sci.* 30: 348–349.

ANNEXE 1

Fiche d'enquête

Une étude est menée sur les modes de cultures, de conservation, de transformation, de commercialisation et de consommation de taro (*Colocasia esculenta*) au Tchad. Nous avons besoin de votre contribution pour mieux orienter les axes de notre recherche de valorisation de cette denrée.

Nom : Sexe : Age :
Préfecture d'origine : Profession : Résidence :

Modes de cultures

Connaissez-vous le taro ? oui non. Combien de variétés sont cultivées chez vous ?.....

Comment les distinguez-vous ?.....

Quelles sont les critères de sélection des variétés ?.....

.....

A quelle période les cultive t-on ?..... Quelle est la période de récolte ?.....

Sur quel type de sol ? Humide sec. Dans quelles localités les cultive t-on le plus (par ordre décroissant) ?.....L'irrigation est-elle pratiquée chez vous ? Oui Non.

Utilisez-vous l'engrais chimique ? Oui Non. Quels les ravageurs de taro observés chez vous ?.....

Modes de conservation, transformation et consommation

Comment conservez-vous le taro pour les prochaines cultures ?..... ;

.....

Comment conservez-vous le taro pour la consommation ?.....

.....

Pendant combien de temps au maximum les conservez-vous ?.....

Les aliments faits à base de taro que vous connaissez :.....

.....

Les consommez-vous ? Oui non. Transforme t-on le taro chez vous ? Oui non. Fait-on ces aliments à base de taro transformés ? Oui non. Quelles sont les formes de transformation ?

.....Quelles sont les aliments à base de taro que vous aimez ?.....

.....

Commercialisation

Cultivez-vous le taro pour la commercialisation ? Oui non. Le vendez –vous non transformé ? Oui non. Le transformez-vous avant de vendre ? Oui non. Quelles formes de transformation vendez-vous ?.....

Où les vendez-vous ? Sur place reste du pays pays voisin. Dans votre région est-ce que le taro est attribué (consommé) à une tranche d'âge particulière. Enfants adolescents adultes. Pourquoi ?
.....

Dans votre région est-ce que le taro respecte une certaine tradition (objet sacré ou tabou) ?

S'il vous est donné de suggérer des possibilités d'amélioration de la transformation et de la consommation du taro, que suggèreriez-vous ?

Effects of traditional soaking on the nutritional profile of taro flour (*Colocasia esculenta* L. Schott) produced in Chad

I. D. SOUDY¹, P. DELATOUR², D. GRANCHER^{2*}

¹Institut Universitaire des Sciences et Techniques d'Abéché (IUSTA), BP 6 077 N'Djamena, TCHAD.

²Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, Laboratoire de Nutrition et Alimentation, Université de Lyon, 1 avenue Bourgelat, 69 280 Marcy-l'étoile, FRANCE.

*Corresponding author: d.grancher@vet-lyon.fr

SUMMARY

The fresh taro chips are traditionally dipped in water or in a corn or tamarind infusion to remove the acidity. The objective of this study was to determine the effects of traditional soaking on the nutritional profile (dry matter, crude protein, ash, crude fibre, minerals and some trace elements) of taro. Fresh taro chips were dipped for 0, 1, 3, 6, 12 and 24 hours in water, or in the corn infusion or in the tamarind infusion. Each sample was dried in the sun and milled into flour. The tamarind infusion induced a significant decrease of the protein content. The crude fibre content was not affected by the tamarind infusion but significantly decreased with the other treatments. All processes led to a significant decline of the mineral content except for the sodium content which in fact increased (due to the quality of the water) and also phosphorus in the corn infusion (probably due to the hydrolysis of phytates in the soaking solution).

Keywords: *Colocasia esculenta* L. SCHOTT, soaking, nutritive value, corn (*Zea mays* L.), tamarind (*Tamarindus indica* L.), minerals, trace elements.

RÉSUMÉ

Effets du trempage traditionnel sur le profil nutritionnel de la farine de taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) produite au Tchad

Les cossettes fraîches de taro sont traditionnellement trempées dans de l'eau ou une solution de trempage de maïs ou une infusion de tamarin pour éliminer l'âcreté du tubercule. Les objectifs de cette étude étaient de déterminer les effets du trempage traditionnel sur le profil nutritionnel (protéines brutes, cendres, macroéléments minéraux et oligoéléments, fibres brutes) du taro. Des cossettes fraîches ont été trempées pendant 0, 1, 3, 6, 12 et 24 heures dans de l'eau, ou une solution de trempage de maïs ou une infusion de tamarin. Chaque échantillon a été séché au soleil puis broyé en farine. Seul le trempage dans une infusion de tamarin a induit une baisse de la teneur en protéines brutes. L'infusion de tamarin n'a pas modifié la teneur en fibres brutes alors que les autres l'ont fortement diminuée. Toutes les méthodes de trempage ont entraîné une diminution significative des minéraux, à l'exception d'une augmentation des teneurs en sodium (due à la qualité de l'eau des préparations) et en phosphore lorsque le trempage a été réalisé dans une solution de maïs (probablement due à l'hydrolyse des phytates de ce dernier).

Mots clés : *Colocasia esculenta* L. SCHOTT, trempage, valeur alimentaire, maïs (*Zea mays* L.), tamarin (*Tamarindus indica* L.), minéraux, oligo-éléments.

Introduction

The taro is a tuber very rich in carbohydrates, ranging between 73 and 80% on the dry matter (DM) basis [10], mainly starch (77.9% DM) and 1.4% crude fibre on the DM basis [13]. Because of its high carbohydrate content, this tuber represents one of the main sources of energy in many parts of the tropics and sub-tropics providing about a third of the food intake of more than 400 million people in these areas [8]. Africa represents 75% of the total world production [4].

The taro also contains minerals: potassium (between 3.23 to 5.30 g/kg on the fresh product (FP) basis) is the most abundant [6]. Calcium (110 to 450 mg/kg FP) and magnesium (190 to 370 mg/kg FP) contents are low but sodium remains the less abundant macro-element in the taro (0 to 3mg/100g FP) [18]. Anti nutritional factors, like oxalates, are present up to 2.05 to 4.21% DM [12] and they are supposed to be responsible for the acidity of these tubers that often limited their consumption.

In the area of Mayo-Kebbi in Chad, representing the main area of culture of taro in this country, numerous methods were traditionally used to transform these tubers into chips and then into flour. The usual procedure in this area was to dip the fresh taro chips into water or into a filtered solution of corn (*Zea mays* L.) or into a filtered infusion of tamarind (dry pods of *Tamarindus indica* L.) for at least 24 hours and then to dry them in the sun for 48 hours. According to the investigations that were carried out among farmers, these traditional practices were performed to reduce the acidity of the tubers.

The purpose of this study was to measure the effects of these different traditional practices of soaking on some parameters of the nutritional value of taro.

Materials and Methods

NATURE, ORIGIN AND PROCESSES OF THE TARO SAMPLES

The taro samples (*Colocasia esculenta* L. Schott) came from the village of Kolobo (region of Mayo-Kebbi (Chad), figure 1). They belonged to the variety known as "Gouning Sosso" that presented a lower acidity and a reduced cooking time (45 minutes vs. 6 to 8 hours).

The methods of treatments were a faithful reproduction of those of the farmers in this region. The freshly harvested taro tubers were carefully washed in tap water then peeled (thickness of peelings: about 5 mm) and cut into 1 cm thick slices (or chips). The chips were immediately dipped into three different solutions: water or corn infusion or tamarind infusion. Both corn and tamarind infusions were prepared with 45% (mass/volume) of corn seeds or tamarind pulp with the seeds macerating respectively 3 days and 3 hours in water. They were then filtered through a cooking sieve. The proportion of taro chips that were dipped into the soaking solutions was 40% (m/v) and the temperature of these solutions was 22°C. Five different soaking durations were applied: 1, 3, 6, 12 and 24 hours. An untreated sample of dried chips (Time 0) served as a control. This is equivalent to a type of experimental design 1 x 3 x 5, where 1 is the variety of tuber, 3 the solutions (of soaking) and 5 the durations of soaking. After soaking, the chips were dried in the sun for 24 hours at a temperature of about 46°C. The dried chips were ground in the laboratory with an electrical grinder to obtain a size of the particles of flour less than 500µm (figure 2).



FIGURE 1 : Map of Chad. The coloured areas are the main taro producing provinces. Map scale 1 cm = 120 km, source: NC GIASD UNEP-GRID Sioux Falls.

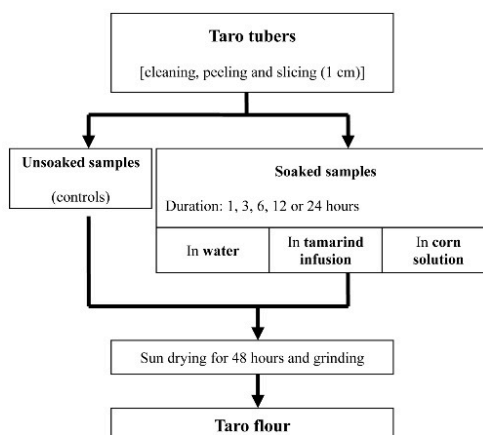


FIGURE 2 : Processing of the taro samples according to the traditional production modalities.

NUTRITIONAL ANALYSES

A series of analyses was carried out on the flour coming from different soaking solutions as well as on the control sample.

The level of dry matter and the total ash content were determined according to the AOAC methods [3]. The crude fibre content was determined according to the WEENDE method [1] and the content of crude proteins was determined by the method of KJELDAHL [1].

Calcium, potassium, sodium and magnesium were measured by flame spectrophotometry after a dry mineralization [9]. The assessment of total inorganic phosphorus was performed according to the AFNOR method [1]. The trace elements (Zinc, Iron) were measured by atomic absorption spectrophotometry after oven mineralization and solution into diluted (10% v/v) nitric acid [5].

STATISTICAL ANALYSES

The effect of soaking for each type of solution was studied by analysis of variance and each sample is repeated according to the duration of soaking. Calculations of data were carried out by SPSS software [17] and by Excel (Mac 2004, version 11.1.1 on the iBook G4 computer). The threshold significance of all tests was fixed at $P < 0.05$.

Results and Discussion

All samples of taro were rich in dry matter (94.33 to 96.30%) which proved the efficiency of sun drying to allow a long term preservation of the taro flour.

INFLUENCE OF SOAKING ON THE CRUDE PROTEIN OF TARO

The taro is poor in protein with a maximum content of 3.43%. These results are similar to those reported by

AGBOR-EGBE and RICHARD [2] who have shown that the protein content of taro generally varies between 3 and 6%. The different soaking systems in water and in the solution of corn did not involve any significant modification of the protein content of chips (figure 3). The soaking in the solution of tamarind led to a significant ($P < 0.001$) declining rate of crude protein from the sixth hour of soaking until the twenty fourth hour (3.26 % DM at T0 to 2.68 % DM at T24) and the final content was significantly different compared to the results obtained respectively with soaking in water ($P = 0.002$) and soaking in corn infusion ($P < 0.001$).

INFLUENCE OF SOAKING ON THE CRUDE FIBRE CONTENT

The crude fibre content of taro produced in Chad was higher (3.25% DM for control) than that reported by ONWUEME *et al.* [13] in taro corms produced in Pacific areas with a crude fibre content ranging between 0.6 and 1.4% DM. Significant decreases of the crude fibre contents in the samples of taro dipped in water ($P = 0.009$) and in the corn solution ($P < 0.001$) were observed (figure 4). Therefore, the corn solution was supposed to be rich enough in soluble nitrogen which stimulated an earlier fermentation. By contrast, the fibre content was not significantly modified when the taro chips were dipped in the tamarind infusion (from 3.27% DM at T3 to 3.24% DM at T24).

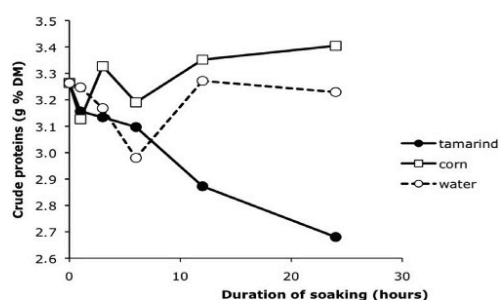


FIGURE 3 : Variations of the crude protein contents of taro chips according to the soaking modalities (in water, in tamarind infusion or in corn solution – soaking duration: from 0 to 24 hours).

If the hypothesis of the development of fermentations proved accurate, this could mean that tamarind infusion would inhibit the microbial development. This anti-microbial effect within 24 hours could be due to the weak pH of the tamarind infusion (pH = 2) and/or the dissemination of mucilage into the soaking solution. The mucilage would fix the water of the tamarind solution and would make it less accessible for the microorganisms.

INFLUENCE OF SOAKING ON THE ASH CONTENT OF TARO

The taro chips had a very low mineral content (2.03% of DM for the control sample). The three processes of soaking decreased slightly but significantly ($P < 0.001$) the ash content of taro (Table I). This loss is statistically similar for the all processes (2.03% DM for control and 1.57% DM, 1.50% DM and 1.54% DM for corn infusion, water soaking and 24 hours long tamarind infusion, respectively).

INFLUENCE OF SOAKING ON THE TARO CONTENTS OF MAJOR MINERALS (CALCIUM, PHOSPHORUS, POTASSIUM, SODIUM, MAGNESIUM) AND OF SOME TRACE METALS (IRON AND ZINC)

The calcium content obtained on the taro grown in Chad (0.89 g/kg DM) were clearly higher than that reported by

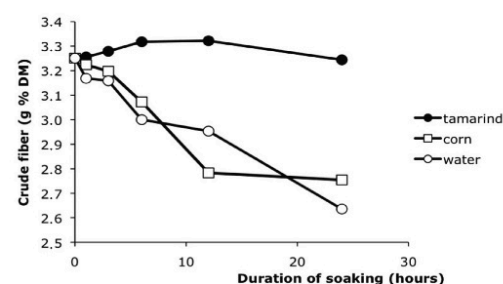


FIGURE 4 : Variations of the crude fibre contents of taro chips according to the soaking modalities (in water, in tamarind infusion or in corn solution – soaking duration: from 0 to 24 hours).

Soaking duration	Soaking solution		
	Water	Corn infusion	Tamarind infusion
0 (control)	2.005 ± 0.034	2.005 ± 0.034	2.005 ± 0.034
1 hour	1.822 ± 0.013	1.986 ± 0.083	1.940 ± 0.009
3 hours	1.696 ± 0.124	1.898 ± 0.075	1.694 ± 0.023
6 hours	1.587 ± 0.251	1.624 ± 0.015	1.596 ± 0.092
12 hours	1.738 ± 0.140	1.775 ± 0.099	1.657 ± 0.147
24 hours	1.503 ± 0.021	1.568 ± 0.066	1.537 ± 0.071

TABLE I : Ash content (%DM) of the taro flour during the traditional soaking according to the nature of the soaking solutions (n = 3) and to the soaking duration (n = 5). Each experiment was made in triplicate and results are expressed as mean ± standard deviation.

WILLS *et al.* [18] on the varieties of taro cultivated in Papua New Guinea (from 0.11 to 0.45 g/kg DM). This difference might probably be linked to the nature of the soil, and also to the plant variety as COURSEY [7] indicated that the composition of food depended on the variety, location and season. The contents of calcium in the all 3 processes decreased significantly from the onset of the soaking ($P < 0.001$). The higher decline was noted with the corn infusion (0.89 g/kg DM for control to 0.45 g/kg DM after 24 hours). The treatments with corn infusion and with water had a statistically similar effect. In contrast, the soaking in tamarind infusion was significantly different from the corn infusion ($P = 0.03$) and from the water ($P = 0.04$). Within the tamarind infusion soaking, the Ca level decreased and seemed to stabilize after the 6th hour (figure 5). The calcium being the most abundant mineral in tamarind with content up to 0.77 g/kg DM [14], this could be due to an osmotic balance between the taro and the soaking solution.

All treatments of soaking caused significant ($P < 0.05$) changes of the phosphorus content in the taro. The inorganic phosphate concentration of the raw taro (0.69 g/kg) was in agreement with that reported by SEFA-DEDEH and AGYIR-SACEY [16] from 0.60 to 0.61 g/kg. There was a signifi-

cant ($P < 0.001$) increase of phosphorus content in the taro treated by the corn solution from 0.69 g/kg DM for control to 1.02 g/kg DM after soaking for 24 hours. On the contrary, significant ($P < 0.05$) declines of the inorganic phosphorus contents of taro were observed after tamarind and water soaking (0.58 g/kg DM and 0.54 g/kg DM at T₁₂, respectively) (figure 6).

As in the most tubers, the potassium constituted the most abundant mineral in the taro (10.2 g/kg DM for the control or at T₀). BRADBURY and HOLLOWAY [6] also showed that the taro was particularly rich in potassium compared to other minerals. Their levels varied between 3.23 to 5.30 g/kg FP with an average level of 33.2% DM. These values were quite equivalent to those of the variety cultivated in Chad. This appreciable content of potassium decreased significantly ($P < 0.001$) during the three processes of soaking (7.3 g/kg DM for the water treatment, 6.6 g/kg DM for the tamarind infusion and 6.4 g/kg DM for the corn infusion after 24 hours) (figure 7). Moreover, the tamarind infusion and the corn infusion had a statistically similar effect but both of them were significantly different ($P < 0.05$) from the water treatment.

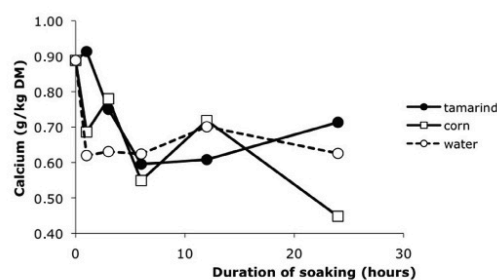


FIGURE 5 : Variations of the calcium contents of taro chips according to the soaking modalities (in water, in tamarind infusion or in corn solution – soaking duration: from 0 to 24 hours).

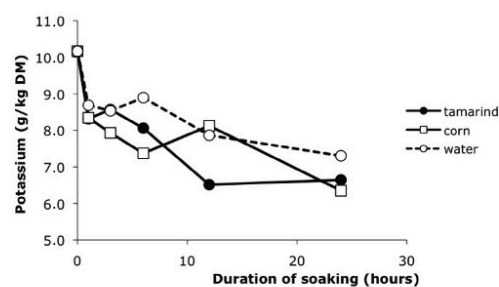


FIGURE 7 : Variations of the potassium contents of taro chips according to the soaking modalities (in water, in tamarind infusion or in corn solution – soaking duration: from 0 to 24 hours).

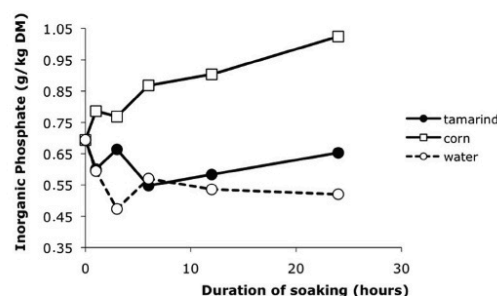


FIGURE 6 : Variations of the inorganic phosphate contents of taro chips according to the soaking modalities (in water, in tamarind infusion or in corn solution – soaking duration: from 0 to 24 hours).

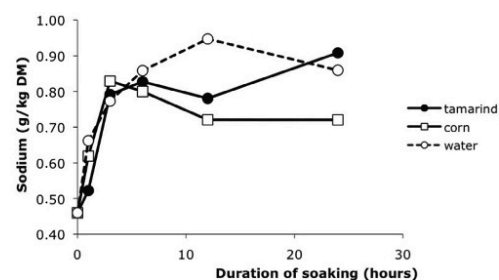


FIGURE 8 : Variations of the sodium contents of taro chips according to the soaking modalities (in water, in tamarind infusion or in corn solution – soaking duration: from 0 to 24 hours).

Sodium was the least abundant macro-element (0.45 g/kg DM for the control). This result was in accordance with those of Bradbury and Holloway [6], who have shown that the potassium constituted the most abundant macro-element in taro and sodium the least abundant one. However, the results published by SEFA-DEDEH and AGYIR-SACEY [16] for tubers grown in Ghana, are slightly lower in sodium, from 0.28 to 0.35 g/kg DM. The three treatments induced a significant ($P < 0.001$) increase of the sodium content (figure 8). This increase could be linked to the nature of solutions of soaking. There was no significant difference between the tamarind infusion and the corn infusion and between the tamarind infusion and the water treatment. But there was a significant difference between the corn infusion and water treatment ($P = 0.01$).

The initial magnesium contents in the taro that had grown in Chad were greatly higher than the previous results, 0.48-0.65 g/kg [16] for taro from Eastern Ghana or 0.19-0.37 g/kg DM [18] for Papua New Guinea cultivars. The three solutions of soaking induced a significant ($P < 0.001$) decrease of the magnesium content (figure 9). However, the magnesium loss during soaking was less intense, although significant ($P < 0.05$) in the case of the corn infusion than with the other solutions (0.76 g/kg DM for the corn infusion, 0.57 g/kg DM for the tamarind infusion and 0.54 g/kg DM for the water treatment after 24 hours, corresponding to reductions of 16.48%, 37.36% and 40.65% respectively).

The iron contents in the taro from Chad were greatly higher than previously mentioned (from 27 to 37 mg/kg DM [16]). An immediate and significant decrease of the iron concentration during the 3 soaking processes was evidenced (figure 10). The most important decrease was observed with the water treatment (from 144 mg/kg DM for the control to 89 mg/kg DM after 24 hours) and with the corn solution treatment (from 144 mg/kg DM to 87 mg/kg DM after 24 hours) corresponding to iron losses of 38.2% and 39.6% respectively. The lower loss was observed with the tamarind infusion (from 144 mg/kg DM to 99 mg/kg DM after 24 hours) corresponding to an iron loss of 31.2%. There was a significant difference ($P < 0.001$) between these three pro-

cesses. These results clearly showed that soaking over a period of 24 hours induced a widespread dissemination of iron (between 30% and 40%) in the soaking solutions. Previously, SAHARANE *et al.* [15] reported that the soaking led to a reduction of concentrations in minerals (including the iron) which diffuse in the soaking medium. LESTIENNE *et al.* [11] have shown that the soaking of seeds from cereals and legumes for 24 hours in the water has induced a reduction of the content of seed phytates, leading to a better availability of the bivalent cations, and at the same time widespread iron dissemination. The rather high contents of phytates in the taro corms might be a real problem for the availability of iron or other bivalent cations. The supposed positive effect of soaking on the phytate contents [8] should be further investigated in comparison with the diffusion and the consequent iron loss in the soaking solutions.

The zinc content of the Chadian taro corms (178 mg/kg DM for the control) was very high in comparison with the requirements of most animal species but in accordance with the previous references (170-280 mg/kg DM in SEFA-DEDEH *et al.* [16]) and lower than the zinc content of *Xanthosoma* species (from 200 to 510 mg/kg DM in SEFA-DEDEH *et al.* [16]). The soaking in water or in the tamarind infusion did not significantly alter the zinc content of the taro chips (respectively 217 and 238 mg/kg DM after 24 hours of soaking) but the infusion with corn caused a significant ($P < 0.001$) decline of the zinc content (135 mg/kg DM after 24 hours of soaking) compared to the control sample and to the 2 other soaking processes (tamarind infusion and water treatment).

As a conclusion, the traditional sun drying used in the region of Mayo-Kebbi (Chad) after the soaking of taro chips significantly reduced the water content of the product (3.70 to 5.67%) and allows a long term preservation without risk of microbial development. The taro samples that had grown in that district of Chad were rich in crude fibre, calcium, sodium, magnesium and iron than the previous references. The contents of proteins, phosphorus, potassium and zinc were in accordance with the literature. In general, the soaking process induced significant losses of all studied parameters

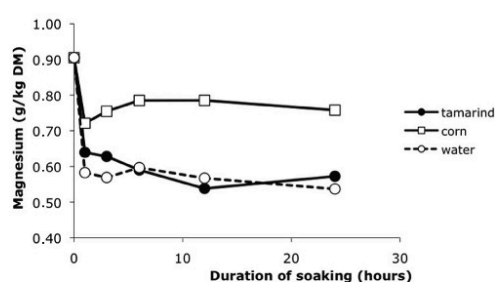


FIGURE 9 : Variations of the magnesium contents of taro chips according to the soaking modalities (in water, in tamarind infusion or in corn solution – soaking duration: from 0 to 24 hours).

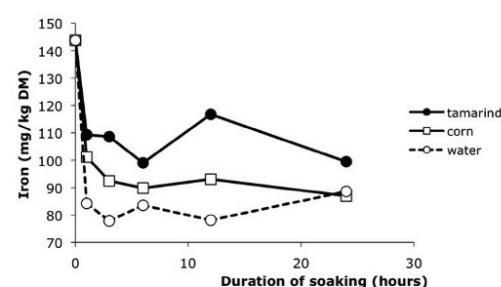


FIGURE 10 : Variations of the iron contents of taro chips according to the soaking modalities (in water, in tamarind infusion or in corn solution – soaking duration: from 0 to 24 hours).

except proteins for the water and the corn infusions, crude fibres in the tamarind infusion, phosphorus in the corn infusion and zinc in the water and the tamarind infusions. The decrease of the protein content in the tamarind solution could be due to the pH of the solution that could improve the solubilisation of low molecular weight proteins. The stability of the crude fibres using the tamarind solution could be the consequence of the mucilage solubilisation that would induce a lower microbial activity of the solution. The increased phosphorus content in the corn solution could be due to hydrolysis of the corn phytates during the preparation of the soaking solution, leading to phosphorus absorption by the taro chips during the soaking period. The sodium increases with all treatments could be due to the quality of the water: in this Chad area, the water is often naturally rich in sodium carbonate. Finally, the considerable iron loss would be related to the high solubility of this trace metal in tubers whereas zinc was much less soluble.

References

1. - A.F.N.O.R. : Aliments des animaux – Méthodes d'analyses françaises et communautaires : *Recueil de normes françaises 2^{ème} éd.* Ed. AFNOR, Paris, France, 1985, 400 pp.
2. - AGBOR-EGBE T., RICHARD J.E.: Evaluation of chemical composition of fresh and stored edible aroids. *J. Sci. Food Agric.*, 1990, **53**, 487-495.
3. - AOAC: Official methods of analysis. 16th edition. Ed. Association of official analytical Chemists, Washington D.C., USA, 1997.
4. - BELL A., MUECK O., SCHULER B. : Les richesses du sol : les plantes à racines et tubercules en Afrique : une contribution au développement des technologies de récolte et d'après-récolte. Ed. Deutsche Stiftung für Internationale Entwicklung, Feldafing, Germany, 2000, 237 pp.
5. - BELLANGER J. : Dosage des oligo-éléments dans les fourrages. *Ann. Nutr. Alim.*, 1971, **25**, 59-96.
6. - BRADBURY J.H., HOLLOWAY W.D.: Chemistry of tropical root crops: significance for nutrition and agriculture in the Pacific. Ed. Australian Center of International Agricultural Research (ACIAR), Canberra (Australia), 1988, Monograph n°6, 68-76.
7. - COURSEY D.G.: The edible aroids. *World crops*, 1968, **20**, 25-30.
8. - FAO: Racines, tubercules, plantains et bananes dans la nutrition humaine : Alimentation et Nutrition, Ed. FAO Rome, Italie, 1991, **24**, 200 pp.
9. - GUEGUEN L., ROMBAUTS P. : Dosage du sodium, du potassium, du calcium, et du magnésium par spectrométrie de flamme dans les aliments, le lait et les excréta. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 1961, **1**, 80-97.
10. - JANE J., SHEN L., CHEN J., KASEMSUWAN T., NIP W.K.: Physical and chemical studies of taro starch and flours. *Cereal. Chem.*, 1992, **69**, 528-535.
11. - LESTIENNE I., ICARD-VERNIERE C., PICQ C., TRECHE S. : Effets du trempage de graines et de farines de céréales et de légumineuses sur leur teneur en phytates et leurs rapports molaire Phy/Fe et Phy/Zn. 2^{ème} atelier international sur les voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles. Ouagadougou, 23-28 novembre 2003. Ed. IRD, Montpellier, France, 2003, 479-487.
12. - NIP W.K.: Taro. In: SMITH D.S., CASH J.N., NIP W.K., HUI Y.H. eds, Processing vegetables. Science and technology. Ed Technomic Publishing Co., Lancaster, Pennsylvania, USA, 1997, 355-388.
13. - ONWUEME I.C.: Tropical root and tuber crops - Production, perspectives and future prospects. *FAO Plant Prod. Prot.*, Ed FAO, Rome, Italy, 1994, **126**, 228 pp.
14. - RIVIERE R. : Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Ed. Documentation française, Paris, France, 1991, 480-506.
15. - SAHARANE K., KHETARPAUL N., BISHNOI S.: HCl-extractibility of minerals from rice bean and faba bean: influence of domestic processing methods. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2001, **2**, 323-325.
16. - SEFA-DEDEH S., AGYIR-SACKEY E.K.: Chemical composition and the effect of processing on oxalate content of cocoyam *Xanthosoma sagittifolium* and Colocasia esculenta cormels. *Food Chem.*, 2004, **85**, 479-487.
17. - SPSS: Statistics for Social Sciences. Ed. SPSS Windows Inc., Chicago, (IL-USA), 1993.
18. - WILLS R.B.H., LIM J.S.K., GREENFIELD H., BAYLISS-SMITH T.: Nutrient composition of taro (*Colocasia esculenta*) cultivars from Papua New Guinea Highlands. *J. Sci. Food Agric.*, 1983, **34**, 1137-1142.

MODE DE CULTURE ET TECHNIQUES TRADITIONNELLES DE TRANSFORMATION ET DE CONSERVATION POST RECOLTE DU TARO (*Colocasia esculenta* L. SCHOTT) AU TCHAD.

SOUDY I. D.¹*, GRANCHER D.², DELATOUR P.², FACHO B.³

¹ Institut Universitaire des Sciences et Techniques d'Abéché (IUSTA), Tchad

² Laboratoire d'Alimentation et de Nutrition, Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon -France

³ Faculté des Sciences Exactes et Appliquées, Université de N'Djamena - Tchad

*Pour la correspondance

RESUME

Le taro (*Colocasia esculenta* L. SCHOTT) représente un tubercule d'une grande importance alimentaire au Tchad pour la consommation humaine et animale. La littérature sur les pratiques culturelles et les technologies traditionnelles post-récoltes des variétés tchadiennes demeure presque inexistante. Une enquête a donc été menée dans la région du Mayo-Bouéye (ex-Mayo-Kebbi) située dans la partie méridionale du pays où le taro est l'une des principales cultures. Le taro est préférentiellement cultivé sur un sol argilo-limoneux et le labour se fait en billons. Il existe principalement deux variétés de taro au Tchad : la variété « Gouning souol » ou variété locale qui est caractérisée par une acidité importante et un temps de cuisson prolongé (6 à 8 heures). Ces propriétés ont entraîné l'abandon de la culture de cette variété au profit de la variété « Gouning sosso » qui présente une acidité moindre et un temps de cuisson plus court. Une technique traditionnelle pour réduire l'acidité consiste à tremper les tranches de taro frais soit dans l'eau, soit dans une solution de trempage du maïs ou dans une infusion de tamarin pendant 24 heures à 48 heures selon l'intensité de l'acidité. Le taro est transformé en cossettes puis en farine. Ces produits de transformation servent à la préparation des boules ou pâtes, de bouillie, de soupe ou de beignets. Les tubercules, les

enveloppes issues de l'épluchage ainsi que les feuilles de taro sont également utilisés pour l'alimentation des ruminants et du porc.

Mots clés : Taro, *Colocasia esculenta* L. Schott, enquêtes, modes de culture, transformation traditionnelle, conservation.

ABSTRACT: METHODS OF CULTURE AND TRADITIONAL TECHNIQUES OF TRANSFORMATION AND PRESERVATION OF TARO (*Colocasia esculenta* L. SCHOTT) IN CHAD

Colocasia esculenta is a valuable tuber widely consumed in Chad. In the literature, informations about practical cultivation and post harvest traditional technology of chadian's taro are not existing. Therefore, a survey has been lead in Mayo-Bouéye division (Mayo-Kebbi) located in the southern part of Chad where taro is most cultivated than the other cultures. Taro is specially cultivated in silt field. Two varieties of taro exist in Chad: "Gouning souol" or local variety characterized by high acidity and a long time of cooking (6 to 8 hours). These properties led to the abandon of this variety of taro on behalf of another one called "Gouning Sosso". This type of taro present a lower acidity and a short time of cooking than "Gouning Souol". A traditional method to reduce the acidity of taro has been discovered during the survey in this area. It consists to soak slices of fresh taro either in water, either in the solution of soaked maize or in tamarin infusion during 24 to 48 hours according to the intensity of acidity. Taro is transformed into flour after the draying of slices. The products obtained are used to prepare paste, gruel, soup, cakes etc...Taro corm, peeling products and taro leaves are also used to feed animals in Mayo-Bouéye division.

Key words: Taro, *Colocasia esculenta* L. Schott, Survey, type of culture, traditional method of transformation and conservation.

INTRODUCTION

Le taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) est une monocotylédone de la famille des Aracées. Il est largement produit et consommé en Afrique, au Pacifique et dans les îles Hawaï (JANE et al, 1992). D'après NIP

(1997), le taro est riche en amidon (73-80%) et contient une quantité appréciable de fibres et de minéraux. Cependant, les problèmes de conservation et la présence des facteurs antinutritionnels tels que les oxalates responsables de l'acidité, constituent les principaux facteurs limitants de son utilisation (AGWUNOBI et al, 2002).

Au Tchad, le taro est l'un des tubercules les plus cultivés pour la consommation humaine et animale. Il occupe le deuxième rang après le patate douce (*Ipomea batatas*) et avant le manioc (*Manihot esculenta* Cranz). En général, la durée de conservation du taro après la récolte est très réduite d'où d'importantes pertes post-récoltes. Au Cameroun, le manque de technologie post-récolte et les problèmes liés à la consommation de ce tubercule, ont entraîné une baisse de la production qui est passée de 1,7 million de tonnes en 1978 à 0,5 million de tonnes en 1998 (MINAGRI, 1999). Ainsi, la recherche des variétés moins âcres ainsi que des traitements plus efficaces et plus économiques devient indispensable.

Dans ce but, cette enquête se propose de rassembler des données sur les pratiques culturelles et les techniques traditionnelles de transformation et de conservation de taro au Tchad.

METHODOLOGIE DE L'ENQUETE

Site d'étude

Le travail a été effectué dans la région du Mayo-Bouéye (ex-Mayo-Kebbi) située dans la partie sud du Tchad où le taro est très cultivé. Les localités enquêtées sont : Kolobo, Djoumane, Kim, Ham et Eéré. La population est essentiellement composée des cultivateurs de l'ethnie Kim. Au Tchad, ces localités représentent les zones de production de taro par excellence.

Procédures d'enquêtes

La présente étude a été réalisée en s'appuyant sur un questionnaire structuré. Il s'agissait de recueillir des informations sur les modes de culture, de conservation, de transformation, de commercialisation et de consommation de taro (*Colocasia esculenta* L. Schott). Les questions

posées étant du type fermé (réponse par oui ou non) et ouvert (donnant la latitude au paysan d'exprimer son point de vue). Un total de 100 personnes a été interrogé individuellement ou en groupe de trois à quatre à raison de 20 personnes par village. Pour les pratiques culturelles, les questions posées étaient de savoir le nombre de variétés de taro cultivées dans la région, les différences existant entre les tubercules (forme, couleur, taille), le type de sol où il est cultivé, les périodes de culture et de récolte, l'irrigation, l'utilisation d'engrais et les ravageurs observés. Pour les modes de conservation, les questions posées cherchaient à déterminer les méthodes (plein air ou abri, tubercules entiers ou débités en cossettes) et la durée maximale de conservation des tubercules frais destinés à la consommation et du taro réservé pour la prochaine culture. Pour connaître les aliments faits à base de taro, nous avons essentiellement interrogé les femmes tandis que les hommes ont été interrogés pour évaluer le degré de préférence de ces aliments.

RESULTATS ET DISCUSSION

Modes de cultures

Les enquêtes menées montrent que le taro représente une culture de base dans la région du Mayo-Bouéye (ex-Mayo-Kebbi) et génère d'importantes ressources financières pour les producteurs. C'est une région humide avec une température moyenne au-dessus de 20°C et une pluviosité de 1000 à 1100 mm pendant la saison pluvieuse. Le sol de cette région pour la culture du taro est principalement constitué de limon et de l'argile. Le labour des champs de taro se fait entre le mois de Mars et le mois d'Avril ; ce qui correspond à la fin de la saison sèche et au début de la saison pluvieuse. Les figures 1 et 2 montrent le type de labour utilisé: il s'agit d'un labour en billons. Un billon se définit comme étant une bande de terre élevée par la charrue au-dessus du niveau environnant. Les sillons laissés autour des billons, servent à retenir l'eau sous les plantes. La distance entre les pieds de plantes

varie de 30 à 45 cm et la distance qui sépare deux billons est d'environ 1 m. Par ailleurs, l'irrigation n'est pas pratiquée dans cette région pour la culture du taro et les engrais ne sont pas utilisés ; néanmoins, les pailles brûlées sur les billons après le labourage servent de source de minéraux utiles pour la bonne croissance de ces tubercules.

Les informations recueillies auprès de ces paysans montrent que le taro de ces localités est sujet à l'attaque de ravageurs comme les chenilles ou les pucerons qui peuvent causer d'importants dégâts sur les feuilles et entraîner la mort de la jeune plante.

Nombre des variétés et critères de distinction

Il existe principalement deux variétés de taro dans ces localités : la variété « Gouning Soso » et la variété « Gouning Souol » qui est en voie de disparition.

Les tubercules de la variété « Gouning Souol » ou variété locale présentent une forme plus allongée de couleur violette et les feuilles de la plante sont plus larges et de couleur rouge verdâtre. Cette variété est très riche en une substance qui lui confère une grande âcreté. L'élimination de cette âcreté nécessite un temps de cuisson de six à huit heures qui est la cause de l'abandon de la culture de cette variété en faveur de la variété « Gouning Soso » ou variété d'origine nigériane.

Cette dernière présente des feuilles de couleur vertes et moins larges que la variété précédente. Les tubercules de cette variété sont moins allongés. Le temps de cuisson de ce type de taro est moindre (30 à 45 minutes). Ce temps de cuisson permet de réduire significativement son âcreté qui est plus faible que celle de la variété « Gouning Souol ».



Figure 1 : Labour en billons du champ de taro



Figure 2 : Schéma montrant les sillons et l'écart entre deux billons dans un champ de taro

Période de mise en culture de taro :

Le questionnaire nous révèle que 70% des paysans enquêtés préfère le mois de Mai pour la mise en culture de taro (tableau I). Ce choix se justifierait par le fait que dans ces localités, les premières pluies apparaissent en général dans la deuxième quinzaine du mois d'Avril. Toutefois, il faut noter que 30% de la population interrogée choisissent plutôt le début du mois de juin comme période de culture de taro car ce mois est caractérisé par l'apparition des grosses pluies rendant le sol humide. Ces conditions humides favoriseraient une bonne croissance du taro.

Tableau I: Pourcentage des périodes de mise en culture

Période	Localités					
	Kim	Kolobo	Djoumane	Ham	Eré	Moyenne
Mai	65%	55%	75%	70%	85%	70%
Juin	35%	45%	25%	30%	15%	30%

Début de périodes de récolte de taro :

Le tableau (II) montre qu'en moyenne 63% de la population interrogée commence la récolte du taro au mois de Novembre contre 10% seulement pour le mois de septembre. Ce faible pourcentage (10%) s'expliquerait par le fait que le tubercule récolté en cette période se conserve difficilement (deux à trois jours) à cause de la forte hygrométrie. La récolte au mois de septembre est essentiellement destinée à la consommation locale et n'apparaît pas sur les marchés environnants. Les tubercules récoltés en Janvier et Février sont préférentiellement destinés à être replantés.

Tableau II: Début de la période de récolte (20 personnes interrogées par localité)

Période	Localités					
	Kim	Kolobo	Djoumane	Ham	Eré	Moyenne
Septembre	(1) 5%	(3) 15%	(1) 5%	(2) 10%	(3) 15%	(2) 10%
Octobre	(5) 25%	(7) 35%	(3) 15%	(7) 35%	(5) 25%	(5,4) 27%
Novembre	(14) 70%	(10) 50%	(16) 80%	(11) 55%	(12) 60%	(12,6) 63%

Modes de conservation, transformation, consommation et commercialisation

La méthode de conservation de taro pour les prochaines cultures est pratiquement la même pour toute la population enquêtée. Les tubercules de semence sont conservés dans des paniers bien aérés et placés à l'ombre dans un environnement frais et sec. Ces tubercules de semence sont conservés pendant une durée habituelle de deux à trois mois. Leur récolte se fait en général au mois de février.

Les tubercules frais destinés à la consommation sont conservés chez presque tous les paysans, pendant une période maximale de trois semaines dans un endroit sec, frais et bien aéré. Après ce délai de conservation, le taro est susceptible de se dégrader. Pour éviter cette détérioration, les paysans transforment le taro frais en cossettes.

Préparation des cossettes et de la farine de taro :

Après nettoyage et épluchage, les tubercules sont débités en tranches de quelques millimètres d'épaisseur puis séchés au soleil pour obtenir des cossettes. Les cossettes bien sèches sont éventuellement transformées en farines. Une autre méthode traditionnelle dans cette région consiste à tremper les tranches de taro frais dans l'eau tiède ou dans une solution de trempage de maïs (*Zea mays* L.) ou encore dans une infusion de tamarin (*Tamarindus indica* L.). Ce trempage qui se fait à une proportion de 40 à 45% (masse de taro sur volume de solution), dure environ 24 heures pour la variété moins âcre (Gouning Soso) tandis qu'il était de 48 heures pour la variété plus âcre (Gouning Souol). Les tranches de taro sont ensuite séchées au soleil. Le séchage dure approximativement 48 heures à une température au soleil variant entre 45 et 55°C (Diagramme de la figure 1). Selon les paysans, cette pratique ancestrale de trempage réduirait l'âcreté de ces tubercules et faciliterait aussi leur cuisson.

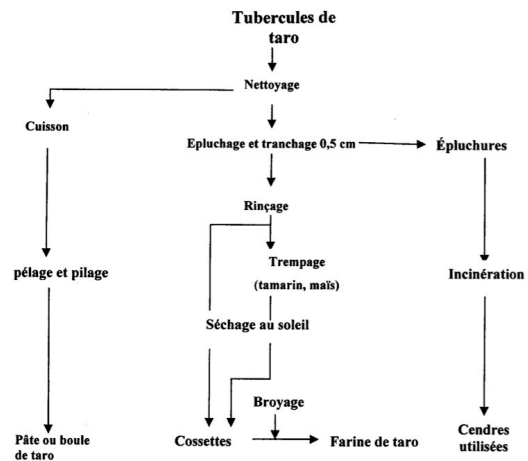


Figure 3: Les méthodes traditionnelles de transformation des tubercules de taro au Tchad

Les aliments issus du taro :

Les cossettes et la farine résultant de la transformation du taro sont utilisées dans les procédés de préparation de divers aliments : la soupe de taro, la boule, la bouillie ou les beignets à base de farine de taro. (Diagramme des procédés de la figure 4).

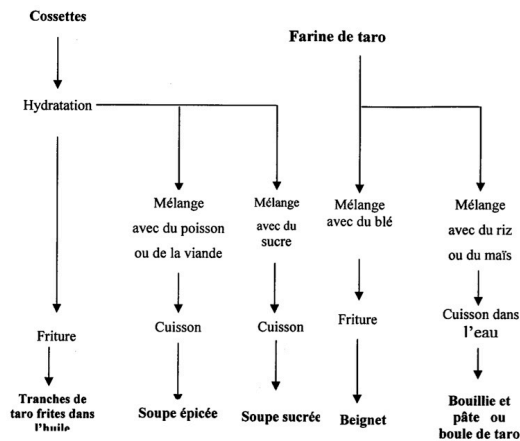


Figure 4: Procédés de préparation d'aliments à base de cossettes et de farine de taro au Tchad

Préparation de la boule ou pâte:

Cette préparation consiste d'abord à mélanger la farine de taro avec une farine de céréale (riz ou maïs) à proportion égale avant la cuisson dans l'eau. Pour la préparation de la boule, le mélange de farine obtenu est additionné d'une quantité d'eau bouillante suffisante pour former une pâte consistante. Une autre façon d'obtenir une pâte uniquement de taro consiste à cuire les tubercules de taro frais dans l'eau pendant

30 à 45 minutes. L'enveloppe du tubercule est ensuite épluchée et le produit obtenu est pilé dans un mortier pour obtenir une boule consistante. Les pâtes ou boules de taro sont en général consommées à chaud avec une sauce de poisson ou de viande. Ce procédé de préparation des pâtes faites uniquement de taro est également utilisé au Cameroun dans les régions de l'ethnie Bamiléké. En effet, selon les travaux de NJINTANG et al (1999), le taro principalement cultivé dans les régions du Nord-Ouest, de l'Ouest et du Centre, est généralement consommé sous forme de « achu ». Dans la préparation du « achu », les tubercules sont cuits pendant deux à trois heures, puis pelés et pilés. Le produit obtenu appelé « achu » est consommé avec une sauce de couleur jaune très épicée. Cet aliment est une préparation festive et socioculturelle dans les ethnies Bamilékés du Cameroun où il est réservé aux grandes cérémonies.

Préparation de la bouillie:

La préparation de cette bouillie consiste à cuire le mélange de la farine de taro et du riz à parts égales dans deux volumes d'eau; puis on y ajoute du sucre et du lait caillé. On obtient ainsi un liquide visqueux généralement destiné à l'alimentation des enfants.

Préparation de la soupe et des beignets:

La soupe de taro est préparée soit en utilisant les tubercules frais pelés et coupés en tranches soit en utilisant les cossettes réhydratées. Dans tous les cas, la cuisson se fait en y ajoutant d'autres ingrédients comme des épices, de la viande ou du poisson.

La préparation des beignets se fait en utilisant un mélange composé d'un quart de farine de taro additionnée à trois quarts de farine de blé. Cette farine composée est bien mélangée dans une quantité d'eau de façon à former une pâte élastique. La friture se fait dans l'huile d'arachide.

Degré de préférence des aliments :

Selon les résultats du tableau (III), la soupe de taro et la pâte ou boule faite à partir du taro frais sont les aliments préférés par les paysans

enquêtés respectivement à 96% et 97% (par rapport à l'effectif total). Selon les informations recueillies, la bouillie de taro, malgré son faible pourcentage de préférence (29%), est réputée avoir des effets bénéfiques. Elle est généralement consommée par les paysans fatigués par les travaux champêtres dans le but de reprendre des forces.

Commercialisation:

En général, tous les paysans interrogés cultivent le taro pour la vente. Les formes de transformation connues dans la région investiguée sont les cossettes séchées et la farine. Ces formes de transformation ne sont pas encore vulgarisées et se limitent à l'alimentation de quelques paysans locaux. Le tableau (IV) présente la proportion de paysans qui transforment le taro avant la vente. Il se dégage de ce tableau que 74% de la population interrogée vend le taro sous forme de tubercules frais non transformés. Ainsi, la technique de transformation traditionnelle du taro en cossettes et farine demeure encore moins vulgarisée. Par ailleurs, le manque de moyen de transport adéquat conduit les producteurs à vendre le taro localement et dans les régions les plus proches.

Tableau III: Préférence des aliments à base de taro (20 personnes interrogées par localité et plusieurs choix sont possibles)

Aliments	Localités					
	Kim	Kolobo	Djoumane	Ham	Eré	Moyenne
Soupe	20	17	20	20	19	19,2 (96%)
Bouillie	7	6	4	8	4	5,8 (29%)
Beignet	9	11	7	9	12	9,6 (48%)
Pâte ou boule de taro frais	20	19	20	18	20	19,4 (97%)
Pâte ou boule de farine de taro	17	20	18	16	14	17 (85%)

Tableau IV: Pourcentage des paysans qui transforment le taro (20 personnes interrogées par localité).

Transformation	Localités					
	Kim	Kolobo	Djoumane	Ham	Eré	Moyenne
OUI	(4) 20%	(6) 30%	(5) 25%	(3) 15%	(8) 40%	(5,2) 26%
NON	(16) 80%	(14) 70%	(15) 75%	(17) 85%	(12) 60%	(14,8) 74%

CONCLUSION

Les enquêtes menées dans la région du Mayo-Bouéy (ex-Mayo-Kebbi) ont montré qu'il existe principalement deux variétés de taro. La variété « Gouning Sosso » caractérisée par son âcreté moindre avec un temps de cuisson réduit et la variété « Gouning Souol » dont la culture a été presque abandonnée par les producteurs à cause de la durée prolongée de son temps de cuisson et son âcreté intense difficile à éliminer. Les enquêtes révèlent aussi que le taro est transformé, par certains paysans locaux, en cossettes puis en farine. Les cossettes sont obtenues après trempage préalable des tranches de taro dans l'eau ou dans la solution de maïs ou dans l'infusion de tamarin. Selon les paysans, les procédés de trempage réduiraient l'âcreté. Les tubercules de taro frais ainsi que les produits de la transformation (cossettes et farine) sont utilisés dans la préparation des nombreux aliments comme la bouillie, la boule ou pâte, les beignets et la soupe. Nous espérons que les résultats de ces enquêtes seront un point de départ pour les futurs travaux de recherches visant l'évaluation de la qualité nutritionnelle de taro cultivé au Tchad et l'apport des justifications scientifiques de la réduction de l'âcreté de ces tubercules par les procédés artisanaux de trempage.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier infiniment l'administration de l'Institut Universitaire des Sciences et Techniques d'Abéché (Tchad) et le Service de la Coopération et d'Action Culturelle de l'Agence Française de Développement (Ambassade de France à N'Djaména - Tchad) pour leurs appuis financiers.

REFERENCES

AGWUNOBI L.N., ANGWUKAM P.O., CORA O.O. and ISIKA M.A. 2002. Studies on the use of *Colocasia esculenta* (Taro Cocoyam) in the Diets of Weaned Pigs. *Kluwer Academic Publishers*. Tropical Animal Health and Production, 34: 241 – 247.

JANE J., SHEN L., CHEN J., KASEMSUWAN T., & Nip W.K. 1992. Physical and Chemical studies of taro starch and flours; *Cereal Chem.* 69: 528-535.

MINAGRI, 1999. Ministère de l'Agriculture, Cameroun. Annuaire des statistiques agricoles 1998-1999. Direction des études et des projets, Ministère de l'agriculture, Yaoundé, Cameroun, 115p.

NJINTANG N., FOMBANG E., AGBOR EGBE, MBOFUNG K. 1999. Travaux préliminaires sur la mise au point de la farine de taro en vue de la préparation du « achu » : étude des contraintes associées. *Biosciences proceeding*. 6^{ème} Conférence de la Société Camerounaise de Biosciences. Ed Mbofung et Etoa, pp. 20 – 30. .

NIP W.K. 1997. Taro : in processing vegetables, Science and Technology. D.S. Smith, W.K. Nip and Y.H. Hui Eds. Technomic Publishing Co., Inc. Lancaster, Pennsylvania, USA, 388p.