

## ARTICLES ORIGINAUX

## OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

## ORIGINAL ARTICLES

## ARTICULOS ORIGINALES

## Bactéries lactiques de la pâte fermentée de maïs au Congo

D. Louembé, S. Kéléké, S.C. Kobawila & J.P. Nzouzi

Keywords: Fermentation- Maize- Dough- Lactic acid bacteria- Yeasts

### Résumé

Cent trente et une souches de bactéries lactiques ont été isolées et identifiées. Parmi les bactéries lactiques présentes dans le *poto-poto*, les genres *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* et *Pediococcus* ont été mis en évidence dans la pâte de maïs fermentée. Les *Lactobacillus* représentent le genre dominant; les *Leuconostocs* disparaissent après 24 heures de fermentation sans nul doute à cause du pH devenu trop acide.

*Lactobacillus plantarum* est l'espèce majoritaire (27%). Les autres espèces du genre *Lactobacillus* sont *Lactobacillus pentosus* (7,6%), *Lactobacillus cellobiosus* (8,4%), *Lactobacillus brevis* (10%). Le genre *Leuconostoc* constitue le deuxième groupe de la flore lactique (28%) avec *Leuconostoc mesenteroïdes* (19%) et *Leuconostoc citreum* (9%). Les autres espèces sont: *Lactococcus lactis* sp. *lactis* (7,6%), *Pediococcus acidilactici* (10%).

Ces résultats sont comparables à ceux observés dans d'autres produits fermentés à base de maïs comme l'*uji* et l'*ogi*. Cependant, des différences sont constatées avec le *mawé* béninois.

En plus des bactéries lactiques, les levures sont également présentes; leur nombre augmente parallèlement à l'augmentation du pH du milieu. Cette association, bactéries lactiques et levures, est responsable du goût et de l'arôme caractéristique et agréable des aliments fermentés.

Du point de vue quantitatif, les *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* et les levures sont beaucoup plus nombreux dans le *poto-poto* fait à base des grains de maïs germés que non germés. Cette différence de croissance des microorganismes pourrait s'expliquer par la concentration des sucres simples libérés lors de l'hydrolyse partielle de l'amidon pendant la germination et facilement utilisable par les microorganismes.

### Summary

#### Lactic Acid Bacteria Involved in the Processing of Poto-Poto, a Fermented Maize Dough Congolese

Lactic acid bacteria and yeast involved in natural fermentation of "poto-poto" were investigated during fermentation period. The dominant micro-organisms involved in poto-poto are a mixed population of lactic acid bacteria and yeasts. The association of these two category of organisms responsible for the development of sensory qualities has been noticed in spontaneous fermentation.

From a total of 131 strains of lactic acid bacteria isolated from product, four main lactic acid bacteria genus were identified: *Lactobacillus* (mainly *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus cellobiosus*, *Lactobacillus brevis*), *Lactococcus* (with *Lactococcus lactis* sp. *lactis*), *Leuconostoc* (mainly *Leuconostoc mesenteroïdes*, *Leuconostoc citreum*) and *Pediococcus* (with *Pediococcus acidilactici*).

*Lactobacillus* constituted the predominant genus. *Leuconostoc* were only isolated at the early stage of fermentation, confirming the fact that they are initiating flora as generally reported. This presumably a result of the low pH.

The micro-organisms composition compared with *ogi*, *uji* are similar. However, some differences exist particularly with *mawé*, beninese traditional product.

Quantitatively, lactic acid bacteria and yeasts are more numerous in natural fermentation of germinated grains maize than non germinated grains.

## Introduction

La production de la pâte fermentée de maïs par fermentation naturelle des grains préalablement trempés dans l'eau et moulus est un des procédés de transformation artisanale de maïs très courant en Afrique en général et au Congo en particulier. De nombreux travaux ont été consacrés à l'étude des microorganismes intervenant dans le processus (1, 2, 5, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 24), des caractéristiques physico-chimiques, biochimiques (4, 5, 14, 19, 21, 22) et des propriétés nutritives et des possibilités d'amélioration de la technologie de production (3, 7, 18, 20, 21, 22, 23, 25, 26).

Plusieurs types de microorganismes, dont les bactéries lactiques, ont été isolés des fermentations traditionnelles du maïs. Le tableau 1 regroupe les bactéries lactiques isolées des différentes pâtes fermentées. Il en ressort que dans tous les procédés de transformation utilisés, les bactéries lactiques représentent la microflore majoritaire. Parmi ces bactéries lactiques, le genre *Lactobacillus* constitue la flore dominante du processus.

Au Congo, où la bouillie obtenue à partir de cette pâte est très utilisée comme aliment de complément du jeune enfant (26), on connaît peu de choses des différentes espèces de bactéries lactiques participant à la transformation de la farine de maïs.

Avant de déterminer la physiologie des bactéries lactiques, leur rôle dans la communauté microbienne et leurs propriétés biotechnologiques, nous avons, dans la présente étude, cherché à caractériser la microflore lactique intervenant dans le processus de fermentation.

## Matériel et méthodes

Les pâtes à analyser ont été obtenues à partir de la fermentation naturelle des grains de maïs germés (GG) et non germés (GNG).

La figure 1 présente le diagramme de production artisanale de la pâte de maïs fermentée à partir des grains germés. Après un tri manuel de 5 kg de grains secs acquis dans les marchés locaux, les grains de maïs sont tamisés, lavés plusieurs fois à l'eau et placés durant 48 heures dans des tonnelets contenant de l'eau à température ambiante. Les grains réhydratés sont mis à germer durant 3 jours. Après dégermage, lavage et égouttage, les maïs germés propres sont broyés au moulin. La farine obtenue est défibrée par tamisage à l'eau à travers un tissu de mousseline. Le lait d'amidon recueilli est soumis à la décantation durant 4 heures. La pâte obtenue après décantation est ensuite laissée en fermentation spontanée pendant 72 heures à la température ambiante. Chaque préparation est faite en triple par une productrice locale agréée.

La pâte obtenue à partir des grains non germés est préparée selon la méthode classique décrite par

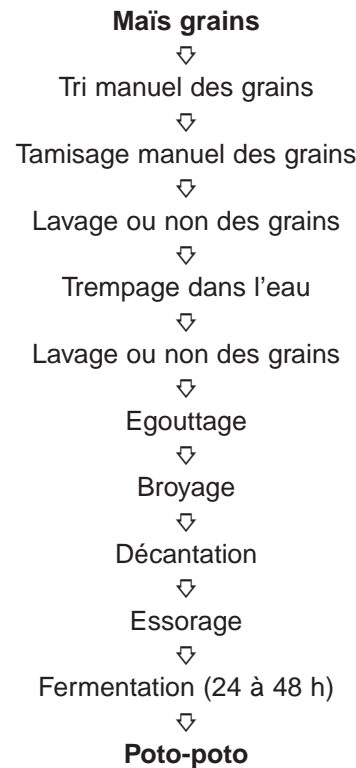


Figure 1: Procédé traditionnel de production du poto-poto à base des grains de maïs non germés

Louembé *et al.* (14). Après sélection, le bon grain est mis à tremper durant 24 heures, lavé plusieurs fois et broyé au moulin. La farine obtenue est traitée comme dans le premier cas.

## Dénombrement et caractérisation des microorganismes de la pâte fermentée de maïs

### Préparation des échantillons

A 0, 24, 48 et 72 heures de fermentation, 10 grammes de pâte fermentée de maïs de chaque procédé sont mélangés à 90 ml d'eau peptonée stérile. Des dilutions décimales en eau peptonée sont réalisées à partir de cette suspension mère. Les boîtes de Pétri sont ensemencées avec 0,1 ml des différentes dilutions en raison de trois boîtes pour chaque dilution.

### Milieux et conditions de culture

Les milieux et conditions de culture utilisées sont les suivants: – PCA (Plate Count Agar) pour la microflore mésophile totale, culture à 30 °C pendant 48 à 72 heures; – Milieu MRS-Agar (8) pH 5,5 pour les bactéries lactiques; ensemencement en double couche et incubation à 30 °C pendant 48 à 72 heures; – Milieu MRS additionné de bleu d'aniline à 2%, ensemencement en surface et incubation à 30 °C pendant 48 à 72 heures; les bactéries lactiques donnent des colonies bleues sur ce milieu; – Milieu de Mayeux *et al.* à l'acide de sodium à 1%, pH 7, ensemencement en surface et incubation à 30 °C pour les *Leuconostoc* qui donnent

**Tableau 1**  
**Les bactéries lactiques présentes des différentes pâtes de maïs**

<i>Auteurs</i>	<i>Produits</i>	<i>Bactéries lactiques</i>
Christian, 1966, 1970; Nyako, 1977.	Kenkey ghanéen	<i>Lactobacillus brevis</i> <i>Lactobacillus</i> sp.
Banigo, 1977; Omyekwere et Akurele, 1977. A.I. Sanni, A.A. Oniludes, S.T. Ogunbanwo & S.I. Smith, 1999.	Ogi nigérien	<i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Lactobacillus brevis</i> <i>Lactobacillus reuteri</i> <i>Lactobacillus delbrueckii</i> <i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Lactobacillus brevis</i> <i>Lactobacillus casei</i>
Gatumbi et Muriru, 1977; Mbugua, 1977, 1981.	Uji kenyan	<i>Leuconostoc mesenteroide</i> <i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Lactobacillus cellobiosus</i> <i>Lactobacillus fermentum</i> <i>Pediococcus acidilactici</i> <i>Pediococcus pentosaceus</i> <i>Streptococcus</i> spp.
Schweigart et De Wit, 1960; Schweigart <i>et al.</i> , 1961; Schweigart et Fellinghan, 1963; Van Der Marwe <i>et al.</i> , 1964/1965; Schweigart, 1970/1971; Hesseltine, 1979.	Mahewu sud africain	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> <i>Lactobacillus bulgaricus</i> <i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Streptococcus lactis</i>
Maria Del Carmen Wacher Rodarte, 1995.	Pozol mexicain	<i>Leuconostoc</i> , <i>Lactobacillus</i> <i>Pediococcus</i> , <i>Lactococcus</i>
D. J. Hounhouigan, 1994.	Mawè béninois	<i>Lactobacillus brevis</i> <i>Lactobacillus fermentum</i> ( <i>biotype cellobiosus</i> ) <i>Lactobacillus fermentum</i> <i>Lactobacillus reuteri</i> <i>Lactobacillus curvatus</i> <i>Lactobacillus confusus</i> <i>Lactobacillus buchneri</i> <i>Lactobacillus lactis</i> <i>Lactobacillus salivarius</i> <i>Lactococcus lactis</i> <i>Leuconostoc mesenteroide</i> <i>Pediococcus pentosaceus</i> <i>Pediococcus acidilactici</i>

des colonies muqueuses; – Milieu de Buttiaux *et al.* modifié au lait écrémé à 10% et à l'acide à 1%, pH 7, ensemencement en surface et incubation à 30 °C pendant 24 à 72 heures pour les *Lactococcus* qui donnent des colonies présentant des plages de lyse; – Milieu PDA (Potato Dextrose Agar, Difco laboratory) au chloramphénicol (0,05 g/l) pour les levures, incubation à 30 °C pendant 24 à 72 heures.

#### *Dénombrement de la flore lactique et des levures*

Les différents microorganismes étudiés sont dénombrés après culture selon la méthode de Miles et Misra

décrite par Collins et Lyne (6): les boîtes de Pétri sont ensemencées avec 0,1 ml des différentes dilutions en raison de trois boîtes pour les dilutions choisies. Les résultats correspondent à la moyenne des nombres de colonies comptées sur chaque boîte (entre 10 et 100 colonies).

#### *Purification et identification des bactéries lactiques*

La purification des microorganismes isolés est effectuée par subculture sur MRS-Agar. Les bactéries lactiques après purification sont caractérisées selon les tests classiques incluant la coloration de Gram, obser-

vation microscopique, réaction de la catalase selon les méthodes décrites par Harrigan et McCance (9) et la capacité des isolats à utiliser les sucres a été déterminée à partir des galeries API CHL (BioMérieux).

**Mesure du pH**

Après 0, 24, 48 et 72 heures de fermentation, 20 grammes de pâte de maïs sont prélevés de chaque procédé, homogénéisés dans 80 ml d'eau distillée et filtrés à travers sur papier filtre Whatman GF/A. La mesure du pH du filtrat obtenu est réalisé à l'aide du pH-mètre de type HI 9321 bioblock scientific.

**Résultats**

**Evolution de la microflore**

La figure 2 présente l'évolution de la flore mésophile totale au cours de la fermentation de deux pâtes: il apparaît que la flore totale augmente de  $5,0 \cdot 10^9$  U.F.C./ml à  $4,0 \cdot 10^{10}$  U.F.C./ml pour les pototo-poto à grains germés et de  $2,5 \cdot 10^9$  U.F.C./ml à  $3,6 \cdot 10^9$  U.F.C./ml pour les pototo-poto à grains non germés en 24 heures. Après 48 heures de fermentation, cette flore diminue, elle revient à  $5,0 \cdot 10^9$  U.F.C./ml pour les pototo-poto à grains germés et à  $4,0 \cdot 10^8$  U.F.C./ml pour les pototo-poto à grains non germés.

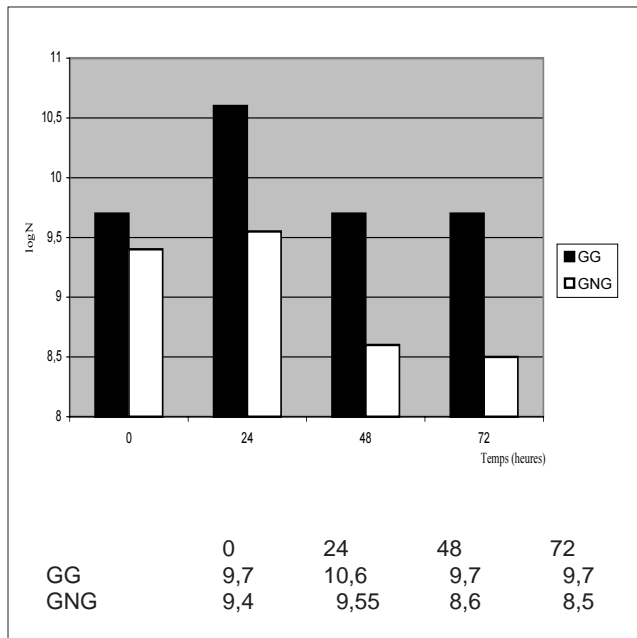


Figure 2: Evolution de la flore totale

Les bactéries lactiques (Figure 3) suivent la même évolution: les résultats donnés dans le tableau 1 montrent que la microflore lactique augmente de  $1,6 \cdot 10^{10}$  U.F.C./ml à  $1,3 \cdot 10^{11}$  U.F.C./ml en 48 heures et baisse à  $4,0 \cdot 10^{10}$  U.F.C./ml à 72 heures dans les pototo-poto à grains germés pendant qu'elle passe de  $4,0 \cdot 10^9$  U.F.C./ml à  $1,8 \cdot 10^{10}$  U.F.C./ml en 48 heures et diminue ensuite à  $6,3 \cdot 10^9$  U.F.C./ml à 72 heures de fermentation pour les pototo-poto à grains non germés. Les bactéries lactiques évoluent plus vite dans le pototo-poto fait à base des grains germés que dans le pototo-poto produit à base des grains non germés.

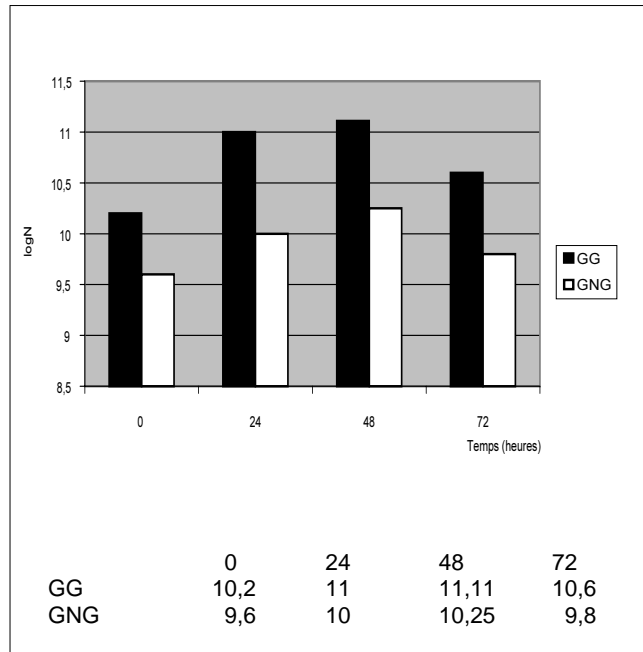


Figure 3: Evolution des bactéries lactiques totales

Les bactéries lactiques, du genre *Leuconostoc*, présentes au début de la fermentation dans les deux types de pototo-poto disparaissent totalement après 24 heures (Figure 4) pendant que les Lactocoques passent de  $7,1 \cdot 10^6$  à  $3,2 \cdot 10^9$  U.F.C./ml dans les pototo-

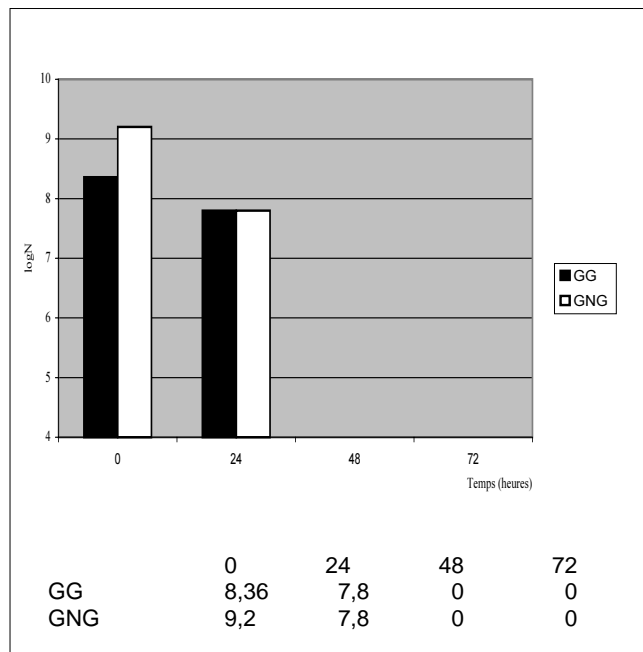


Figure 4: Evolution des Leuconostocs

pototo à grains germés avec un pic à 48 heures, et de  $1,0 \cdot 10^9$  à  $1,4 \cdot 10^9$  U.F.C./ml dans les pototo-poto à grains non germés (Figure 5).

Les levures présentes dès le début de la fermentation (Figure 6) croissent avec l'acidité du milieu: la population passe de  $3,2 \cdot 10^6$  à  $4,0 \cdot 10^9$  U.F.C./ml pour les

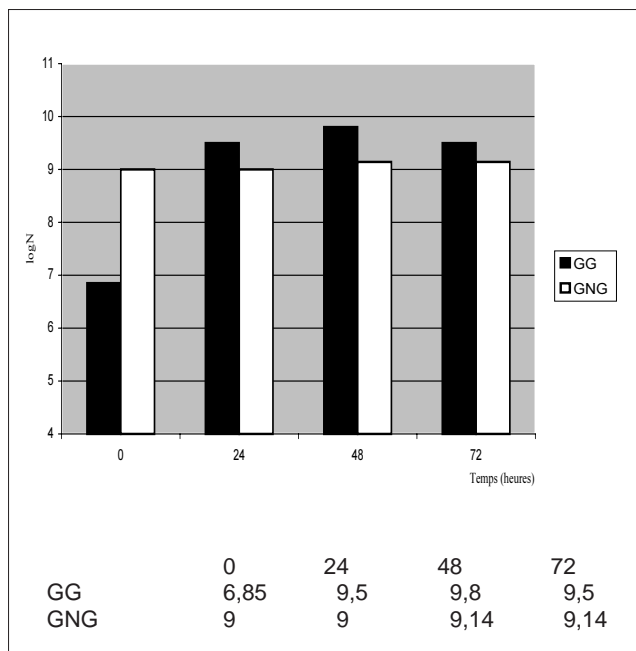


Figure 5: Evolution des Lactococcus

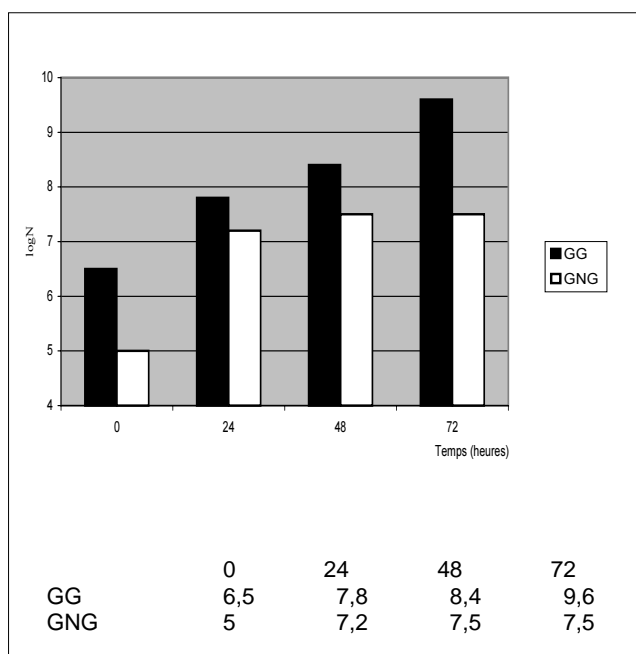


Figure 6: Evolution des levures

poto-poto à grains germés et de  $1,0 \cdot 10^5$  à  $3,210^7$  U.F.C./ml pour les poto-poto à grains non germés.

### Identification de la microflore lactique

Cent trente et une souches de bactéries lactiques ont été isolées et examinées. Le tableau 2 donne les fréquences des souches identifiées. Le genre *Lactobacillus* constitue plus de la moitié (55%) des bactéries lactiques isolées et *Lactobacillus plantarum* est l'espèce majoritaire (27%). Les autres espèces du genre *Lactobacillus* sont *Lactobacillus pentosus* (7,6%), *Lactobacillus cellobiosus* (8,4%), *Lacto-*

*bacillus brevis* (10%). Le genre *Leuconostoc* constitue le deuxième groupe de la flore lactique; il représente 28% des souches isolées avec *Leuconostoc mesenteroides* (19%) et *Leuconostoc citreum* (9%). Les autres souches isolées ont été identifiées comme *Lactococcus lactis* sp. *lactis* (7,6%), *Pediococcus acidilactici* (10%). Ces bactéries appartiennent aussi bien aux bactéries lactiques homofermentaires et hétérofermentaires.

### Evolution du pH

Pendant la fermentation, le pH des poto-poto chute rapidement. En effet, en 24 heures le pH passe de 4,4 à 3,7 pour les poto-poto à base de grains non germés et de 4,3 à 3,7 pour les poto-poto à base de grains germés; il se fixe à 3,7 pour le reste de la période étudiée (Figure 7) dans les deux cas.

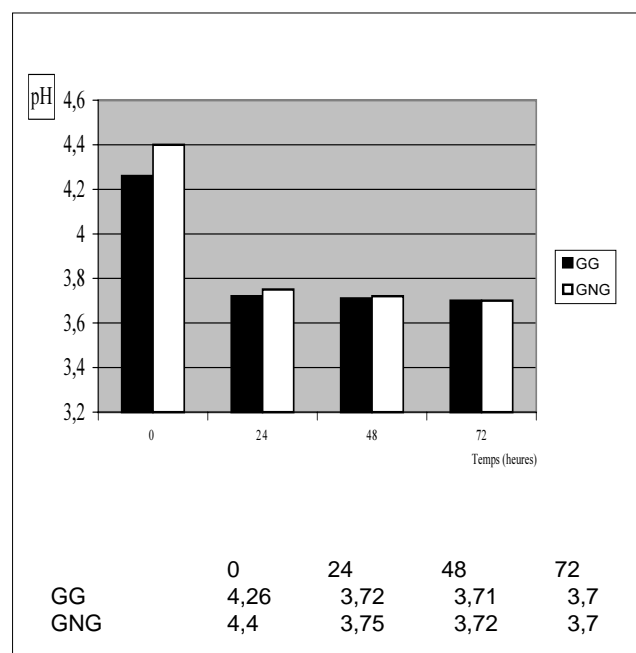


Figure 7: Evolution des pH

### Discussion - conclusion

La présente étude confirme les résultats de nos précédents travaux (14): elle révèle que la microflore dominante du poto-poto est constituée de bactéries lactiques ( $1,8 \cdot 10^{10}$  à  $1,3 \cdot 10^{11}$ ) et de levures ( $3,2 \cdot 10^7$  à  $4,0 \cdot 10^9$ ). L'association de ces deux types de micro-organismes est retrouvée dans les fermentations spontanées à base de maïs et de beaucoup d'autres céréales (1, 2, 5, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 24). Le tableau 2 qui récapitule les résultats de ces différents travaux révèle que quelque soient les procédés utilisés pour la transformation traditionnelle des grains de maïs, les processus fermentaires mettent en jeu des bactéries lactiques.

L'évolution de la population des bactéries lactiques est parallèle à la diminution du pH de fermentation. Ces résultats sont en accord avec ceux de Louembé *et al.* (14), Hounhougan (10), Maria Del Carmen (15).

**Tableau 2**  
**Bactéries lactiques de la pâte fermentée de maïs**

Genre (nombre de souches isolées et identifiées)		Espèces (nombre de souches isolées et identifiées)	
Lactobacillus (72)	55%	<i>Lactobacillus plantarum</i> (37)	28,2%
		<i>Lactobacillus brevis</i> (13)	10,0%
		<i>Lactobacillus cellobiosus</i> (12)	9,1%
		<i>Lactobacillus pentosus</i> (10)	7,6%
Leuconostoc (36)	28%	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> (24)	19%
		<i>Leuconostoc citreum</i> (12)	9%
Lactococcus (10)	7,6%	<i>Lactococcus lactis</i> sp. <i>lactis</i> (10)	7,6%
Pediococcus (13)	10%	<i>Pediococcus acidilactici</i> (13)	10%

(72) = nombre de souches de *Lactobacillus* isolées, soit 72 *Lactobacillus*

Parmi les bactéries lactiques, le genre *Lactobacillus* constitue la flore dominante comme plusieurs chercheurs (2, 10, 15, 16, 17) l'ont montré. Il serait responsable de l'acidification du produit fini.

Les *Lactobacillus* sont des bactéries d'une aide précieuse en technologie alimentaire, souvent utilisés comme starter. Présents à la surface des plantes et des fruits, ils interviennent dans la production de nombreux produits alimentaires (choucroutes, ensilages, boissons fermentées ou sucrées). Ils jouent également un rôle important dans les produits à base de viande, par exemple la préparation des saucissons crus.

Par comparaison au mawé béninois (10), produit équivalent au pototo congolais, il faut retenir la présence simultanée dans les deux produits de *Lactobacillus cellobiosus*, *Lactobacillus brevis*, *Lactococcus lactis*, *Pediococcus acidilactici*, *Leuconostoc mesenteroides* et *Leuconostoc citreum*, *Lactobacillus plantarum* microflore majoritaire du pototo et *Lactobacillus pentosus* sont absents du mawé tandis que *Lactobacillus fermentum* et *Lactobacillus reuteri* retrouvés à 90% dans le mawé sont absents du pototo. *Lactobacillus brevis* majoritairement importante (85%) ne représente que 10% des bactéries lactiques dans le pototo.

Les souches de *Lactobacillus plantarum* qui représentent l'essentiel des *Lactobacillus* dans le cas du pototo ont été également identifiées respectivement par Akinrele dans l'ogi nigérian (2), Odunfa et Adeyele dans l'ogi baba (24). Elles constituent comme dans toutes les fermentations alimentaires, la flore dominante en fin de fermentation en raison de leur tolérance aux pH très acides.

*Lactococcus lactis* a été aussi isolé dans le pozol mexicain (15). Communément retrouvé des produits végétaux, céréales, haricots, pois, pomme de terre, et

dans le lait cru de vache contaminé à partir de la mamelle ou du fourrage, *Lactococcus lactis* est largement utilisé dans l'industrie alimentaire comme souches «starter» dans la production de fromage, de laits fermentés, de la caséine.

Les *Pediococcus* sont également isolés d'une large variété de végétaux et de fruits, de produits carnés et de la bière. On les trouve en abondance dans de nombreux produits fermentés, choucroutes, concombres, olives, etc.

Les *Leuconostoc mesenteroides* considérés comme population initiale dans les fermentations naturelles sont bien présentes dans le pototo pendant les 24 premières heures ( $2,3 \cdot 10^8$  au départ et  $6,3 \cdot 10^7$  U.F.C./ml après 24 heures); mais, ils disparaissent à partir de 48 heures dans les deux produits obtenus pendant que les *Lactobacillus*, *Lactococcus lactis* et *Pediococcus* restent bien présents.

La disparition des *Leuconostoc* à partir de la 48<sup>ème</sup> heure explique la diminution de la population de bactéries lactiques après 48 heures. Cette disparition résulte du pH d'acidification du milieu (pH 3,72) incompatible avec le pH optimum de croissance des *Leuconostoc* situé entre 5,0-6,3. La sensibilité des *Leuconostoc* serait liée à leur incapacité à maintenir un gradient de pH entre l'extérieur et l'intérieur de la cellule bactérienne en présence de fortes concentrations d'acétate et de lactate.

Cette sensibilité particulière de chaque espèce bactérienne au pH du milieu qui sont pour les bactéries lactiques respectivement de 3,2-3,5 (*Lactobacillus*), de 3,5-4,4 (*Pediococcus*), de 4,0-4,5 (*Lactococcus*), 4,2-4,6 (*Enterococcus*) et de 5,0-6,3 (*Leuconostoc*) déterminent la compétition dans les produits de fermentation entre les différents microorganismes et explique dans le cas du pototo-poto la séquence des bactéries et la supplantation de *Lactococcus* avec d'autres bacté-

ries lactiques. Par ailleurs, l'acidification qui suit leur multiplication (< 4) constitue un facteur antagoniste pour le développement des autres espèces et font des bactéries lactiques en général, et des *Lactobacillus* en particulier, une flore de barrière chez l'homme.

Les levures, avec les bactéries lactiques communément impliquées soit comme groupe unique, soit en combinaison avec d'autres groupes de microorganismes, constituent les microorganismes dominants du pototo-poto, où elles sont particulièrement abondantes ( $3,2 \cdot 10^7$  à  $4,0 \cdot 10^9$ ), comme elles le sont dans bien de fermentations naturelles des aliments d'origine végétale (13).

L'environnement acide, créé par les bactéries lactiques (pH évoluant de 4,26 à 3,7 ou de 4,4 à 3,7), favoriserait leur développement. En contre partie, le développement des levures stimulerait la croissance des bactéries lactiques par la production d'acides aminés, des facteurs de croissance comme les vitamines de la série B, le CO<sub>2</sub>, le pyruvate, le propionate, l'acétate et le succinate (12).

Cette microflore a un rôle essentiel dans ces fermentations naturelles; en effet, l'alcool produit par les levures et les acides produits par les bactéries lactiques ainsi que l'anaérobiose induite par la fermentation inhibent le développement des champignons filamenteux et des bactéries associées à l'altération et à la toxicité des aliments. En outre, l'association des bactéries lactiques et des levures produit le goût et l'arôme caractéristique et agréable des aliments fermentés (12, 13).

Dans l'ensemble, les microorganismes sont plus abondants dans les pototo-poto produits à partir des grains germés. La dégradation de l'amidon pendant la germination accroît la quantité des sucres simples (fructose, glucose) consommés par les microorganismes.

### Remerciements

Les auteurs adressent leurs vifs remerciements à l'Agence Aire-Développement et l'Unesco d'avoir mis à leur disposition des moyens financiers ayant permis la réalisation de la présente étude.

### Références bibliographiques

- Adegoke G.O. & Babalola A.K., 1988, Characteristics of micro-organisms of importance in the fermentation of fufu and ogi, two nigerian foods. *Journal of applied Bacteriology*, 65, 449-459.
- Akinrele I.A., 1970, Fermentation studies on maize during the preparation of a traditional african starch-cake food. *J. Sci. Agric.* 21, 619-625.
- Akinrele I.A. & Edwards C.C.A., 1971, An assesment of the nutritive value of maize-soja mixture, soy-ogi, as a weaning food in Nigeria. *Brit. J. Nutr.* 26, 177-185.
- Andah A. & Muller H.G., 1973, Studies on koko a ghanian fermented maize porridge. *Ghana J. Agric. Sci.* 6, 93-102.
- Banigo, Onyekwere & Akinrele, 1977, Nigerian ogi, *In: Hand book*, Keith. Steinkraus. Vol. 9, 189-198, Marcel Dekker, Inc. New york and Basel.
- Collins C.H. & Lyne P.M., 1979, *Microbiological Methods* (4<sup>th</sup> ed.), Butterworths (London).
- Cooke R.D., Twiddy D.R. & Reilly P.J.A., 1987, Lactic acid fermented as a low-cost means of food preservation in tropical countries. *FEMS Microbiol. Rev.* 46, 369-379.
- De Man J.C., Rogosa M. & Sharpe M.E., 1960, A medium for the cultivation of Lactobacilli. *J. Appl. Bacteriol.* 23, 130-135.
- Harring W.F. & McCance M.E., 1976, *Laboratory methods in food and dietary microbiology*. Academic Press (London).
- Hounhouigan D.J., Nout M.J.R., Nago C.M., Houben J.H. & Rombouts F.M., 1993a, Characterisation and frequency distribution of species of lactic acid bacteria involved in the processing of mawè, a fermented maize dough from Benin; *International Journal of food Microbiology*, 18, 279-287.
- Hounhouigan D.J., Nout M.J.R., Nago C.M., Houben J.H. & Rombouts F.M., 1993b, Microbial changes in mawè during natural fermentation. *World journal of Microbiology and Biotechnology*, 10, 410-413.
- Hounhouigan D.J., Nout M.J.R., Nago C.M., Houben J.H. & Rombouts F.M., 1999, Use of starter cultures of lactobacilli and yeast in the fermentation of mawè, an african maize product. *Trop. Sci.* 39, 220-226.
- Larry R.B., 1995, Application of biotechnology to indigenous fermented foods. *Food Technology*, 1, 97-99.
- Louembé D., Brauman A., Tchicaya F. & Kobawila S.C., 1996, Etude microbiologique et biochimique de la bouillie de maïs "poto-poto". *Microbiologie-Aliments-Nutrition*, vol. 14, 245-253.
- Maria Del Carmen Wachter Rodarte, 1995, Estudios sobre la microbiologia del pozol. Thèse.
- Mbugua S.K., 1981, Microbiol and biochemical aspects of uji, an East African sour cereal porridge. Fermentation, and it enhancement through application of lactic acid bacteria. Ph.D Thesis. Cornell university.
- Mbugua S.K., 1984, Isolation and characterisation of lactic acid bacteria during the traditional fermentation of uji. *East African Agriculture and Forestry Journal*, 50, 36-43.
- Mbugua S.K. & Njenga J., 1992, The anti-microbial activity of fermented uji, *Ecol. Food Nutr.* 28, 191-198
- Mensah P., Tomkins A.M., Drasar B.S. & Harrison T.J., 1992, Antimicrobiol effect of fermented Ghanaian maize dough. *J. Appl. Bacteriol.* 70, 203-210.
- Mosha A.C. & Svanberg U., 1983, Preparation of weaning foods with high nutrient density using flour of germinated cereals. *Food and Nutrition Bulletin*, 5, 10-14.
- Murdock F.A. & Fields M.L., 1984, B-vitamin content of natural lactic acid fermented corn meal. *J. Food Sci.* 49, 373-375.
- Nago M.C., Hounhouigan J.D., Akissoe N., Zanou E. & Mestres C., 1998, Characterisation of beninese traditional ogi, a fermented maize slurry: physicochemical and microbiological aspects: *International Journal of food Science and Technology*, 33, 307-315.
- Nout M.J.R. & Rombouts F.M., 1992, Fermentative preservation of plants foods. *J. Appl. Bacteriol. Symposium supplement*, 73, 136-147.
- Odufa S.A., 1985, African fermented foods, *In: Wood B.J.B.(Ed.) Microbiology of fermented food* vol. 8, 155-191. London and New-york Elsevier Applied science publishers.
- Plahar W.A. & Leung H.K., 1983, Composition of ghanian fermented maize meal and the effect of soya fortification on sensory properties. *J. Sci. Food Agric.* 34, 407-411.
- Trèche S., Giamarchi P., Gallon G. & Massamba J., 1992, Les bouillies de sevrage au Congo: Composition, Valeur nutritionnelle et Modalités d'utilisation; 5<sup>ème</sup> journée internationale du Germ. Montpellier, 22-27 Nov. 1992.

D. Louembé, Congolais, Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, Maître de Conférences, Faculté des Sciences, Université Marien Nguabi.

S.C. Kobawila, Congolais, Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle, Maître Assistant, Faculté des Sciences, Université Marien Nguabi.

S. Kéléké, Congolais, Doctorat unique, Chargé de Recherche, Délégation Générale de la Recherche Scientifique et Technologique.

J-P. Nzoussi, Congolais, Etudiant, Diplôme Ingénieur de développement rural.