

Etude préalable à la conception d'un équipement d'extraction d'amidon de *Canna edulis* en Colombie.

Stéphane Degrés*, Martin Moreno Santander**,
Dominique Dufour***, Hugo Garcia Bernal****

Introduction

Canna edulis ou *Canna indica* est connu dans les pays anglophones sous le nom de Queensland arrowroot, dans les pays francophones balisier ou canna et en Colombie achira. Cette plante est cultivée principalement pour son rhizome riche en amidon, mais aussi dans de nombreux pays d'Amérique latine pour ses feuilles qui sont utilisées en zone rurale pour l'emballage des aliments et pâtes de fruits (Chaparro et Cortes, 1978).

L'amidon de *Canna edulis* est très recherchée en Colombie pour ses propriétés fonctionnelles spécifiques qui sont mises à profit pour le développement de biscuits appelés « achiras ». La teneur élevée de son amidon en amylase (37%) lui confère une tendance à la rétrogradation après cuisson. De ce fait, les « achiras » sont de texture extrêmement croquante après cuisson, faisant ainsi la spécificité du produit vis à vis des autres biscuits à partir de blé, maïs ou de manioc. Les « achiras » sont extrêmement stables, ne réabsorbent pas d'eau et conservent leurs propriétés fonctionnelles pendant leur stockage (de 1 à 2 mois) même dans des atmosphères humides et chaudes rencontrées en Colombie (Ruales et al, 1995).

Au Vietnam et dans le Sud de la Chine, les propriétés fonctionnelles de cet amidon sont mises à profit pour la fabrication de pâtes alimentaires de grande consommation. Ces

* CIRAD-SAR, UR
Technologie et procédé,
34090 Montpellier.

** Université del Valle, Cali,
Colombie.

*** CIRAD-SAR / CIAT, Cali,
Colombie.

**** Corpoica, Colombie.

pâtes présentent une grande flexibilité et sont très résistantes à la rupture. De plus, du fait de la très forte rétrogradation de l'amidon, elles sont extrêmement stables à la cuisson et peuvent être cuites pendant de nombreuses heures sans que leur texture soit affectée (Dufour, 1996).

*En Colombie, l'amidon de *Canna edulis* présente un grand potentiel pour le développement de nouveaux produits mais sa production est limitée du fait de la grande pénibilité de son procédé d'extraction.*

*Cet article présente l'étude¹ préalable à la conception d'un équipement d'extraction d'amidon à partir de *Canna edulis*. Concevoir, c'est répondre à un besoin résultant d'une ou plusieurs insatisfactions qui peuvent être dues à des dysfonctionnements d'ordre économiques, technologiques ou ergonomiques. Une étude structurelle des techniques doit aider à mettre en relief ces insatisfactions par une analyse des relations entre les acteurs, la matière et les techniques utilisées (Degrés, 1996).*

Méthodologie de l'étude

L'objectif de l'étude est de définir les moyens techniques permettant d'augmenter la capacité de production des petites unités traditionnelles d'extraction d'amidon de *Canna edulis* en Colombie. La collecte et l'utilisation d'informations pour concevoir un équipement doivent réduire les risques d'échecs, minimiser les délais de conception et éviter le décalage entre le besoin perçu par le concepteur et le besoin réel.

Une représentation virtuelle du futur équipement (problème, besoin, fonction) a d'abord été réalisée ce qui a permis de définir le concept du produit ainsi que les moyens à mettre en oeuvre pour matérialiser ce concept (plan, prototype, équipement, industrialisation).

Pour poser les bases de la trajectoire technologique du futur équipement (Degrés, 1996), nous avons conduit une étude structurelle de techniques en situation réelle sous forme d'observations, d'entretiens et d'expériences afin de définir et de caractériser les acteurs liés au processus, les équipements et savoir-faire utilisés, la matière première et la matière procédé, ainsi que les aspects ergonomique, économique et socio-culturel.

un concept
s'appuyant sur une
étude structurelle

¹ Ces recherches sont menées en partenariat entre le CIRAD-SAR, le centre de recherche colombien dans le domaine de l'agriculture (CORPOICA), le département génie mécanique de l'université del Valle de Cali et le CIAT (Cali).

L'étude² a eu lieu à Caqueza (Département de Cundinamarca) et à Bogota, auprès d'agriculteurs-transformateurs, d'artisans mécaniciens du centre de recherche CORPOICA, de transporteurs et d'utilisateurs d'amidon (industriels et particuliers).

La production d'amidon

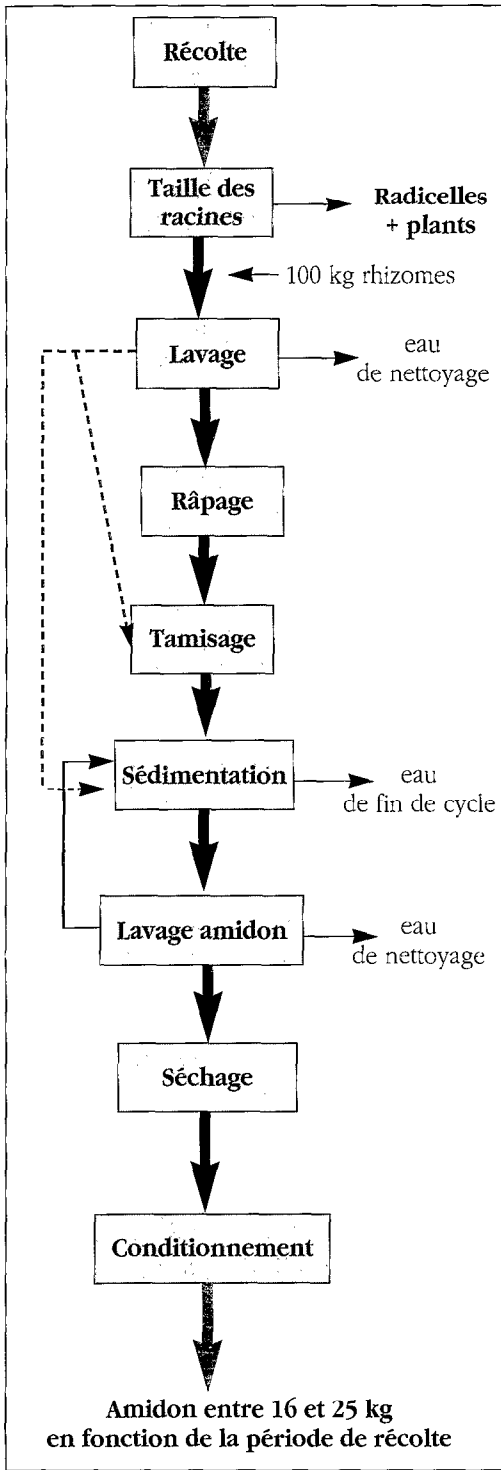
Le rhizome de canna est composé d'une partie principale en forme de T ou de Y d'où est extrait l'amidon et d'une partie secondaire munie d'une tige utilisée comme semence. En Colombie les superficies cultivées sont comprises entre 0,5 ha et 8 ha avec une moyenne d'environ 1 ha par ferme. La culture est possible jusqu'à 2 650 m d'altitude les meilleures zones se situant entre 1 700 et 2 185 m. Le rendement maximum est de 30 tonnes/ha de rhizomes alors que la moyenne réelle est de 9 t/ha. La durée de culture s'étale sur 8 à 12 mois, principalement en saison pluvieuse, avec un rendement en amidon à 8 mois de 20 à 25 % tandis qu'après 10 mois de culture, le rendement du rhizome n'est plus que de 12 à 15 % (Serrano, 1993 ; Alarcon, 1996 ; Morales, 1965).

une production relativement faible

Trois régions sont productrices d'amidon de canna : Cundinamarca (800 ha), Narino (200 ha) et Huila (200 ha). Le procédé reste le même dans l'ensemble des régions colombiennes. Seule la région de Cundinamarca exporte hors du département alors que Narino et Huila consomment la totalité de leur amidon. Du fait de l'éloignement entre les zones de production et les industriels demandeurs, des intermédiaires transportent l'amidon vers les zones d'utilisation en contrepartie d'une commission correspondant à la valeur commerciale du transporteur, puisqu'il s'agit de la différence entre le prix d'achat à l'agriculteur et le prix de vente à l'industriel.

La matière transformée doit être la plus blanche possible (contrôle visuel), sans impureté (contrôle visuel : une sédimentation rapide de l'amidon en solution permet de détecter d'éventuels mélanges avec d'autres amidons de moins bonne qualité), et avoir une teneur en eau inférieure à 20 % pour le consommateur industriel et à 11 % pour le transformateur (Alarcon, 1996).

² Cette étude a été réalisée par une équipe constituée d'un ingénieur agricole, professeur à l'université del Valle, d'un technicien spécialiste de la transformation du manioc au CIAT, d'un spécialiste de la diffusion d'équipements agro-alimentaire et d'un économiste du CORPOICA, d'un agriculteur indépendant, ingénieur agronome, et d'un spécialiste de méthodes de conception de CIRAD-SAR



Récolte : l'opération de récolte est composée de deux phases. La première consiste à couper les tiges de canna à environ 20 cm du sol ; une fois cette opération réalisée, chaque groupe de rhizomes (10 en moyenne par plante) est déterré à l'aide d'une pioche.

Taille des racines : il s'agit de séparer les racines du rhizome principal puis d'un éventuel rhizome secondaire, ce dernier est utilisé pour une replantation.

Lavage : les rhizomes sont plongés dans un bac rempli d'eau de rivière. L'ensemble est ensuite brassé manuellement jusqu'à ce qu'ils soient bien propres.

Râpage : Cette opération permet de râper la matière première en une pulpe fine pour en faciliter l'extraction de l'amidon. La râpe est un cylindre en bois de 20 cm de diamètre et de 40 cm de longueur soit recouvert d'une plaque en fer galvanisée percée de trous de 0,5 cm de diamètre espacés de 1 cm (le frottement du tubercule contre les arêtes de ces orifices permettra l'action de râpage), soit muni de lames de scies disposées longitudinalement dont les dents triangulaires mesurent 1 cm. L'écartement entre chaque rang est de l'ordre de 3 cm. Ce cylindre, installé horizontalement, est mis en rotation manuellement ou mécaniquement par un moteur d'une puissance comprise entre 10 et 25 CV. La râpe, seul équipement mécanisé, est louée aux agriculteurs par un prestataire de services et transportée à dos de mule de ferme en ferme.

Séparation de l'amidon : une fois les racines râpées, on obtient une pulpe composée d'amidon, d'eau et d'afrecho (fibres + autres matières) qui sont séparés par lavage et tamisage : 1 à 2 kg de cette pulpe est introduit sur un tamis constitué de deux « toiles de filtration » superposées (ce tamis est posé sur un bac), puis, par ajout d'eau sur la pulpe on obtient après tamisage, les fibres appelées l'afrecho et le lait d'amidon en mélange avec les impuretés (appelées localement « mogoya »). Les impuretés, moins denses que l'amidon sédimentent plus lentement et l'élimination de la couche surnageante permet alors de purifier l'amidon. L'opération de lavage est répétée de 3 à 5 fois et le temps de sédimentation varie entre 20 minutes et 1 heure.

Séchage : une fois le lavage réalisé, l'amidon humide est récupéré et séché en couche fine étalée sur une bâche en plastique à l'air libre, le temps nécessaire étant variable selon les saisons.

Conditionnement et stockage : l'amidon est ensuite conditionné dans des sacs d'environ 70 kg avant d'être entreposé dans une remise.

Figure 1 - Diagramme d'extraction de l'amidon.

deux résidus
utilisables

Le procédé a pour but de séparer deux produits de l'amidon : l'afrecho (résidu fibreux) qui peut être utilisé comme fertilisant (mais il ne l'est presque jamais en Colombie) et la mogoya qui, lorsqu'elle n'est pas directement rejetée, peut être directement utilisée comme nourriture pour animaux ou comme ingrédient dans la fabrication de biscottes.

Le faible niveau de complexité technique des différents équipements permet une fabrication et une maintenance locale. Seules l'eau (lavage des racines, tamisage et lavage de l'amidon) et l'essence (pour le moteur de la râpe mécanique) sont nécessaires.

un procédé
d'extraction pénible

Les agriculteurs-transformateurs pourraient cultiver une plus grande surface de canna mais ils ne le font pas car la pénibilité du procédé d'extraction ne leur permet pas de traiter une plus grande quantité. Leurs exploitations se caractérisent par une polyculture (arbres fruitiers, oignons, haricots et maïs). La surface des fermes est comprise entre 2 ha et 12 ha avec une moyenne de 4 ha dont 30 % à 50 % sont consacrés à la canna. Le travail est réalisé dans la plupart des cas par l'agriculteur et sa famille (la main-d'oeuvre salariée étant de plus en plus rare).

Étude économique et organisationnelle de la transformation

A l'ouest du département du Cundinamarca et de Huila, les pains de canna sont consommés tous les jours. Alors que la culture y est restée traditionnelle, la demande croissante des consommateurs de biscuits fait que depuis quelques années cette culture est devenue économiquement intéressante (Serrano,1993).

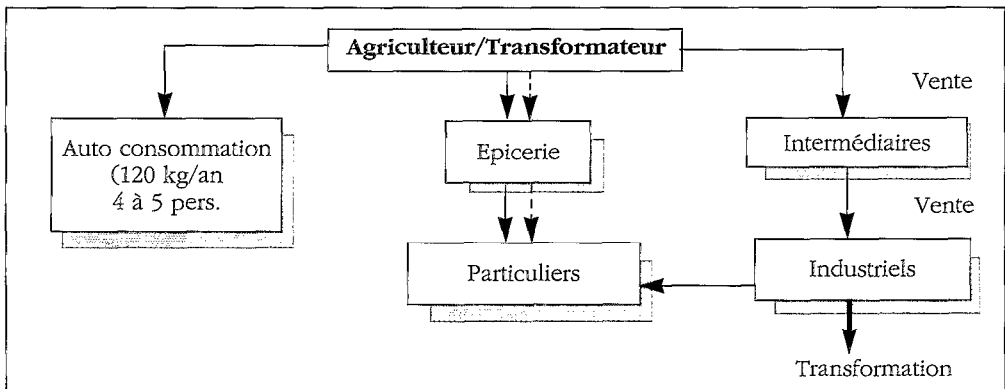


Figure 2 - Circuit de commercialisation de l'amidon

l'agriculteur est
lui-même le
producteur d'amidon

et le vend aux
épiciers ou à des
intermédiaires

Le transformateur étant l'agriculteur lui-même, celui-ci s'auto-provisionne en fonction de ses besoins. L'amidon est utilisé (fig. 2) par de particuliers qui s'approvisionnent dans les épicerie ou dans un supermarché, soit par des d'industriels qui s'approvisionnent auprès d'intermédiaires qui se chargent d'aller se fournir en amidon directement chez les transformateurs (45 à 100 tonnes/an selon leur stratégie commerciale).

Le prix de vente fluctue en fonction de la demande. L'agriculteur vend à un intermédiaire ou à une épicerie l'amidon entre 1 200 et 1 800 pesos le kg (1 000 pesos = 5 FF au 1/09/96) qui sera revendu 2 000 pesos le kg. L'intermédiaire fournit les industriels entre 2 500 et 2 600 pesos le kg, (à titre de comparaison l'amidon de blé est vendu à 340 pesos/kg).

La saison de production et de récolte s'étend sur toute la période chaude (d'octobre à mars). La transformation s'étale sur une semaine : pour environ 1200 kg de rhizomes traités par semaine, trois à quatre personnes sont mobilisées et travaillent indifféremment aux différentes tâches 8 h/jour.

	Productivité du travail jour / homme	Coût de la transformation valeur totale
Arrachage (1200 kg)	5	40 000
Préparation de rhizomes	4	32 000
Lavage et râpage de rhizomes	1,5	12 000
Tamissage	4	32 000
Lavage d'amidon	2	16 000
Séchage (200 kg)	0,5	4 000

Tableau 1 - Coût de la transformation de canna par semaine

77 % de la rentabilité

Ainsi pour un rendement en amidon de 16,66 % et un coût de 8 000 pesos par jour/homme, (données recueillies et vérifiées sur le terrain) le coût de production de 200 kg d'amidon est de 136 000 pesos colombiens soit 680 pesos par kg d'amidon, ce qui selon CORPOICA permet un taux de rentabilité de 77 %.

Les aspects ergonomiques des unités de production

L'étude des techniques a mis en évidence un problème de pénibilité limitant le rendement des installations. L'opération de tamisage de la pulpe a souvent été citée comme étant la plus

le poste tamisage
est le plus pénible

pénible et la plus limitative en terme de production. Il faut travailler debout, bras tendus, les mains sous un courant d'eau froide pendant 10 à 12 heures en se relayant toutes les deux heures.

Afin d'identifier et de quantifier les causes d'insatisfaction, une étude ergonomique de ce poste a été réalisée en utilisant les fiches d'évaluation des conditions et de l'organisation du travail de l'association pour la prévention et l'amélioration des conditions de travail (APACT). La figure 3 permet de visualiser la nature et la valeur des défauts du poste. Toute innovation qui viendrait améliorer l'opération de tamisage devrait tirer la courbe vers la droite, avec des notes minimales de 5.

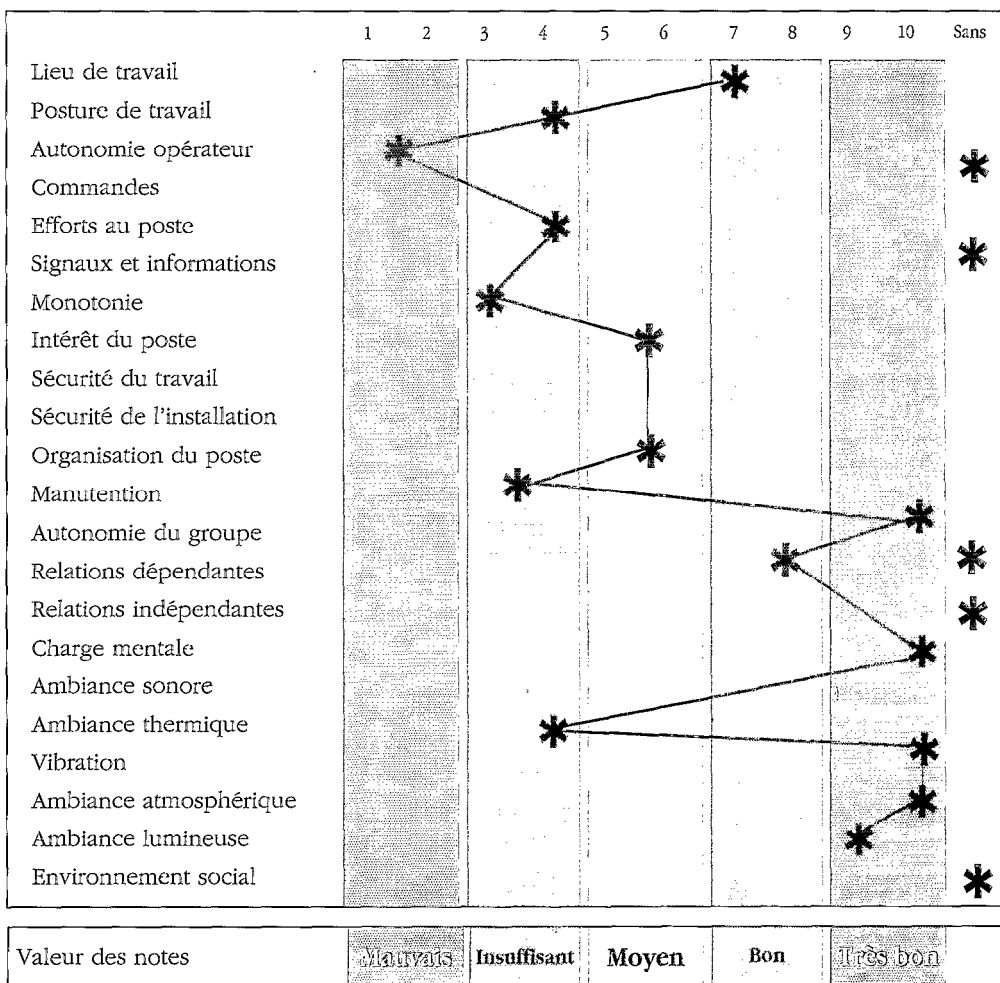


Figure 3 - Evaluation du tamisage selon certains critères de l'APACT

Par ailleurs, tous les équipements bénéficient d'une maintenance locale par leur propriétaire, sauf pour le moteur de la râpe pour lequel on fait appel au mécanicien le plus proche. De plus, bien qu'il n'existe aucune protection particulière des opérateurs, l'insécurité est à relativiser puisque les dangers potentiels sont uniquement liés à l'utilisation de la râpe.

Les installations des différentes unités d'extraction sont maîtrisées par les utilisateurs. Les équipements ne nécessitent pas de savoir-faire particuliers ; le temps d'apprentissage du travail à effectuer est relativement court puisqu'une personne est considérée optimale à son poste dès le premier jour.

Analyse fonctionnelle de besoin des unités de transformation

Les agriculteurs, les opérateurs, les membres de l'équipe de projet ont mis en évidence quinze contraintes à différents niveaux de la chaîne. Il est apparu important au groupe de travail de s'orienter en priorité sur un besoin exprimé par les transformateurs et en particulier sur l'opération de tamisage qui est la plus pénible et de ce fait limite la production d'amidon ; cette opération a un coût qui correspond à 24 % du coût total de transformation. De plus cela permet d'associer plus facilement le futur utilisateur au travail de conception dès le début du processus.

□
89

Equipement

Un équipement est nécessaire pour séparer l'amidon de l'afrecho, à partir de canna râpé.

un équipement simple

Le prototype devrait être en début de phase de diffusion dans deux ans et devrait être compatible d'une part avec le râpage des rhizomes et d'autre part avec le lavage de l'amidon ; il pourrait être utilisé un à deux jours par semaine sur quatre mois par les agriculteurs-transformateurs, et même jusqu'à cinq jours par semaine selon l'approvisionnement en rhizomes.

L'objectif fixé aux concepteurs-réalisateurs est de diminuer le temps et la pénibilité de l'opération afin de réduire le coût d'extraction de l'amidon.

fabriqué localement

Le circuit de distribution prévu est une fabrication à la demande ou en série par un équipementier local puis une vente directe à l'agriculteur ou au transformateur à un prix maximum d'environ 500 USD.

Ce besoin exprimé par les transformateurs a une importance économique ; en effet malgré la demande des consommateurs en amidon, la pénibilité du procédé et donc la difficulté à trouver la main-d'oeuvre utile ne pousse pas les agriculteurs à cultiver la surface nécessaire.

Présentation de l'analyse fonctionnelle.

La fonction est l'expression d'une relation entre le futur produit et un ou deux environnants. Avant de présenter les différentes fonctions attendues, il est utile de décrire les éléments du milieu environnant.

- Une râpe fixe ou mobile, motorisée ou manuelle (capacité moyenne : 1350 kg/h, capacité maximum : 2700 kg/h.).
- Rhizomes de canna râpés.
- L'afrecho.
- L'amidon (diamètre du grain compris entre 83 µm et 153 µm. Taux d'amylase d'environ 37 %) (Ruales et al, 1995)
- Energies disponibles (eau de rivière, essence et électricité de manière intermittente et seulement à la ferme).
- Bac de sédimentation (bac en bois déplaçable d'une capacité d'environ 0.7 m³ ou bac en ciment fixé à proximité de la ferme d'une capacité d'environ 1.5 m³).
- L'utilisateur (un agriculteur ou un opérateur)
- L'acquéreur de l'unité (agriculteur ou transformateur ou loueur)
- Le lieu d'utilisation (champ de culture de l'achira, ferme personnelle, ferme d'une autre personne).
- Le mécanicien (atelier de fabrication proche de la zone de transformation, fonctions de service).

Le groupe de travail a identifié des fonctions qui ont été hiérarchisées par tri croisé (Chevallier, 1992).

Outre la fonction principale de séparer l'amidon (objet de l'équipement), on peut noter que les autres points importants, aux yeux des demandeurs, sont les aspects économiques (fonction 2) et ergonomiques (fonction 3) :

Les différentes fonctions ont été caractérisées à partir de l'étude structurelle des techniques. Le choix et l'évaluation des différents critères proviennent d'observations, d'entretiens et d'expériences réalisées *in situ*. Pour la fonction 3 : faciliter le travail de l'utilisateur, un des critères porte la mention « critères ergonomiques », il s'agit là de l'intégration des résultats de l'étude ergonomique prenant en compte les besoins utilisateurs (Degrés, 1996).

Pour séparer l'amidon, la bibliographie montre que quatre techniques sont utilisées pour réaliser l'extraction par voie humide (Hermann, 1992, 1994, 1995). Celles-ci se distinguent par leurs niveaux de complexité : on place la pulpe dans un

une prise en compte
des aspects
économiques et
ergonomiques

Fonction	Critère	Niveau	Flexibilité
Séparer l'amidon de canna râpée 34,5 %	Débit	Traitement 200 kg de produit râpé à l'heure	- 50 kg/h
	Taux de récupération	80 % de l'amidon présent initialement (à vérifier avec taux actuel).	- 10 %
	Taux d'impuretés	inférieur ou égal aux taux actuel	
Etre à la disposition de l'acquéreur 20 %	Prix	500 USD	
	Maintenance	Petites réparations par l'acquéreur	
Faciliter le travail de l'utilisateur. (Critères ergonomiques) 14 %	Temps	1h pour l'opération sur la durée du procès	+ 1 maximum
	Nombre	1 personne	+ 1 maximum
Etre fabricable et réparable par le mécanicien 11,5 %	Utilisation des moyens de fabrication locaux		
	Disponibilité locale des éléments pour la maintenance	tous les éléments.	
Etre adapté à la râpe 7 %	Débit	3000 kg de rhizome/h maximum	- 1000 kg
Etre adapté aux énergies disponibles 6 %	Energie musculaire humaine	0.1 CV	ponctuellement 0.5 CV
	Energie musculaire animal	0.5 CV (cheval) et 0.8 (boeuf)	ponctuellement + 0.3 CV
	Moteur thermique	12 CV	+ - 3 CV
	Utilisation d'eau	300 l/h	+ - 300 l/h
Evacuer l'afreco 3,5 %	Afrecho dans le système après évacuation	0 afrecho	
	Effort nécessaire	opération réalisable par une femme	
Véhiculer l'amidon vers le bac de sédimentation 3 %	Temps	2 minutes	
	Perte en amidon	0%	+ 1%
Etre transportable sur le lieu d'utilisation 1,5 %	Masse de l'équipement	100 kg maximum (transportable + 20 kg par un cheval)	
	Volume de l'équipement	en fonction du porteur	

Tableau 2 - Caractérisation des fonctions

des techniques
traditionnelles plus ou
moins complexes

tissu ou sur un tamis composé d'un cadre en bois puis on presse manuellement, on utilise un tamis plat vibrant ou un tamis cylindrique rotatif, ou à l'échelle industrielle on extrait par centrifugation.

L'utilisation d'eau n'étant pas un facteur limitant (techniquement ou économiquement) dans les lieux de production d'amidon de canna, le futur équipement devra combiner les différentes techniques d'extraction par voie humide. Les tamisages vibrants et rotatif ont fait leurs preuves pour l'extraction d'amidon à partir de racines et tubercules tropicaux notamment pour l'extraction d'amidon de manioc en Colombie.

Une étude réalisée par la FAO (1993) a montré qu'il est intéressant d'opter pour la mécanisation poussée de l'opération d'extraction d'amidon de rhizome tropical, dans le cas les critères seraient remplis (tableau 3).

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1 - possibilité d'extraire, au minimum 500 kg d'amidon à l'heure, 2 - disponibilité d'une main-d'oeuvre qualifiée, 3 - coût élevé de la main-d'oeuvre, 4 - valeur ajoutée élevée de l'amidon de bonne qualité par rapport au prix de la matière première (un rendement élevé est essentiel) 5 - faible coût de l'énergie, 6 - taux de changes favorables, 7 - faibles taux d'intérêt. |
|---|

Tableau 3 - Critères pour une mécanisation poussée de l'extraction de l'amidon.

En Colombie en dehors des critères 2 et 3, avec une moyenne d'un ha de culture par ferme, d'un rendement moyen théorique de 30 tonnes de rhizomes à l'hectare, avec un rendement théorique en amidon d'environ 20 %, un équipement de haute technologie devrait être rentabilisé sur 12 h pour la totalité des rhizomes disponibles dans une ferme.

Par ailleurs, les équipements de haute technologie devront être importés du fait des moyens rudimentaires disponibles chez les équipementiers locaux.

Conclusion

Cette étude a permis d'identifier les insatisfactions liées à l'extraction de l'amidon de Canna edulis en Colombie et de définir un équipement de première priorité pour les agriculteurs-producteurs d'amidon.

Les recherches menées auront permis de démontrer à la fois l'importance d'une étude structurelle des techniques pour obtenir les informations nécessaires à la réalisation d'un cahier des charges basé sur un besoin représentatif du besoin réel. De plus l'étude ergonomique a permis la prise en compte des besoins des futurs utilisateurs dès le début du processus de conception.

Outre l'aspect recherche, cette étude ouvre plusieurs perspectives : le futur équipement permettra une augmentation de la production d'amidon de canna en diminuant la pénibilité du travail. Enfin, cela pourrait renforcer indirectement le secteur alimentaire colombien par le développement de nouveaux produits à base de canna.

Bibliographie

- ALARCON F., 1996. Diagnostico y evaluacion del sistema de obtencion del almidon de Achira en Caqueza, Cundinamarca. Documento de trabajo. CIAT, Cali, Colombia. 12 p.
- AFNOR, 1985. Analyse fonctionnelle. Norme x50-150.
- ATP, 1996. Méthode de conception d'équipements agricoles et agroalimentaires dans les pays du sud.
- BORDA A., 1969 Achira: posibilidades de su cultivo y aprovechamiento industrial en Colombia. IIT, Bogota, Colombia. 76p.
- CHAPARRO R., CORTES V., 1978. La achira: cultivo, industrialización y utilidad forrajera. 1ed. Temas de orientacion agropecuaria. n131. 52p.
- CHEVALLIER, 1992. Produits et analyse de la valeur - Cepadues-édition.
- DEGRÉS S., 1996. Recherche sur les méthodes de conception d'équipement pour les pays du sud. CIRAD SAR n°90.96.
- DEGRÉS S., 1996. Proposition d'un démarche de conception posant les bases de la trajectoire technologique d'un futur équipement dans les pays du sud. Thèse de doctorat. ENSAM Paris.
- DUFOUR D., 1996. Rapport de mission Vietnam et Chine. CIRAD SAR.
- FAO, 1993. Transformation de l'amidon à petite et moyenne échelle - Bultin des services agricoles de la FAO - Rome.
- HERMANN M., 1994. La achira y la arracacha: procesamiento y desarrollo de productos. Circular CIP 20 (3): 10-12
- HERMANN M., 1995. Arracacha and achira procesing and product development. CIP Progress report 6310-1994, Quito, Ecuador. 8p
- HERMANN M., CECIL J. 1992. Starch extraction from achira (*Canna edulis*) in Patate, Province of Tungurahua, Ecuador. p. 1-12.
- MORENO M., 1996. Diagnóstico de la extracción de almidón de achira en Caqueza, Cundinamarca. Reporte de trabajo. Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- MORALES R., 1965. Características físicas, químicas y organolépticas del almidon de achira, (*Canna edulis* Ker var.). Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Química, Bogotá, Colombia. 35p.
- RUALES J., PENNAMEN M., SANTA-CRUZ, S., HERMANN M., 1996. Desarrollo de fideos tipo oriental utilizando almidon de canna (*Canna edulis*). Parte II. In: Ruales, J. (ed.). Proceedings of a seminar on Almidón Propiedades fisico-químicas, funcionales y nutricionales.

- Usos, 8-10 de mayo de 1996. Escuela Politecnica Nacional (EPN), Quito, Ecuador. p. 179-184.
- RUALES J., SANTACRUZ S., HERMANN M., 1995. Caracterización de las propiedades reológicas y nutricionales del almidón nativo y gelatinizado de achira (*Canna edulis*). In: Conferencia internacional en biodisponibilidad de nutrientes. Instituto de Investigación Tecnológica. Escuela Politecnica Nacional (EPN), Quito, Ecuador. p 179-188.
- SERRANO, M. 1993. Estudio de la factibilidad para la utilización industrial de la fécula de sagú (*Canna edulis*). Tesis de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ingeniería de Alimentos, Bogotá, Colombia. 290p.

Résumé

Les propriétés fonctionnelles de l'amidon de *Canna edulis* permettent des utilisations particulières appréciées des consommateurs (biscuits, pâtes fraîches...), mais la pénibilité de son extraction limite la production.

L'étude structurelle des techniques permet d'identifier les insatisfactions liées à l'extraction de l'amidon en Colombie et de définir un équipement de première priorité pour les agriculteurs - producteurs.
