



**HAL**  
open science

## Contribution à l'étude du *Lepidium Meyenii*: la maca

Ludovic Drouet

► **To cite this version:**

Ludovic Drouet. Contribution à l'étude du *Lepidium Meyenii*: la maca. Sciences pharmaceutiques. 2002. hal-01732119

**HAL Id: hal-01732119**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01732119v1>**

Submitted on 14 Mar 2018

**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.



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

Double

UNIVERSITE HENRI POINCARÉ - NANCY I

2002

T/PH/N/2002/6

FACULTE DE PHARMACIE

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DU *LEPIDIUM MEYENII*  
(LA MACA)**

**THESE**

Présentée et soutenue publiquement

Le 24 janvier 2002

pour obtenir

**le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie**

par Ludovic DROUET

né le 29 août 1977

Membres du jury

Président : François MORTIER, professeur d'université.

Juges : Françoise HINZELIN, maître de conférences  
Jérôme GOULET, pharmacien



BU PHARMA-ODONTOL



104 059315 1

D

UNIVERSITE HENRI POINCARE - NANCY I

2002



FACULTE DE PHARMACIE

DB 15810

ppn 059642521

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DU *LEPIDIUM MEYENII*  
(LA MACA)**

**THESE**

Présentée et soutenue publiquement

Le 24 janvier 2002

pour obtenir

**le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie**

par Ludovic DROUET

Membres du jury

Président : François MORTIER, professeur d'université.

Juges : Françoise HINZELIN, maître de conférences  
Jérôme GOULET, pharmacien

## Membres du personnel enseignant 2001/2002

**Doyen**

Chantal FINANCE

**Vice Doyen**

Anne ROVEL

**Président du Conseil de la Pédagogie**

Pierre LABRUDE

**Responsable de la Commission de la Recherche**

Jean-Claude BLOCK

**Responsable de la filière officine**

Gérald CATAU

**Responsable de la filière industrie**

Jeffrey ATKINSON

**DOYENS HONORAIRES**

M. BERNANOSE André

M. VIGNERON Claude

**PROFESSEURS HONORAIRES**

Mlle BESSON Suzanne

Mlle GIRARD Thérèse

M. LECTARD Pierre

M. MARTIN Jean-Armand

M. MIRJOLET Marcel

M. PIERFITTE Maurice

**PROFESSEURS EMERITES**

M. HOFFMAN Maurice

M. LOPPINET Vincent

**PROFESSEURS**

M.	ASTIER Alain	Pharmacie clinique
M.	ATKINSON Jeffrey	Pharmacologie cardiovasculaire
M	AULAGNER Gilles	Pharmacie clinique
M.	BAGREL Alain	Biochimie
Mle	BATT Anne Marie	Toxicologie
M.	BLOCK Jean Claude	Santé publique
M.	BONALY Roger	Biochimie microbienne
Mme	CAPDEVILLE-ATKINSON	Pharmacologie cardiovasculaire
Mme	FINANCE Chantal	Immunopathologie et organisation animale
Mme	FRIANT-MICHEL Pascale	Mathématiques, physique et audioprothèse
Mle	GALTEAU Marie Madeleine	Biochimie clinique
M.	HENRY Max	Botanique, mycologie
M.	JACQUE Michel	Pharmacologie
M.	LABRUDE Pierre	Physiologie, orthopédie, Maintien à Domicile
M.	LALLOZ Lucien	Chimie organique
M.	LEROY Pierre	Chimie
M.	MAINCENT Philippe	Pharmacie galénique
M.	MARSURA Alain	Chimie thérapeutique
M.	MORTIER François	Pharmacognosie
M.	NICOLAS Alain	Chimie analytique
M.	REGNOUF de VAINS Jean Bernard	Chimie Thérapeutique
Mme	SCHWARTZBROD Janine	Bactériologie, parasitologie
M.	SCHWARTZBROD Louis	Virologie - Immunologie
M.	SIEST Gérard	Biologie et pharmacologie moléculaire
M.	SIMON Jean Michel	Droit officinal, législation pharmaceutique
M.	VIGNERON Claude	Hématologie, physiologie

## PROFESSEUR ASSOCIE

Mme GRISON Geneviève

Pratiques officinales

## MAITRES DE CONFERENCES

Mme	ALBERT Monique	Bactériologie - Virologie
M.	BONNEAUX François	Chimie thérapeutique
M.	CATAU Gérard	Pharmacologie
M.	CHEVIN Jean Claude	Chimie minérale
M.	CHILLON Jean Marc	Pharmacologie
M.	COLLIN Jean François	Santé publique
Mme	COLLOMB Jocelyne	Parasitologie et Conseils vétérinaires
M.	COULON Joël	Biochimie
M.	DECOLIN Dominique	Chimie analytique
M.	DUCOURNEAU Joël	Biophysique, Audioprothèse, Acoustique
Mme	FAIVRE-FIORINA Béatrice	Hématologie
M.	FERRARI Luc	Biochimie
Mlle	FONS Françoise	Biologie végétale et Mycologie
M.	GANTZER Christophe	Virologie
M.	GIBAUD Stéphane	Pharmacie Clinique
Mme	HASENFRATZ-SAUDER Marie Paule	Mycologie - Botanique
Mlle	HINZELIN Françoise	Mycologie - Botanique
M.	HUMBERT Thierry	Chimie organique
Mlle	IMBS Marie Andrée	Bactériologie - Virologie et Parasitologie
M.	JORAND Frédéric	Santé et Environnement
Mme	KEDZIEREWICZ Francine	Pharmacie Galénique
Mme	LARTAUD-IDJOUADIENE Isabelle	Pharmacologie
Mme	LEININGER-MULLER Brigitte	Biochimie
Mme	LETOT Michèle	Bactériologie - Virologie et Parasitologie
Mme	LIVERTOUX Marie Hélène	Toxicologie
Mme	MARCHAL-HEUSSLER Emmanuelle	Communication scientifique – Communication et santé
Mme	MARCHAND-ARVIER Monique	Hématologie
M.	MENU Patrick	Physiologie
M.	MONAL Jean Louis	Chimie Thérapeutique
M.	NOTTER Dominique	Biologie cellulaire
Mme	PAULUS Francine	Informatique
Mme	PERDIAKIS Christine	Chimie organique
Mme	PICHON Virginie	Biophysique
Mme	POCHON Marie France	Chimie physique générale
Mme	ROVEL Anne	Histologie - Physiologie
M.	VISVIKIS Athanase	Toxicologie
Mme	WELLMAN-ROUSSEAU Maria Monika	Biochimie
Mme	ZINUTTI Colette	Pharmacie galénique

## PROFESSEUR AGREGE

M. COCHAUD Christophe

Anglais

## ASSISTANTS

Mme	BEAUD Mariette	Biologie Cellulaire
Mme	BERTHE Marie-Catherine	Biochimie
M.	DANGIEN Bernard	Mycologie
Mme	MOREAU Blandine	Pharmacognosie - Phytothérapie
Mme	PAVIS Annie	Parasitologie
M.	TROCKLE Gabriel	Pharmacologie

# SERMENT DES APOTHICAIRES



**Je jure, en présence des maîtres de la Faculté, des conseillers de l'ordre des pharmaciens et de mes condisciples :**

**Ð'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.**

**Ð'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.**

**Ðe ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine ; en aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.**

**Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.**

**Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.**





« LA FACULTE N'ENTEND DONNER AUCUNE APPROBATION,  
NI IMPROBATION AUX OPINIONS EMISES DANS LES  
THESES, CES OPINIONS DOIVENT ETRE CONSIDEREES  
COMME PROPRES A LEUR AUTEUR ».

---

# SOMMAIRE

---

INTRODUCTION	1
<b>1<sup>ère</sup> PARTIE : HISTORIQUE</b>	<b>3</b>
1) <b>Le genre <i>Lepidium</i>.</b>	<b>4</b>
1.1) Généralités sur le genre <i>Lepidium</i> .	4
1.2) Utilisation et propriétés des principales espèces connues en France.	4
1.3) Utilisation et propriétés des principales espèces des Andes.	6
2) <b>Historique de l'espèce <i>Lepidium meyenii</i> Walp.</b>	<b>7</b>
2.1) Découverte de l'espèce.	7
2.2) Origine de la Maca.	8
2.3) Une culture en déclin.	9
2.4) Un nouveau statut pour la Maca.	9
2.5) Les nouvelles perspectives.	10
3) <b>Particularité du nom.</b>	<b>11</b>
3.1) Nom vernaculaire.	11
3.2) Nom botanique.	11
4) <b>Les utilisations de la Maca.</b>	<b>12</b>
4.1) Utilisation de la racine de Maca dans l'alimentation.	12
4.2) Utilisation des feuilles de Maca.	13
4.3) Utilisation de la Maca comme monnaie d'échange.	13
4.4) Utilisations médicinales de la Maca.	13
5) <b>Ecologie de la Maca.</b>	<b>16</b>
5.1) Localisation géographique de la culture de la Maca.	16
5.2) La Puna.	18
5.3) La végétation de la Puna.	20
5.4) Flore et climat de la Puna.	21
6) <b>Méthode de culture.</b>	<b>21</b>
6.1) Conditions édaphiques.	21
6.2) Pratiques culturales.	22
6.3) La récolte.	23
6.4) Obtention des graines.	24
6.5) Rendement.	24
<b>2<sup>ème</sup> PARTIE : BOTANIQUE</b>	<b>26</b>
7) <b>Classification phylogénétique du MACA.</b>	<b>27</b>
8) <b>Description de la plante.</b>	<b>29</b>
8.1) Aspect général de la plante.	29
8.2) Description de l'hypocotyle.	30
8.3) Description de la fleur.	32
8.4) Description du fruit.	34
8.5) Description de la graine.	34
8.6) Les différentes variétés horticoles.	34

<b>3<sup>ème</sup> PARTIE : COMPOSITION CHIMIQUE</b>	<b>36</b>
9) <b>Evaluation nutritionnelle.</b>	<b>37</b>
10) <b>Composition chimique des racines de la Maca.</b>	<b>39</b>
10.1) <i>Protéines et acides aminés.</i>	40
10.2) <i>Les Acides Gras.</i>	41
10.3) <i>Les stérols.</i>	43
10.4) <i>Les minéraux.</i>	43
10.5) <i>Les vitamines.</i>	44
10.6) <i>Les sucres.</i>	44
10.7) <i>Les glucosinolates.</i>	45
10.8) <i>Autres composés identifiés dans la racine.</i>	46
<b>4<sup>ème</sup> PARTIE : EXPERIENCES PHARMACOLOGIQUES</b>	<b>47</b>
11) <b>" Effets d'un extrait lipidique de <i>Lepidium meyenii</i> Walp. sur le comportement sexuel chez les rats et les souris".</b>	<b>48</b>
11.1) <i>Matériel et méthodes.</i>	48
11.2) <i>Résultats.</i>	50
11.3) <i>Commentaires.</i>	52
12) <b>"<i>Lepidium meyenii</i> Walp. améliore le comportement sexuel chez les rats indépendamment de son action sur l'activité locomotrice spontanée".</b>	<b>53</b>
12.1) <i>Matériel et méthodes.</i>	53
12.2) <i>Résultats.</i>	54
12.3) <i>Commentaires.</i>	57
13) <b>"Effet des racine de <i>Lepidium meyenii</i> Walp. sur la spermatogenèse de rats mâles".</b>	<b>57</b>
13.1) <i>Matériel et méthodes.</i>	57
13.2) <i>Résultats.</i>	58
13.3) <i>Commentaire.</i>	59
14) <b>Rappel sur le phénomène de détoxication, pendant la phase d'initiation de la cancérogenèse.</b>	<b>60</b>
15) <b>Effets des isothiocyanates sur la cancérogenèse.</b>	<b>61</b>
15.1) <i>Effets des isothiocyanates sur les phases I et II de la détoxication.</i>	61
15.2) <i>Induction de l'apoptose.</i>	62
16) <b>Relation entre la composition chimique et les activités pharmacologiques</b>	<b>63</b>
<b>LE STATUT JURIDIQUE</b>	<b>64</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>65</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>66</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>74</b>

## INTRODUCTION

---

L'homme depuis qu'il ne marche plus à quatre pattes a toujours privilégié les exploits sexuels aux autres. Il a commencé au jardin d'Eden avec Eve et depuis, n'a plus jamais cessé de faire tourner la machine à fond. D'abord pour procréer comme le lui avait ordonné le Seigneur "croissez et multipliez..." mais aussi et surtout pour goûter aux plaisirs divers et variés qu'offrait ce fruit prétendument défendu et qui nous a valu depuis, tant de pépins.

Obsession de la performance, ambition casanovale, être un amant inoubliable au désir infini, depuis la nuit des temps, l'homme a recherché le philtre magique du désir. Jamais il ne l'a trouvé. Le véritable aphrodisiaque n'existe pas.

Quand on parle d'aphrodisiaque, de fertilité et d'impuissance, il faut être clair, sur ce à quoi se réfèrent ces termes. Un aphrodisiaque est une substance censée provoquer ou stimuler le "désir" sexuel. Un effet aphrodisiaque est difficile à évaluer car dépend de chacun, et est souvent lourdement associé à un effet placebo. Les croyances et les "on dit" ont une grande part dans la popularité des produits dits aphrodisiaques. La fertilité est un terme scientifique plus facile à évaluer, qui se réfère à la mesure de la capacité de reproduction, c'est à dire concevoir. L'impuissance, quant à elle, est un terme scientifique, spécifiquement masculin, désignant l'incapacité organique ou psychique à accomplir l'acte sexuel.

Malgré l'existence et l'efficacité du Viagra®, la fascination des hommes et des femmes pour les aphrodisiaques naturels connaît un regain d'intérêt. Des études scientifiques montrent les "facultés bienfaisantes" de certaines plantes. Ainsi, des publicités tapageuses paraissent régulièrement sur Internet (exemple en annexes) et dans les magazines, vantant les mérites de nouvelles formules à base de plante.

La Maca fait partie des nouvelles plantes connaissant un intérêt croissant outre atlantique ainsi qu'en Asie. Les articles (non scientifiques) dans la presse américaine et les sites Internet fleurissent, lui attribuant de nombreuses propriétés et des utilisations diverses.

Le but de notre travail est de faire une mise au point sur les données actuellement disponibles, concernant la Maca (*Lepidium meyenii* walp.).

Nous présenterons dans un premier temps, un bref historique du genre *Lepidium*, suivi de l'historique, des utilisations et de la localisation de la Maca.

Dans une seconde partie, nous nous intéresserons à la classification et à la description du *Lepidium meyenii* walp.

Nous disposerons ensuite de quelques études réalisées sur la Maca, afin d'établir sa composition chimique, ainsi que trois études visant à démontrer ses effets sur les rats et les souris.

Ses données nous permettront de donner un avis critique sur cette plante, qui, notons-le tout de suite, ne fait pas partie de la Pharmacopée Française ni Européenne et donc ne subit de ce fait aucun contrôle de qualité ni d'efficacité.

---

**1<sup>ère</sup> PARTIE : HISTORIQUE**

---

## 1) Le genre *Lepidium*.

### 1.1) Généralités sur le genre *Lepidium*. (40,41)

Le genre *Lepidium* est constitué d'environ 175 espèces, largement distribuées à travers le monde, sur tous les continents excepté en Antarctique. C'est l'un des genres les plus représentés de la famille des Brassicacées. Peu d'informations sont connues sur la période d'apparition de ce genre. Il semble que celui-ci soit originaire du bassin méditerranéen, où la plupart des espèces diploïdes ont été trouvées.

Les *Lepidium* sont connus sous le nom vernaculaire de "Passerage", nom proclamant l'ancienne utilisation comme antidote de la rage.

*Lepidium* est la transcription du grec *lepidion*, diminutif de *lepis*, coquille, et signifie petite coquille, sans doute par allusion à la forme des fruits.

Ce sont des plantes annuelles, vivaces ou sous-ligneuse, à fleurs petites, blanches, rose ou violacées, caractérisées par la silicule déhiscente, à loge renfermant une ou rarement deux graines.

### 1.2) Utilisation et propriétés des principales espèces connues en France. (41)

- Passerage Drave : *lepidium Draba* L.

Cette plante, très commune dans le Midi, est cosmopolite. Ses graines, à saveur piquante, ont été employées pour remplacer le poivre. En décoction, la plante fournit une boisson "rafraîchissante et diurétique".

- Passerage des champs : *Lepidium campestre* L.

Commune à peu près partout, de la plaine à la haute montagne, on imagine jadis que cette plante pouvait guérir de la rage. Elle est "antiscorbutique et diurétique" ; ses graines sont âcres, "détersives et astringentes".

- Grande Passerage : *Lepidium latifolium* L.

Malgré son nom, cette plante est sans effet sur la rage. Elle est actuellement assez commune dans certaines régions de France et rare dans d'autres. La plante entière possède une saveur très piquante, un peu brûlante et poivrée qui l'a fait employer pendant longtemps comme condiment. Puissamment "antiscorbutique", la grande Passerage est également "stimulante, tonique, diurétique, dépurative, rubéfiante, détersive et anti-inflammatoire".

- Petite Passerage : *Lepidium graminifolium* L.

Originnaire de régions méditerranéennes, elle est commune jusque dans le Centre de la France, rare plus au Nord. Dans le Midi de l'Europe, la Petite Passerage s'employait comme la Grande et à sa place. Sa réputation contre la sciatique, comme rubéfiant, est due à Servilius Damocrates (I<sup>er</sup> s.) qui raconte la guérison d'un de ses amis en Espagne (Ibérie) grâce à cette plante.

- Passerage des décombres : *Lepidium ruderale* L.

Répandue dans le Midi, la Passerage des décombres est rare dans le Nord de la France. On la trouve dans une grande partie de l'Europe. "Antiscorbutique et stimulante", elle s'emploie traditionnellement en "Russie" contre les fièvres intermittentes et divers médecins en ont constaté l'efficacité dans les cas où ces fièvres étaient liées à des symptômes scorbutiques. On la pulvérise pour fabriquer de la poudre insecticide, car son odeur repousse les insectes.

- Cresson Alénois : *Lepidium sativum* L.

Originnaire de l'Orient, depuis l'Égypte jusqu'au Tibet, le Cresson alénois était cultivé en Europe dès l'Antiquité et continue à l'être en qualité de "Cresson de jardin". "A cause de ses propriétés excitantes, cette Crucifère passait, chez les Anciens, pour donner de la subtilité d'esprit aux sots, et aussi du courage aux paresseux et aux lâches". Le Cresson alénois est un puissant antiscorbutique. Il se montre aussi "apéritif, diurétique et dépuratif". Il se consomme frais, en salade. Sa croissance est extrêmement rapide. On a employé soit le suc frais soit la macération dans du vin blanc contre l'hydropisie (anasarque) et les engorgements chroniques des viscères abdominaux. La gaine s'est vu également préconisée comme "stomachique, expectorante et emménagogue".



### 1.3) **Utilisation et propriétés des principales espèces des Andes. (2)**

Les plantes avec lesquelles les Indiens se soignent sont la *chilca*, le *paico* et la *chichira* qui, placées chaudes sur l'abdomen, servent contre les coliques. Les Indiens de Cuzco au Pérou, appellent *chichira* (langue Indienne : le Quéchuá) une espèce de passerage sylvestre qui pousse abondamment sur les hauts plateaux de la cordillère des Andes. Les feuilles sont toutes petites et, aux extrémités des tiges, se trouvent de toutes petites graines qui, au goût, sont plus fortes que celles de la passerage ordinaire. Les Indiens utilisent le jus de cette plante contre le paludisme. Les feuilles broyées sont appliquées chaudes sur les parties cancéreuses avec de bons résultats. En frictionnant l'abdomen avec le jus mélangé à de la graisse de porc sans sel, cela le désenfle au maximum. Les feuilles broyées, en forme de mèche, servent pour provoquer le flux menstruel. Enfin, leur poudre sert à soigner l'excès de flux menstruel ainsi que pour l'hémoptysie.

- Chichira : *Lepidium chichicara*

Espèces spontanées des hauts plateaux des Andes et de ses vallées, les feuilles sont utilisées fraîches, broyées avec du vinaigre, en cataplasme sur le front et les tempes contre les fortes épistaxis. Les fleurs, fraîches et broyées, sont mélangées à du miel en cataplasme sur la plante des pieds contre les fortes fièvres, et à petite dose en infusion contre les parasites intestinaux des enfants.

- Lianpu chichira : *Lepidium bipinatifidum*

Espèces spontanées des hauts plateaux des Andes et de ses vallées, les feuilles et les fleurs, fraîches, en décoction, sont utilisées le matin à jeun comme lavement contre les coliques hépatiques, ou en gargarisme pour le traitement des aphtes.

## 2) Historique de l'espèce *Lepidium meyenii* Walp.

### 2.1) Découverte de l'espèce. (16)

Parmi les plantes les moins connues cultivées du Pérou, la Maca (*Lepidium meyenii* Walp.) occupe une place particulière. Elle était largement utilisée pendant les périodes coloniales et pré coloniales. Vasquez de Espinoza, qui visitait le Pérou aux alentours de 1598, et Cobo de 1603 à 1629, donnent une description de la plante et de ses utilisations.

H. Ruiz, de l'expédition "Royal Spanish Botanical" en 1777 et 1778, trouve la Maca dans une culture près du lac Junín et écrit une brève note sur son utilisation.

Cependant aucune mention n'a été trouvée chez Oviedo, Garcilaso et les autres chroniqueurs précédents.

La Maca est une plante originaire de la *puna* (région des hautes altitudes de la cordillère des Andes). Elle était largement cultivée pendant la période pré-colombienne. Dans la région de Junín, des centaines de kilomètres carrés d'anciennes terrasses étaient probablement utilisées pour sa culture. Cependant, la Maca n'apparaît pas représentée sur les anciennes poteries Péruviennes, richement décorées par des représentations de plantes cultivées.

La Maca n'est pas mentionnée dans les travaux plus récents tels les publications d'ethnobotanique de Cook, Yacovleff et Herrera, Towle et Horkheimer, et à peine citée chez Vavilov, Bukasov, Hawkes et Middendorf (16). Récemment au Pérou, Pulgar Vidal et Chacón ont été intéressés par ses propriétés médicinales.

Les secteurs dans lesquels la Maca se trouve n'étant pas fréquemment visités par les explorateurs scientifiques et la culture de celle-ci étant en déclin, il n'est pas étonnant que la plante ne soit jamais mentionnée, même dans les travaux concernant la nourriture du Pérou.(16)

## **2.2) Origine de la Maca. (9,14,15,19,20)**

La culture de cette plante semble avoir commencé il y a au moins 2000 ans par les indiens Incas, autour du secteur de San Blas dans le département de Junín au Pérou. On peut supposer que cette culture a réellement été pratiquée pendant la période Pré-Inca (5000-1800 av. JC), soit environ 3800 av. JC (14,19). Des cultures primitives de Maca ont été trouvées dans des sites archéologiques datant de 1600 av. JC.(15,20)

A l'époque de la conquête Espagnole sur l'empire Inca au 16<sup>ème</sup> siècle, pendant sa visite du secteur de Junín en 1549, le "encomendero" Juan Telle de Soto Major, rapporte avoir reçu des fruits de Maca en hommage et les a utilisés pour améliorer la fertilité du bétail. Il est également rapporté, pendant une visite du secteur de Huánuco en 1572, que les indiens chinchaycochas ont utilisé la Maca comme produit d'échange commercial depuis le temps des Incas, car il n'y avait pas d'autre culture sur leurs terres.(14)

Des sources datant de 200 ans indiquent que 9 tonnes de Maca ont été vendues dans la région du Junín uniquement. La Maca était probablement cultivée, dans le passé, de l'Equateur jusqu'au nord de l'Argentine. (9)

### **2.3) Une culture en déclin. (9,14)**

En 1982, la Maca a été déclarée en danger d'extinction. Sa culture et son utilisation sont peu connues en dehors de la région du lac Junín. Elle est réduite à quelques petits champs de plantation dispersés et en déclin dans cette région. Les méthodes courantes d'horticulture sont complexes et nécessitent beaucoup de main d'œuvre. Cette "culture pour les pauvres" a été négligée par les chercheurs et par l'administration agricole. La plante est remplacée par de la nourriture importée dans la région. La population locale, pour se procurer cette nourriture (principalement riz, pâtes, sucre et plus récemment de la nourriture sous vide), échange des lamas et des moutons qu'elle élève, ainsi que les produits provenant de la culture des champs d'altitude inférieure, où pousse le maïs.

En dehors des Andes, cette racine ne suscite guère d'intérêt particulier, bien qu'il existe beaucoup de secteurs (par exemple le haut Himalaya) où les tubercules comestibles sont peu nombreux, et où elle pourrait être implantée.

### **2.4) Un nouveau statut pour la Maca. (9,14,15)**

Les scientifiques et le gouvernement s'intéressent finalement à cette plante et à ses mérites. Ses graines, représentant des siècles de sélection cumulative par les fermiers, sont pour la première fois collectées, archivées et testées.

Cette nouvelle attention est importante afin de prouver le potentiel bénéfique de la Maca dans les régions de haute altitude, autant à l'intérieur des Andes qu'à l'extérieur. Son aptitude à pousser dans des conditions extrêmes permet de penser que de grandes régions considérées comme inhospitalières à l'agriculture, pourraient être converties en régions agricoles.

Ce nouvel intérêt pour la Maca va probablement générer un marché plus important et ainsi apporter plus d'argent à la région haute de la *Puna* (probablement la région la plus pauvre économiquement du Pérou, car presque aucune autre culture ne peut y survivre).

Ce pourrait être un complément nutritionnel à une diète pauvre en légumes et déficiente en vitamines, minéraux et en iode (composés rares dans la nourriture des hauts plateaux)(voir la composition chimique).

Les stocks de racines, le transport et les marchés peuvent croître dans tous les pays des Andes.

Le Maca ne semble pas avoir un avenir important en Amérique du nord, en Europe ou en Australie. Toutefois, quelques recherches "basiques" changent les perspectives. Il y a déjà, aux Etats Unis, certains intérêts pour ses effets réputés sur la fertilité humaine. (15)

### **2.5) Les nouvelles perspectives. (9,15)**

En 1994, moins de 50 hectares ont été réservés à la production de la Maca au Pérou, qui semble être la seule production mondiale. Cependant, la récente popularité de la Maca comme plante "médicinale" a conduit le ministère de l'agriculture du Pérou à instituer un programme visant à augmenter la production de Maca et à étendre la région de production à 6 autres départements du Pérou. On estime que, en 1999, 1200 hectares de Maca sont en cultures. Ce soudain accroissement est souvent appelé le "Maca boum". Il est dû à l'augmentation des demandes de Maca au Japon, en Europe et aux Etats Unis.

Ceci a incité le gouvernement péruvien à interdire les exportations de la plante fraîche, pour limiter sa production dans les autres pays. Ce qui permet également de favoriser, à l'intérieur du pays, l'élaboration et la production des produits à base de Maca tels que pilules, farines, boissons et autres produits dérivés vendus dans le monde entier.(9) La Maca n'est exportée que sous forme de "farine", granulés ou gélules, avec un contrôle très strict de l'administration péruvienne. En France, on ne trouve de la Maca que depuis quelques mois sous forme gélules, souvent en association avec l'eleuthérocoque, une plante surnommée, quant à elle, le "ginseng sibérien".

### 3) Particularité du nom.

#### 3.1) Nom vernaculaire. (7,15)

Le nom vernaculaire le plus utilisé est Maca qui vient du vieux dialecte péruvien (langue Quichua).

Les autres noms utilisés sont :

- En Espagnol : maca, paca, maka, maca-maca, maino, ayak chichira, ayuk willku.
- En Anglais : maca, peruvian ginseng, mace, pepper grass, pepper weed.

#### 3.2) Nom botanique. (9,14,21,38)

L'espèce *Lepidium meyenii* a été décrite pour la première fois par le botaniste allemand, Gerhard Walpers, en 1843 qui lui donna son nom : *Lepidium meyenii* Walpers. (14) Le scientifique responsable de la majeure partie des connaissances actuelles est Gloria Chacon de Popivici, biologiste péruvienne, dont la thèse a été consacrée à la racine de Maca (21). A partir de divers spécimens collectés depuis 1960 dans le secteur de San Marco de la Jarpa, dans la région de Huancayo, le Dr Chacon suggère que la Maca n'est pas *Lepidium meyenii* Walp. mais une nouvelle espèce qu'elle appelle *Lepidium peruvianum* Chacon. Cette affirmation est basée sur les études comparatives des caractéristiques botaniques, et en particulier sur les observations histochimiques de l'hypocotyle. (14)

La confusion est grande car la Maca est toujours appelée *Lepidium meyenii* Walp. au Pérou et dans le monde. Le *Lepidium meyenii* Walp. correspondrait à une espèce qui n'aurait pas été étudiée pour ces propriétés "médicinales". Cependant, il semble que les deux espèces n'en font qu'une, et que le Dr Chacon ait étudié le *Lepidium meyenii* Walp. qu'elle aurait appelé *Lepidium peruvianum* Chacon après lui avoir attribué certaines propriétés "médicinales".

Le vrai nom est *Lepidium peruvianum* Chacon sp., nom qui apparaît dans le catalogue des Angiospermes et des Gymnospermes du Pérou, publié en 1993. Les informations qui y sont contenues peuvent être trouvées au musée d'histoire naturelle de Lima au Pérou.

Dans la littérature, *Lepidium meyenii* Walpers et *Lepidium peruvianum* Chacon sont associés et font référence à la Maca.

## 4) Les utilisations de la Maca.

### 4.1) *Utilisation de la racine de Maca dans l'alimentation.* (14,15,16)

Dans plusieurs secteurs de la *Puna*, la Maca a toujours été d'un grand intérêt, car elle possède des qualités nutritionnelles rares dans les cultures de haute montagne. De plus, peu de plantes poussent dans ces conditions difficiles, ce qui explique l'utilisation de la Maca en tant que nourriture chez les peuples anciens des hauts plateaux (les Incas).

La Maca est utilisée fraîche ou séchée. Dans le premier cas, les racines fraîches (plus exactement les hypocotyles frais), considérées comme un festin, sont nettoyées, cuites au four ou rôties à la cendre. La méthode traditionnelle "pachamanca", n'est plus très utilisée de nos jours et consiste à placer la Maca au fond d'un puits ouvert dans la terre, qui est recouvert de cendres chaudes obtenues après avoir brûlé un tas de gazon. Des couches de racines et de cendres alternent pour remplir le puits.

C'est la racine sèche qui est la plus utilisée : elle est nettoyée puis séchée au soleil, généralement sur des morceaux de tissu. Elle devient brune, douce avec une saveur de musc qui persiste pendant deux ans. Séchées, les racines peuvent être conservées pendant plusieurs années dans de bonnes conditions. Après la deuxième année, leur saveur est généralement considérablement détériorée.

Pour être consommés, les hypocotyles séchés sont hydratés durant la nuit et bouillis dans de l'eau ou du lait. C'est une opération qui prend du temps et surtout de l'énergie à ces hautes altitudes. Les hypocotyles bouillis sont également mélangés avec des jus de fruits ou du lait pour obtenir un bouillon épais, permettant de préparer des jus, des cocktails, des confitures, du pudding et une sorte de gruau "mazamorra" (semoule de blé dur), savoureux et parfumé. La Maca bouillie est plus sucrée que le cacao.

Elle est également à l'origine d'une boisson fermentée (le Chicha maca), douce et parfumée, très populaire qui est souvent mélangée avec de l'alcool pour faire des cocktails comme par exemple l'"aguardiente" avec du rhum de canne à sucre.

La racine de Maca est un met délicat, qui possède un léger goût piquant et un arôme semblable à celui du beurre de caramel. La racine sèche est sucrée et épicée, considérée comme une friandise. Les petites racines sont préférées car contiennent moins de fibres.

#### **4.2) Utilisation des feuilles de Maca.(15,16)**

Aucune partie de la plante n'est gaspillée. Même les feuilles peuvent être consommées, crues ou cuites. Elles possèdent un fort goût de cresson (*Lepidium sativum*, de parenté étroite avec la Maca), dont les feuilles piquantes sont utilisées dans les salades en Europe.

#### **4.3) Utilisation de la Maca comme monnaie d'échange. (14,15)**

Pour les Indiens des Andes, la Maca a une grande valeur commerciale. Séchées, les racines peuvent être conservées pendant des années et sont échangées, avec les communautés des régions moins hautes, contre du riz ou d'autres céréales. Elles pouvaient même rejoindre des marchés aussi éloignés que Lima.

#### **4.4) Utilisations médicinales de la Maca. (9,15,16)**

D'après les usages traditionnels ancestraux, la Maca est un aphrodisiaque. Elle augmente les capacités sexuelles et la fertilité, qui semblent diminuer avec les hautes altitudes aussi bien chez les hommes que chez les animaux domestiques. (9,16)

La Maca est surtout prisée pour cette réputation qui n'est pas prouvée scientifiquement. Elle est plus connue, de nos jours pour ses utilisations médicinales que pour ses utilisations alimentaires.



Les premiers Espagnols ont observé que, sur les hauts plateaux des Andes, le taux de reproduction de leurs animaux domestiques, leurs bétails, leurs moutons, leurs poulets, et des hommes eux-mêmes était inférieur à celui observé en Espagne. Les chroniques se réfèrent souvent à ce phénomène et au problème créé par le manque de jeunes animaux, dans ces régions. Il est dit que les Indiens ont recommandé la Maca pour nourrir les animaux et que les Espagnols ont noté des effets positifs sur la reproduction.

Le tubercule est utilisé frais, bouilli et réduit en purée, en application sous forme de cataplasme abdominal pour provoquer les règles. Frais, réduit en fines rondelles, en décoction ou cuites, les racines sont mangées trois ou quatre jours après les dernières règles par les femmes stériles, qui désirent être fécondes. (2,15,16)

Des propriétés lui ont été traditionnellement attribuées telle que une "augmentation de l'énergie, de la vitalité, de la résistance et de l'endurance chez les athlètes et les guerriers ainsi qu'une guérison de l'impuissance chez les hommes".

D'autres propriétés lui sont attribuées, notamment : réduction du stress, régulation de la sécrétion hormonale, traitement substitutif de la ménopause et de l'andropause, amélioration de la mémoire, activité antidépresseur, traitement adjuvant contre l'anémie, agent immunostimulant en traitement adjuvant de la tuberculose, de cancer, de leucémie, et du sida. En raison de ses vertus putatives, la Maca est aussi connue sous le nom de "ginseng péruvien". Certaines de ces propriétés ont été justifiées par des recherches scientifiques basées sur des expériences sur rats et sujets humains, ainsi Aguilar et al.(1999) rapportent une diminution du stress chez les souris nourries avec une alimentation supplémentée en Maca.(9)

La Maca a acquis une certaine popularité dans le monde grâce à ses effets "énergisants", ses qualités aphrodisiaques et ses effets sur la fertilité.

Aujourd'hui, sur les marchés occidentaux et anglo-saxons, l'hypocotyle séché et réduit en poudre est vendu sous forme de gélules, d'extrait alcoolique ou en vrac. (Fig.1)



Figure1: Exemple de produits vendus sur les marchés, ou via Internet. (44)



Figure 2 : La Maca déracinée (44)

## **5) Ecologie de la Maca.**

### **5.1) Localisation géographique de la culture de la Maca. (9,14,15,16)**

La culture de la Maca est limitée à la région centre des Andes péruviennes. Elle est concentrée dans la haute cordillère des Andes entre 3500 mètres et 4500 mètres. Mais la Maca pousse essentiellement entre 3900 et 4100 mètres. Jusqu'à très récemment, la Maca était une culture andine possédant une répartition très étroite. Elle était restreinte aux départements de Junín et de Pasco (Fig. 3). De nos jours, la production est centrée dans deux régions :

- les montagnes entourant le lac Junín (Yanacancha, Ingahuasi, Cerro de Pasco, Ninacaca et Vicco).
- la région montagneuse de Jarpa, à l'ouest de Huancayo, qui produit de petites quantités vendues principalement sur le marché de Chupaca.

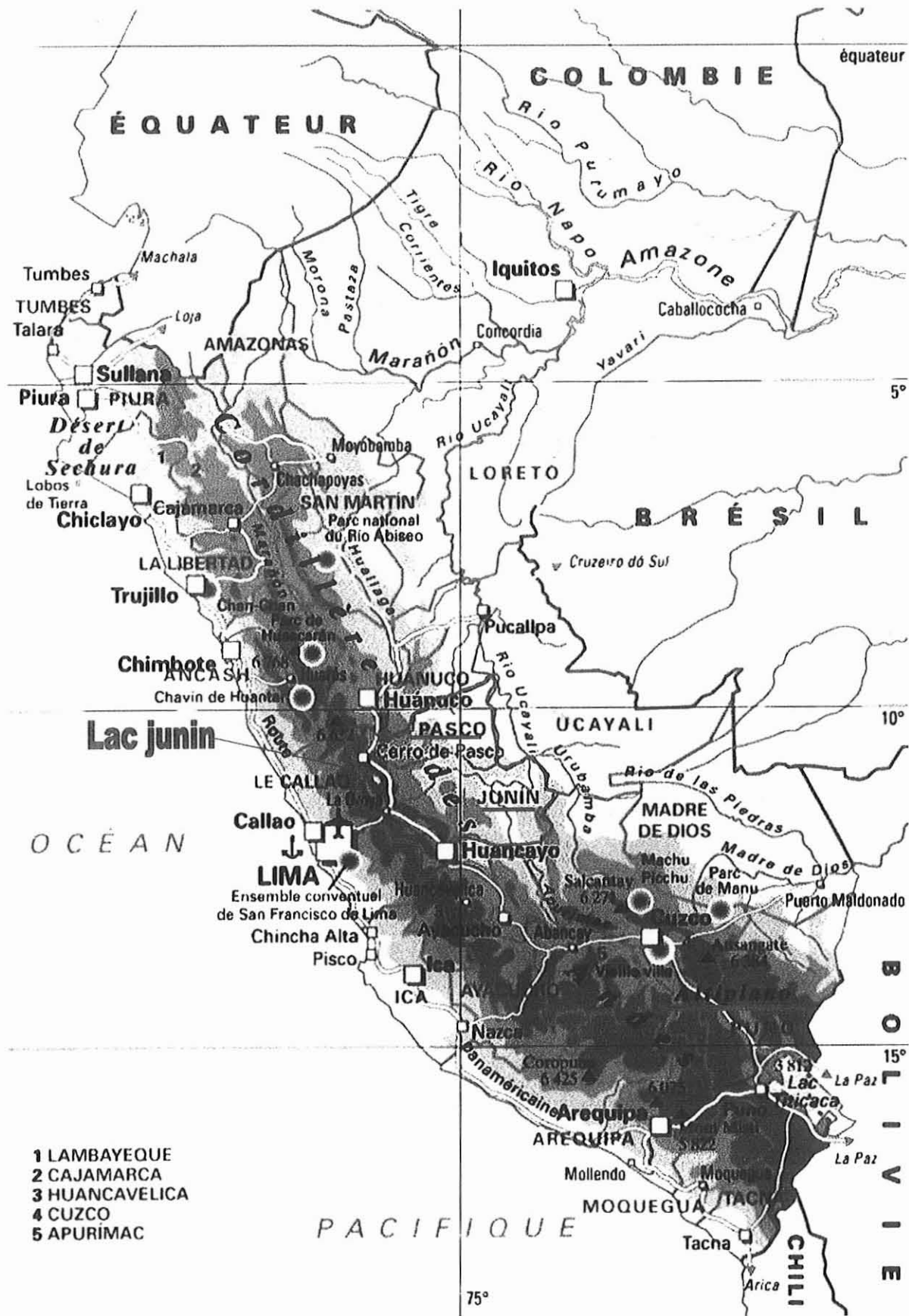


Figure 3 : Le Pérou, ses villes et ses régions. (52)

## 5.2) La Puna.(24)

Le terme de *puna* vient d'un mot indien *quechua* signifiant région élevée. Il est appliqué, selon les auteurs, soit à une région de plateaux, soit à un ensemble montagneux. La cordillère des Andes forme deux chaînes montagneuses parallèles bordant une région très élevée, l'*altiplano* péruvien-bolivien, qui constitue la *puna*. Développée au-dessus de 4000 mètres environ, la *puna* s'étend sur les hautes altitudes du Pérou, de la Bolivie, du Chili et de l'Argentine. La *puna* présente une végétation sèche en raison du climat, et parfois d'aspect presque désertique. (Fig. 4, 5, 6 et 7)

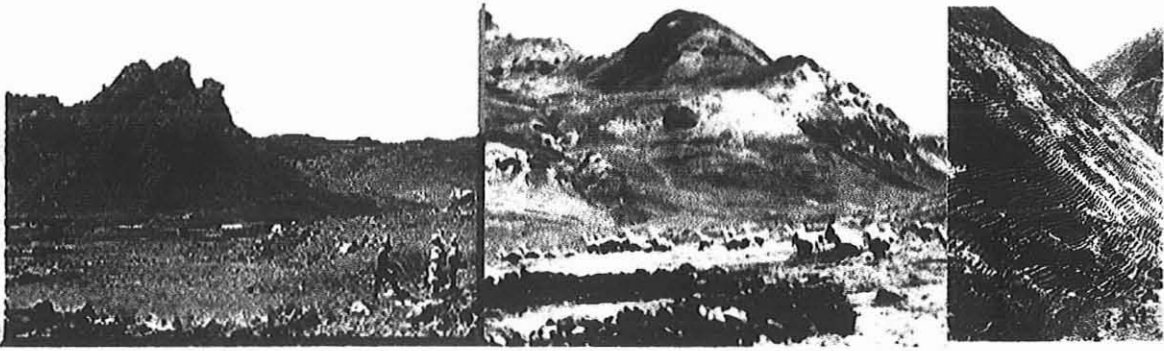


Figure 4 , 5 et 6 : Paysages et reliefs de la *puna*. (15, 44)

Trois zones, caractérisées par leur pluviosité, peuvent être reconnues dans la *puna* : la *puna* humide, la *puna* sèche et la *puna* désertique.

Au Pérou, c'est essentiellement la *puna* humide, située au nord ; elle reçoit plus de 400 mm de pluie par an, et possède une population vivant de l'agriculture et de l'élevage. (Fig.44)

La phytogéographie permet de distinguer deux provinces : la province des hautes Andes (alto-andine) de 4300 à plus de 5000 mètres, et la province de la *puna* allant de 3400 à 4300 mètres.

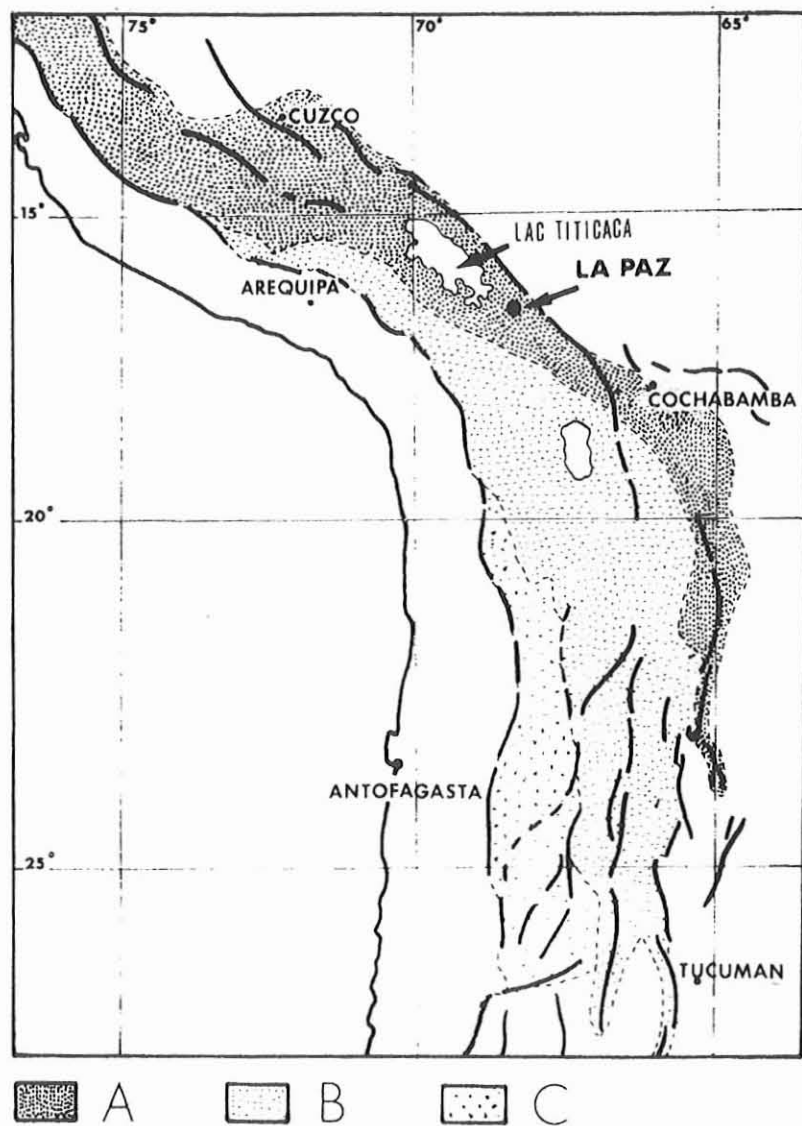


FIG. 44. — Répartition des divers types de *puna*. Adapté d'après C. TROLL (1959) et A. L. CABRERA (*Colloq. geogr.*, 1968, p. 95). A : *puna* humide ; B : *puna* sèche ; C : *puna* désertique. Les traits épais indiquent la direction générale des chaînes montagneuses.

### 5.3) La végétation de la Puna.(24)

La province de la *puna*, où pousse la Maca, comporte une végétation constituée d'arbustes bas, en peuplement clair, et d'un tapis herbacé développé en saison des pluies. Une partie importante du sol est nue et aride avec de vastes zones rocheuses. La végétation entre 3800 et 4800 mètre est caractérisée par des steppes, des champs non cultivés, de la toundra, des alpestres arides, et des plaines subalpines. Il y a de grandes étendues stériles de toute végétation. Le terrain est en pentes plus ou moins accidentées, et les secteurs plats sont petits et peu nombreux. (Fig. 8, 9 et 10)



Figure 8: paysage de la région de Junin. (53)

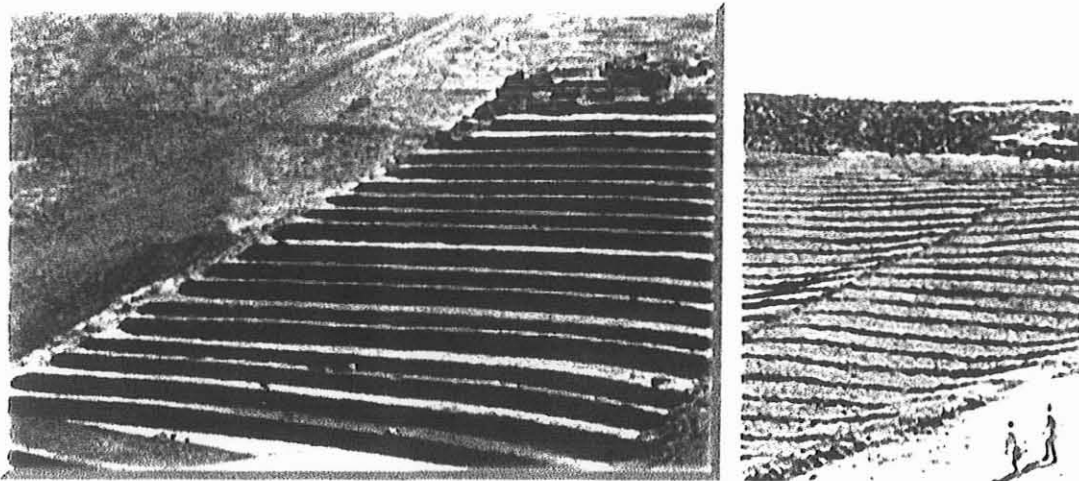


Figure 9 et 10 : Culture en terrasse. (44, 48)

#### **5.4) Flore et climat de la Puna.(15,24)**

En ce qui concerne la flore, les familles les plus représentées sont les Asteraceae, les Poaceae, les Fabacées et les Solanacées.(24)

Le climat de la puna est froid et sec avec des pluies d'été et de forts écarts thermiques (la saison des pluies s'étant de janvier à avril, c'est à dire pendant l'été austral).

Les températures journalières sont extrêmement variables. La température, pouvant atteindre 18 à 22°C, tombe tout à coup à -10°C au coucher du soleil. La température oscille en moyenne entre 5 et 10°C. La *puna* est caractérisée par des périodes de gel, même en pleine période de croissance de la Maca.

Dans la région de Junín, les précipitations sont saisonnières et en moyenne de 720 mm par an. La terre est asséchée par un vent violent, le "Phuku", ainsi que par les puissants rayonnements solaire des hautes altitudes.

### **6) Méthode de culture. (14,15,16)**

#### **6.1) Conditions édaphiques. (14,15,16)**

La Maca est une plante herbacée bisannuelle. Elle est cultivée dans le froid des étendues arides où le pâturage des moutons et des lamas est la principale occupation.(Photo 3) Parmi les plantes cultivées indigènes, la Maca possède une des plus hautes tolérances au gel. Dans cette région, seule une autre culture résiste aux basses températures et aux gelées : la patate "shiri" ou "patate amère", utilisée dans la préparation du "chuño". (16)

Cette région est peu commune car le soleil y est très violent tandis que les températures y sont comparativement basses. Une étrange combinaison expliquée par la haute altitude et la proximité de l'équateur. La Maca est particulièrement adaptée à ce climat, ainsi il semble difficile de la cultiver en dehors des hautes régions équatoriales. Quand elle est cultivée à d'autres latitudes, les racines sèches sont ratatinées et brunes, donc peu attractives visuellement. (14,15)

Ce phénomène serait provoqué par la différence de microgravité due à l'altitude, qui favorise le développement de l'hypocotyle de la Maca. (25)



## 6.2) Pratiques culturales. (14,15,16)

La Maca est plantée sur des petites parcelles de terrains, inférieurs à 500 m<sup>2</sup> de superficie, sur les pentes des montagnes. Les fermiers divisent leurs terres en petites parcelles. La culture de Maca peut être associée à celle de la "patate amère" (*Solanum x juzepczukii*, *Solanum x curtilobum*), faisant partie des aliments de base des hauts plateaux péruvien-bolivien, et utilisée dans la préparation du *chuño* (39). Les feuilles de Maca sont riches en essences sulfurées (provenant de l'hydrolyse d'hétérosides sulfurés), substances volatiles répulsives qui protègent la patate des attaques d'insectes, et responsables de l'odeur caractéristique de la Maca.

La culture est semée au début de la période des pluies (septembre-novembre). Le sol est soigneusement travaillé avec une houe (instrument de labour à bras formé d'un manche et d'un fer large recourbé ou à dents) ou son équivalent Indien, le "llacta". (Fig.11)

Les graines, mélangées avec des débris végétaux, sont dispersées à la main, tôt le matin, quand il n'y a pas de vent. Environ une livre de graines est utilisée pour un "sharpo" (parcelle mesurant 15m sur 15m). Les parcelles de terrain sont souvent entourées de barrières de pierres ou de terre qui protègent les plantes contre le dessèchement du vent et du gel. (Fig.12 et 13)

Quand les graines sont dispersées, un ou deux moutons sont alors libérés sur les parcelles pour marcher et presser le sol afin de les y enfoncer de quelques millimètres. Les Indiens disent que c'est la seule manière satisfaisante de planter, bien que le résultat ne soit pas homogène.

Les mauvaises herbes, quant à elles, ne sont pas un problème car elles se développent difficilement dans la *puna*.

La Maca est parfois recouverte de paille pour la protéger de la neige et du froid extrême, atteignant fréquemment -25°C avant ou après la période des récoltes.



Figure 11 : La houe. (44)

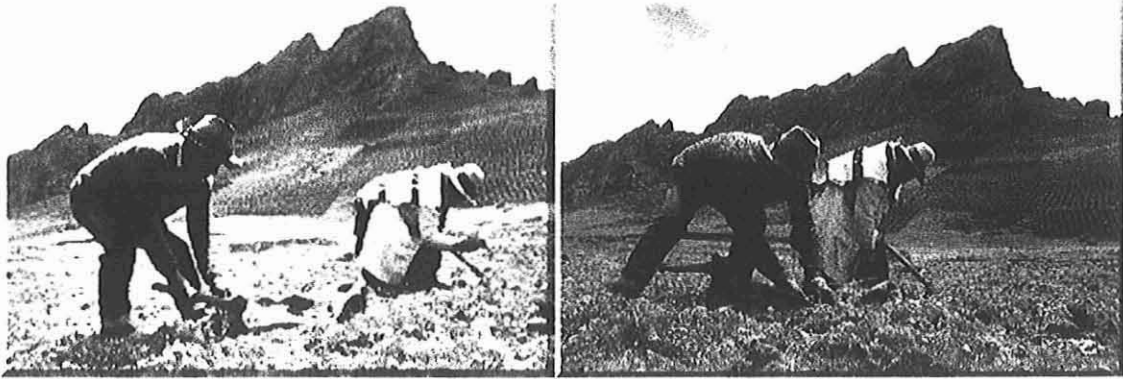


Figure 12 et 13 : La récolte manuelle de la Maca. (44)

### 6.3) La récolte. (14,15,16)

Les racines sont récoltées 6 à 7 mois après la plantation, de mai à juillet, après que les gelées ont tué la plante (16). Cependant, dans les régions les plus rudes de la *puna*, la maturation peut durer jusqu'à 9 mois. La récolte se fait à la main ou avec une houe (Fig.11, 12 et 13). La plante est déracinée, les feuilles sont enlevées et les racines nettoyées et exposées aux rayons du soleil pendant 4 à 6 jours jusqu'à ce qu'elles soient sèches. Toutes les racines sont récoltées, même celles inférieure à 1 cm de diamètre, celles-ci sont appréciées car contiennent moins de fibres (Fig.14). Les racines sont stockées dans un endroit sombre et frais.



Figure 14 : Petite Maca (44)



Figure 15 : Parcelles de culture. (44)

#### **6.4) Obtention des graines. (14,15)**

La Maca est une plante bisannuelle. Les plantes qui produisent l'hypocotyle durant la première année de culture ne produisent pas de graines. Pour obtenir ces graines, les plantes ayant un degré de maturité suffisant sont sélectionnées au moment de la récolte. Les tubercules avec toutes leurs racines secondaires sont replantées, dans une parcelle spéciale (Fig.16). Elles sont placées à 50-60 cm de profondeur et recouvertes de terre humide, de purin et d'engrais.

Après quelques semaines, les nouvelles pousses apparaissent. La plante peut alors être transplantée dans un milieu fertilisé avec de l'engrais de basse-cour et de la terre molle. Il faut s'assurer qu'il y ait une humidité adéquate au bon développement de la plante qui produira des graines 6 à 7 mois plus tard.



Figure 16 : La transplantation. (44)

#### **6.5) Rendement. (14,15)**

Le rendement est très variable. La Maca est habituellement cultivée sur des champs très petits. Les moyennes de rendement sont inférieures à 3 tonnes par hectare car peu d'attention est portée à la culture. Avec l'utilisation de techniques d'agriculture améliorées, en rangée, avec des engrais et la prévention des attaques d'insectes, il est possible de produire jusqu'à 15 à 16 tonnes par hectare, même sur des parcelles non irriguées.

Sur les pentes moyennes, la sécheresse ne permet pas de culture sans irrigation ; en-dessous de 3200 m environ n'existent que des cultures irriguées (soit toute l'année, soit 6 mois par an) : maïs, blé, orge, etc. Au dessus de 3200 m environ, des cultures sans irrigation sont pratiquées. Plus haut encore n'existe que l'élevage.(24)

Il y a peu d'information sur la qualité des sols de la puna. Il semble que celui-ci est souvent argileux, tourbeux et ne contient pas de calcaire (7)(Fig.17 et 18). La Maca préfère les sols neutres, bien que celui de la puna soit légèrement acide (43). La durée du jour (photopériode) ne semble pas avoir d'influence sur sa croissance. (1, 43)

La Maca est considérée comme une culture qui épuise le sol. En effet, après la récolte, les parcelles sont laissées en jachère pendant une dizaine d'années environ pour qu'elles se reconstituent.



Figure 17 et 18 : sol argileux. (44, 48)

---

**2<sup>ème</sup> PARTIE : BOTANIQUE**

---

## 7) Classification phylogénétique du MACA. (37)

- I. Embranchement : SPERMAPHYTES
- II. Sous-embranchement : ANGIOSPERMES
- III. Classe : DICOTYLEDONES
- IV. Sous-classe : DILLENIIDEES
- V. Ordre : CAPPARALES
- VI. Famille : CRUCIFERAE (ou ~~B~~ASSICACEAE)
- VII. Genre : LEPIDIUM
- VIII. Espèce : MEYENII

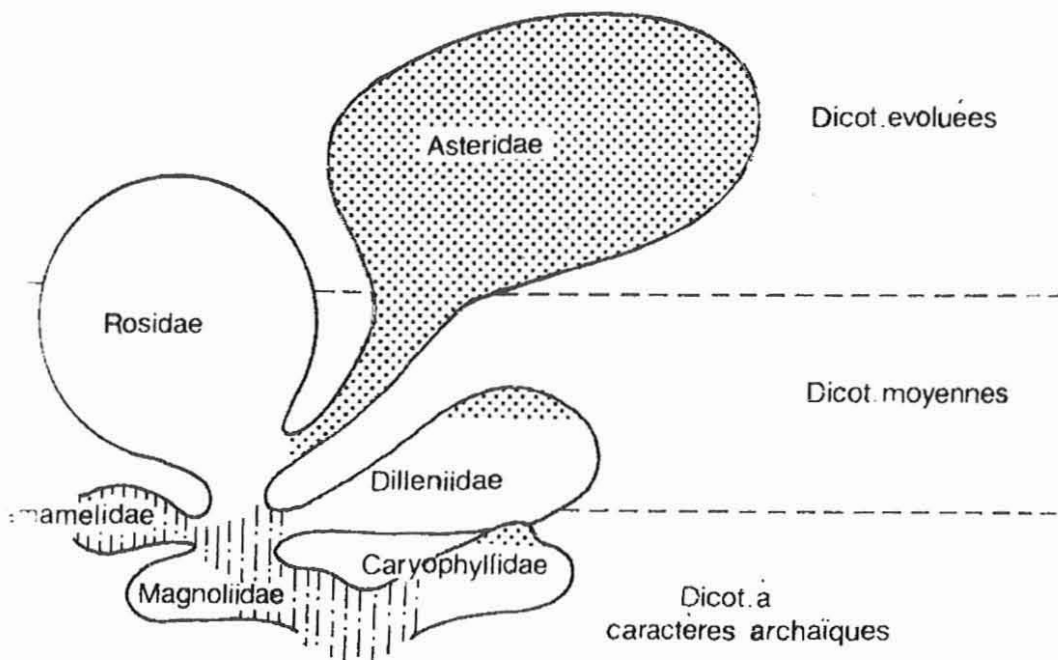


Schéma évolutif des Dicotylédones. L'importance des "bulles" est proportionnelle au nombre d'espèces de chaque sous-classe (d'après Cronquist). En hachuré, les "apétales"; en pointillé, les "gamopétales".(4)

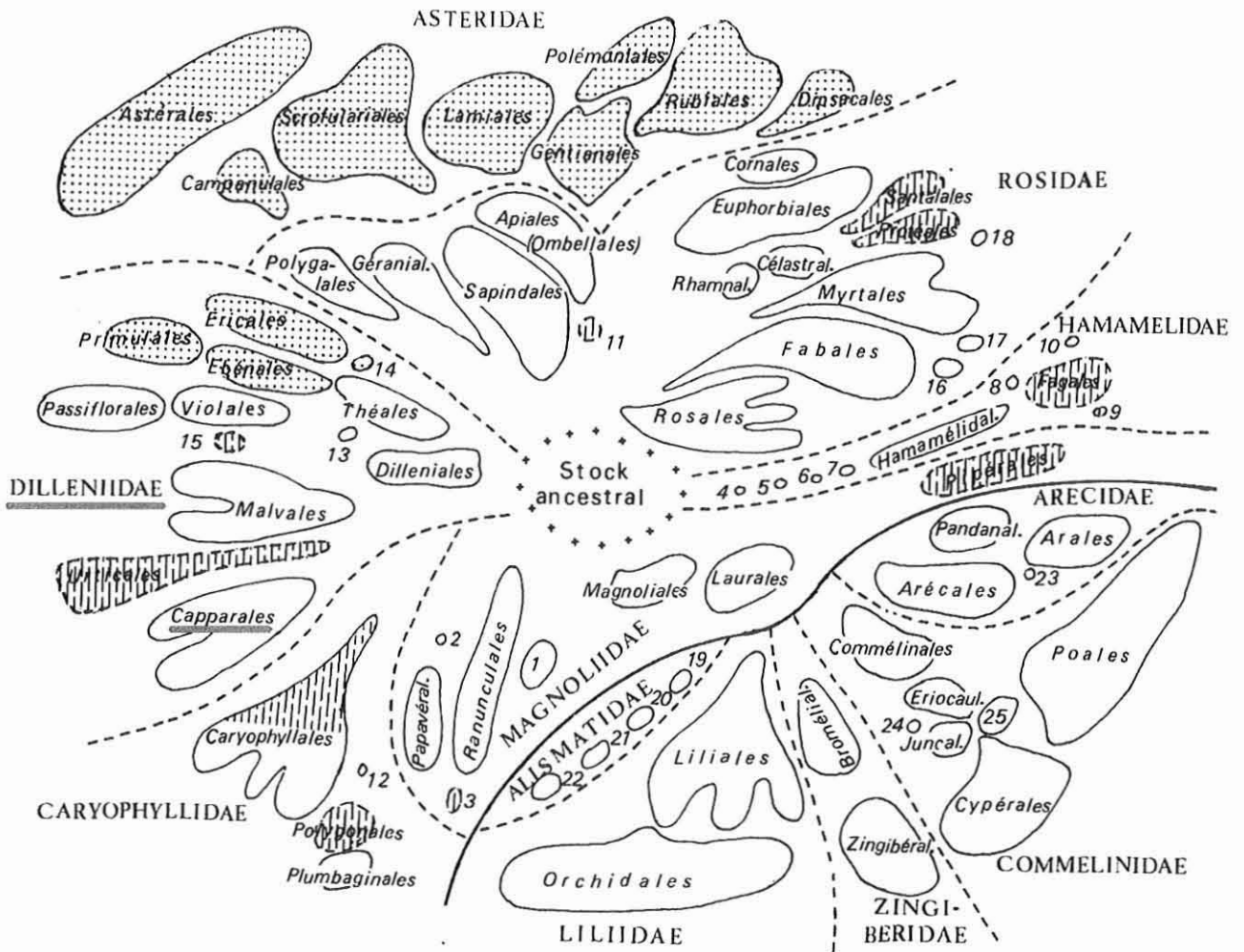


Diagramme illustrant la spécialisation des divers ordres d'Angiospermes à partir d'un stock ancestral. 1.Nymphaéales, 2.Sarracéniales, 3.Aristolochiales, 4.Trochodentrales, 5.Cercidiphyllales, 6.Didyméléales, 7.Euptéléales, 8.Eucomiales, 9.Casuarinales, 10.Leitnériales, 11.Juglandales, 12.Batales, 13.Lécythidales, 14.Diapensiales, 15.Salicales, 16.Podostémales, 17.Haloragales, 18.Rafflésiales, 19.Alismatales, 20.Triuridales, 21.Najadales, 22.Hydrocharitales, 23.Cyclanthales, 24.Typhales, 25.Restionales.-En hachuré, les dicotylédones " apétales "; en pointillé, les dicotylédones " gamopétales "; ( D'après Stebbins, 1974, Heywood, 1978, Dahlgren, 1980 et Cronquist, 1983 ).(4)

## 8) Description de la plante. ( 14,15,16 )

*Lepidium meyenii* Walp. est une plante herbacée, vivace, bisannuelle. Elle peut atteindre 12 à 20 cm de hauteur. Le Maca a une structure typique des plantes de la puna.

### 8.1) Aspect général de la plante.

Sur le sol, apparaît une rosette approximativement circulaire, constituée par un axe central (le rachis), plat et charnu, et de 12 à 20 feuilles (Fig.19 et 20). La Maca dégage une odeur forte et piquante caractéristique de nombreuses Brassicaceae, due à la libération d'hétérosides soufrés (les glucosinolates).



Figure 19 et 20 : La Maca et ses feuilles. (49, 48)

Les feuilles sont isolées, simples, composées de petits lobes. Les lobes basaux sont elliptiques, entiers, de 4 à 8 mm de long et 1 à 1,5 mm de large. Les lobes médiaux et distaux sont de plus en plus découpés et mesurent 8 à 12 mm de long.

La surface foliaire est réduite et la lignification est importante pour une meilleure adaptation au climat de la région. Quand les feuilles meurent, elles deviennent brunes et sèchent, et forment à leur base un corps cylindrique de 1 cm de haut au dessus du sol. Il y a une formation continue de nouvelles feuilles à partir du centre de la rosette.



Sous le sol, l'axe central a une structure charnue, de forme générale similaire à celle d'un gros radis rouge, mais se terminant par une racine épaisse et forte avec de nombreuses racines latérales secondaires. La largeur maximale des racines observée est de 22 cm. (Fig.21 et 22)

Cette partie entre les racines et la tige est l'hypocotyle tuberculeux. L'hypocotyle mesure environ 3 cm de longueur et en moyenne 5 cm de largeur, mais peut atteindre jusqu'à 8 cm de large. L'hypocotyle peut se comparer, dans sa forme et dans sa taille, à une poire inversée. La chair est blanche nacré et a un aspect marbré.

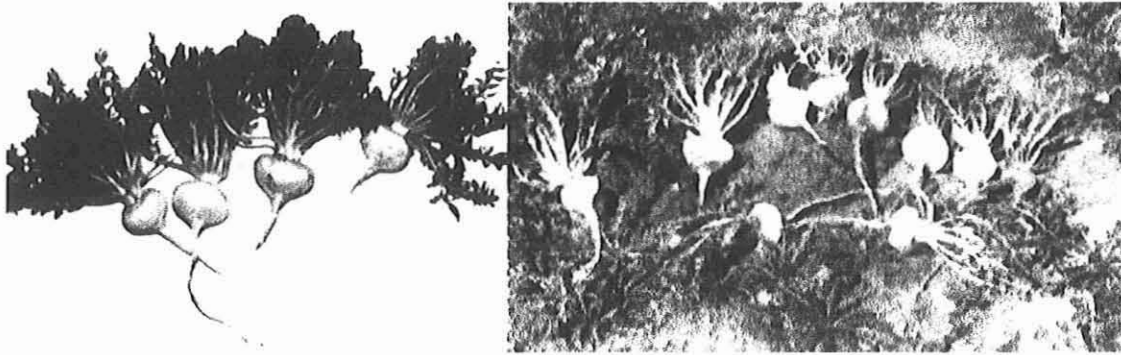


Figure 21 et 22 : La Maca et son hypocotyle. (48)

## **8.2) Description de l'hypocotyle. (16)**

La structure de l'hypocotyle possède quelques particularités.

Le xylème secondaire apparaît, lors d'une coupe transversale de racine, comme une étoile irrégulière (Fig.23). A l'extérieur du xylème secondaire se trouvent les couches de *cambium* qui suivent les contours du xylème secondaire.

La particularité de cet hypocotyle est la présence, à l'extérieur du *cambium* principal, d'un *cambium* secondaire anormal. Il se présente de façon irrégulière ou plus rarement sous forme circulaire concentrique, souvent près des couches externes de la racine. Le xylème tertiaire apparaît comme des paquets de vaisseaux en spirale entourés par le parenchyme.

Le phloème tertiaire se traduit par des amas de cellules plus épaisses.

Il est plus facile d'observer le développement de ce *cambium* anormal dans les jeunes racines. Il apparaît très tôt et ne disparaît pas. Dans la plante sèche, vendue sur les marchés, le *cambium* tertiaire donne une apparence marbrée au cortex, c'est l'enchevêtrement en ligne ou en bande des cellules plus foncées du xylème tertiaire entouré de moelle (parenchyme) plus claire.

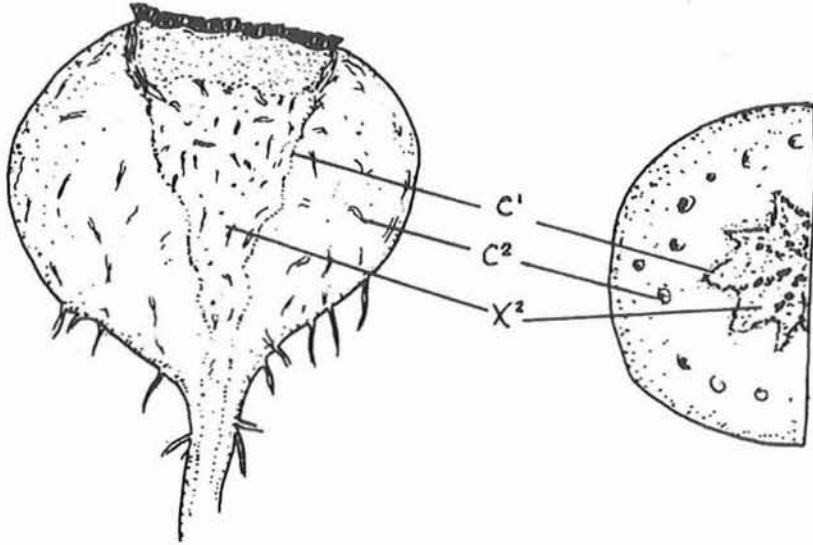


Figure 23 : Coupe longitudinale et transversale d'une racine. (16)  
 C<sup>1</sup> Cambium principal, C<sup>2</sup> cambium secondaire, X<sup>2</sup> Xylème secondaire.

La plus grande partie de la racine est constituée par le parenchyme, riche en amidon et en sucre. En périphérie, les cellules du parenchyme deviennent plus grosses et laissent parfois des espaces vides. Le périderme est composé de 8 à 10 couches de cellules à parois minces dont certaines sont riches en anthocyane.

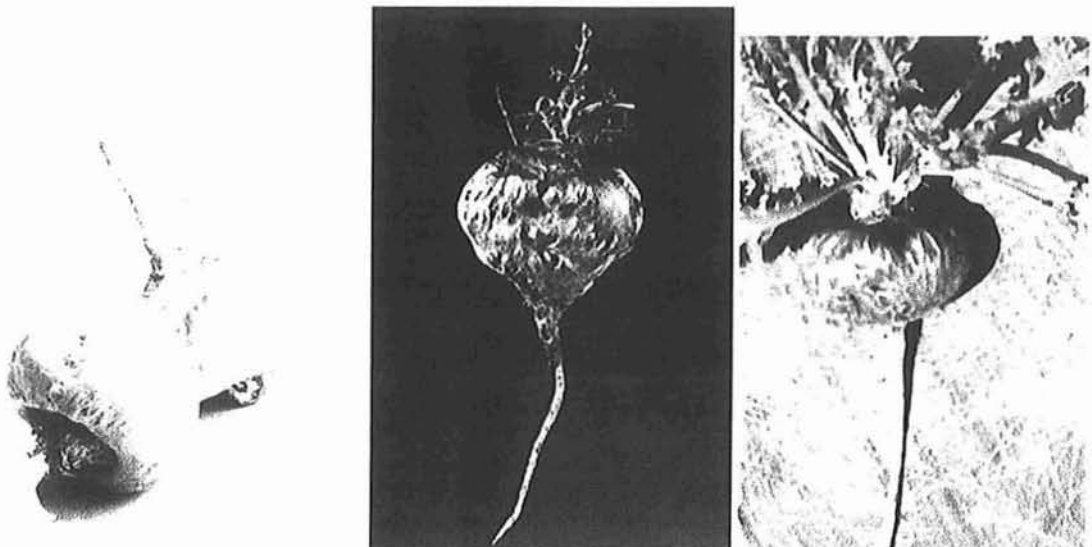


Figure 24 : le tubercule de Maca (48, 50, 51)

### 8.3) Description de la fleur. ( 3,4,7,14,15 )



Figure 25 : les fleurs de Maca. (49, 47)

Les fleurs apparaissent sur la tige centrale. La tige ne monte pas au moment de la floraison mais se ramifie et s'étale à la surface du sol. L'axe floral est court, ramifié et ne mesure que 3 à 5 cm de long, avec des feuilles entières et crénelées. La fleur mesure environ 5 mm de long. (Fig.25)

- La fleur est typique de celle de la famille des Brassicacées. Les fleurs, blanches, petites, groupées en grappe, sont hermaphrodites, actinomorphes (tous les pétales sont semblables), et thalamiflore (réceptacle convexe). C'est une fleur cyclique.

- Le calice comprend 4 sépales, disposés sur 2 verticilles. Les sépales internes latéraux, sont un peu renflés en forme de poche à la base.

- La corolle est dialypétale (à 4 pétales indépendants), disposés en croix (d'où le nom de Crucifères, du latin "*crucem ferre*", porter en croix). Ils alternent avec les sépales et présentent un onglet bien développé, dressé, et un limbe étalé. Les 4 pétales sont considérés comme provenant de la subdivision des 2 pétales appartenant au verticille opposé à celui des sépales externes (Fig.26) ce qui explique qu'ils alternent avec les sépales; sinon les pétales et les sépales seraient superposés.

- L'androcée ne comporte que 2 étamines avec des anthères bien développés (43). Le nombre normal d'étamines dans la famille des Brassicacées est de 6, dont 4 sont plus grandes que les 2 autres. Cependant, la particularité du nombre d'étamine est une caractéristique commune du genre *Lepidium* (43).(Fig.26)

- Le gynécée est formé de 2 carpelles "ouverts" soudés par leurs bords en un ovaire uniloculaire à placentation pariétale. Une fausse cloison, le *replum*, se développe dans le plan médian, unissant l'un à l'autre les placentas opposés, si bien que l'ovaire est divisé en 2 loges. Les ovules sont campylotropes : ils sont placés alternativement le long des placentas, de part et d'autre de la fausse cloison.

- Le style est simple et se termine par 2 lobes stigmatiques superposés aux placentas.

La formule florale est la suivante:

( 2 + 2 ) Sépales + 2 Pétales + 2 Etamines + 2 Carpelles

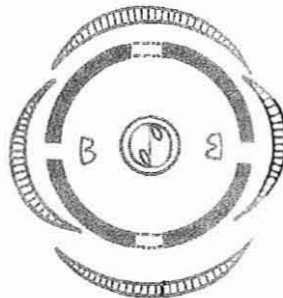


Figure 26 : Diagramme des fleurs de Brassicacées (4).

#### **8.4) Description du fruit.**

Le fruit est une silicule (fruit sensiblement aussi large que long, à petit nombre de graines), déhiscente, légèrement émarginée et mesure entre 3,5 et 5 mm de long. La silicule est angustiseptée (aplatie perpendiculairement à la fausse cloison qui est étroite). La silicule s'ouvre, en principe, par des panneaux latéraux qui restent attachés à une extrémité du fruit et laisse en place la fausse cloison sur les bords de laquelle se situent les placentas auxquels adhèrent les graines (déhiscence paraplacentaire).

#### **8.5) Description de la graine.**

Les graines sont ovoïdes, lisses et rougeâtres. La silicule contient deux graines, une de chaque côté de la fausse cloison.

Les graines sont dépourvues d'albumen. Les embryons sont volumineux et courbés de telle façon que les cotylédons sont rabattus le long de l'axe hypocotylé. Les cotylédons sont incombants (l'axe hypocotylé est sur le dos d'un des cotylédons).

#### **8.6) Les différentes variétés horticoles.**

Il y a traditionnellement 4 types reconnus par les indiens. Ces 4 variétés se distinguent par la couleur de leurs racines :

- jaune crème,
- jaune pourpre,
- pourpre,
- noire.

Ces nuances sont dues aux différentes concentrations d'anthocyanine dans les couches périphériques. La variété jaune est la plus populaire ce qui explique qu'elle est plus représentée sur les marchés. Pour la variété jaune pourpre, les parties supérieures et inférieures sont blanches, de manière similaire au radis rouge. Dans les variétés pourpres et noires, les pigment se retrouvent dans toute la racine. Les pigments noirs sont en fait pourpre foncé. (Fig.27)

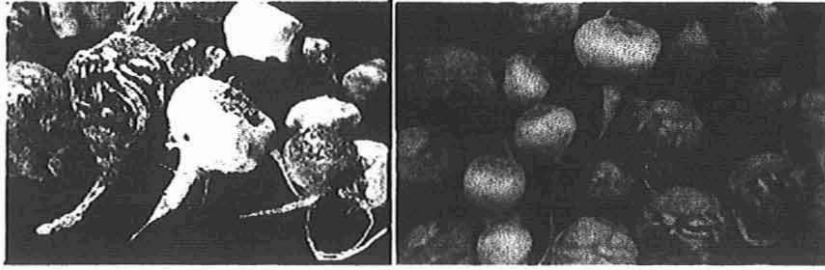
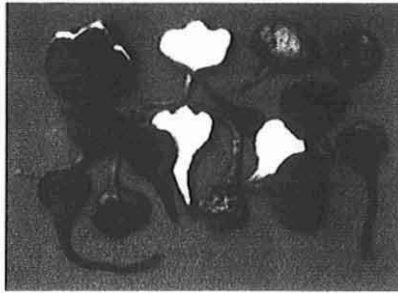


Figure 27 : Tubercule des différentes variétés de Maca. (44)



---

**3<sup>ème</sup> PARTIE : COMPOSITION CHIMIQUE**

---

Les propriétés attribuées au *Lepidium meyenii* Walp. sont nombreuses. La Maca est traditionnellement considérée comme une plante ayant de grandes qualités nutritionnelles, tonifiantes, stimulantes, aphrodisiaques et bien d'autres.

Une étude a été réalisée récemment (Canales M. et al 2000) en vue d'évaluer scientifiquement les propriétés nutritionnelles de la Maca.

## 9) Evaluation nutritionnelle. (13)

L'étude porte sur deux générations de souris albinos (parents et enfants).

La première génération est répartie en trois groupes, chacun ayant une nourriture bien spécifique. La Maca est traditionnellement utilisée cuite ou crue dans l'alimentation Andine. Elle est également vendue sur les marchés comme complément alimentaire sous forme de poudre, obtenue à partir de la matière première brute. Il est intéressant de démontrer, si il existe une différence de capacité nutritionnelle entre la Maca cuite et la Maca crue. Ainsi dans cette étude, on parlera de poudre de Maca "crue", obtenue à partir de la matière première de Maca à l'état brut, et de poudre de Maca "cuite", obtenue à partir de la matière première de Maca ayant été cuite, avant d'être réduite en poudre.

La nourriture utilisée est une poudre commerciale standard équilibrée (CBF : Commercial Balanced Food). Les différents groupes sont nourris comme suit :

- Le premier groupe est nourri avec de la poudre CBF (groupe "témoin").
- Le deuxième groupe est nourri avec un mélange de 70% de CBF et de 30% de poudre de Maca "crue" (groupe "Maca crue").
- Le troisième groupe est nourri avec un mélange de 70% de CBF et de 30% de poudre de Maca "cuite" (groupe "Maca cuite").

Une alimentation exclusive de Maca n'est pas tolérée par les souris, et entraîne une augmentation de leur taux de mortalité. Un mélange de CBF avec 50% ou 40% de Maca est également mal toléré. Les trois groupes sont nourris pendant 100 jours avec leurs mélanges respectifs.



Les résultats montrent que les courbes de croissance (courbes représentant le poids en fonction du temps) sont similaires et normales pour les trois groupes. Cependant, la courbe présentant la croissance la plus importante est celle du groupe "Maca cuite".

Ces résultats sont accentués chez la deuxième génération de souris, avec des différences statistiquement significatives ( $p < 0.05$ ).

Aucun groupe ne présente de signe de malnutrition ni de surpoids.

Les taux de protéines sanguines et d'albumine sont statistiquement supérieurs pour le groupe "Maca cuit", que pour le groupe "Maca crue" et pour le groupe "témoin".

Cette étude démontre scientifiquement une des propriétés traditionnellement attribuée au Maca : Le Maca a des propriétés nutritionnelles importantes.

Il n'y a pas d'explication claire qui justifie la meilleure capacité nutritionnelle du Maca. Probablement, la présence de tous les acides aminés essentiels et non essentiels, les vitamines et minéraux, les protéines et autres constituants peuvent l'expliquer.

## 10) Composition chimique des racines de la Maca. (8,9,17)

Par sa composition chimique, la Maca est réputée avoir un intérêt médical en tant que supplément alimentaire.

Le tubercule de Maca, qui est la partie comestible, est très intéressant comparativement à d'autres tubercules tels que la patate, la carotte, et le navet (Tab.1).

Tableau 1 : Composition d'un tubercule sec de Maca et d'autres tubercules (calcul basés sur la matière sèche) (8)

	<i>Maca</i>	<i>Patate</i>	<i>carotte</i>
Eau (%)	10.4		
Protéines (%)	10.2	1.9	8.8
Lipides (%)	2.2	2.5	1.7
Glucides (%)	59.0	61.4	79.8
Fibre (%)	8.5	1.8	8.8
Cendre (%)	4.9		

L'hypocotyle frais contient 80% d'eau. En raison de ce pourcentage élevé, cette partie de la plante présente généralement un faible pouvoir énergétique et nutritionnel.

Dans le tubercule de Maca desséché, les constituants sont semblables à ceux trouvés dans les céréales comme le maïs ou le riz.

Les glucides constituent 59% , les lipides 2,2%, et les protéines 10,2%. La composition des nutriments majeurs apparaît avantageuse, comparée à celle de la patate qui contient 80% d'eau et un faible pourcentage de protéines et de lipides.

Toutes ces valeurs peuvent varier sensiblement en fonction des variétés et des conditions environnementales.

### 10.1) Protéines et acides aminés. (8,17)

La composition en acides aminés montre un excellent profil, grâce à la concentration importante en acides aminés essentiels (Tab.2)

Tableau 2 : Acides aminés en mg/100g de protéine (17)

Acides aminés	Maca jaune	Maca pourpre	Maca noire
Cystéine*	830	980	1.010
Thréonine*	3.700	5.120	5.940
Tyrosine*	1.110	5.950	670
Valine*	3.950	1.670	2.960
Méthionine*	1.310	620	910
Isoleucine*	2.510	3.340	1.580
Leucine*	4.570	3.270	3.120
Phénylalanine*	3.000	2.650	2.850
Tryptophane*	440	350	350
Lysine*	1.770	1.380	1.780
Acide Aspartique	3.520	2.240	2.840
Hydroxyproline	3.170	1.370	1.670
Acide Glutamique	2.410	6.600	5.870
Sérine	5.090	4.180	4.400
Asparagine	170	7.470	150
Glycine	4.980	2.000	4.810
Glutamine	290	250	90
Alanine	6.170	2.810	3.480
Histidine	870	1.230	1.450
Proline	37.690	37.110	45.300
Acide Gama Butyrique	1.650	1.110	1.060
Arginine	9.800	6.590	5.880
Ornitine	320	210	140
TOTAL	100.000	100.000	100.000

\* Acides aminés essentiels.

On trouve également de la sarcosine 70mg pour 100g de protéine. (8)

La Maca noire possède un pourcentage plus élevé de protéines (12,86%) que la Maca pourpre (8,98%) et que la Maca jaune (6,62%). (17)

## **10.2) Les Acides Gras. (8,17)**

La quantité de lipides est plus importante que dans d'autres racines. La fraction d'acides gras montre une bonne composition en acides gras insaturés, avec la présence d'acide linoléique (32,6%) comme principal composant suivi de l'acide linoléique (15,4%) et de l'acide oléique (11.1%), et en acide gras saturé avec l'acide palmitique (23,8%).

Les acides gras saturés présent sont :

- C <sub>12</sub> Dodécanoïque (acide laurique)	0.8%
- C <sub>13</sub> Tridécanoïque	0.1%
- C <sub>14</sub> Tétradécanoïque (acide myristique)	1.4%
- C <sub>15</sub> Pentadécanoïque	1.1%
- C <sub>16</sub> Exadécanoïque (acide palmitique)	23.8%
- C <sub>17</sub> Heptadécanoïque	1.8%
- C <sub>18</sub> Octadécanoïque (acide stéarique)	6.7%
- C <sub>19</sub> Nonadécanoïque	0.4%
- C <sub>20</sub> Eicosanoïque (acide arachidique)	1.6%
- C <sub>22</sub> Docosanoïque (acide behénique)	2.0%
- C <sub>24</sub> Tétracosanoïque (acide lignocérique)	0.4%

Les acides gras mono et poly-insaturés présents sont :

- C<sub>13</sub> 7-Tridécenoïque 0.3%
- C<sub>15</sub> 7-Pentadécenoïque 0.5%
- C<sub>16</sub> 9-Esadécenoïque (acide palmitoléique) 2.7%
- C<sub>17</sub> 9-Heptadécenoïque 1.5%
- C<sub>18</sub> 9-Octadécenoïque (acide oléique) 11.1%
- C<sub>18</sub> 9, 12-Octadécadénoïque (acide linoléique) 32.6%
- C<sub>18</sub> 9,12,15-Octadécatriñoïque (linoléinique) 15.4%
- C<sub>19</sub> 11-Nonadécenoïque 1.3%
- C<sub>20</sub> 15-Eicosenoïque (acide gadoléique) 2.3%
- C<sub>24</sub> 15-Tétracosenoïque (acide nervonique) 0.4%

Pourcentage en fonction du total des acides gras

Pourcentage d'acides gras saturés : 40.1%

Pourcentage d'acides gras insaturés : 52.7% (8)

Ces valeurs varient sensiblement en fonction de la variété de Maca (Tab. 3).(17)

Acides gras en %	Maca jaune	Maca pourpre	Maca noire	Soja	Colza	Sésame	Cacao	Maïs	Cacahuète
<b>Ac. Palmitique</b>	30.2	28.67	33.12	10.6	3.3	7-10.5	27.3	11.30	9.5
<b>Ac. Oleique</b>	13.18	16.06	23.21	24.3	13.40	37.50	34.0	28.9	63.70
<b>Ac. Linoleique</b>	29.5	28.51	23.97	53.4	13.70	31-47	3.2	55.0	18.50
<b>Ac. Linolenique</b>	15.44	17.19	8.74	7.4	7.3	0-1	-	1.5	-

Tableau 3 : Comparaison de la composition en acides gras, pourcentage en fonction du total des acides gras

Lors de leur expérience visant à déterminer l'effet d'une extraction lipidique de *Lepidium meyenii* Walp. sur le comportement sexuel des rats et des souris, Zheng et al (Urology 2000)(11) ont découvert dans la composition chimique des racines de Maca séché de nouveaux acides gras poly-insaturés et leurs amides. Ces acides gras et amides sont appelés "macaene" et "macamide" par leurs auteurs.

Macaene et macamide ont été déterminés par CLHP (Chromatographie Liquide Haute Performance) et incluent trois nouveaux composants :

- N-benzyl octanamide :  $C_{15}H_{23}NO$ ,
- N-benzyl-16-hydroxy-9-oxo-10E,12E,14E-octadecatrieneamide :  $C_{25}H_{35}NO_3$ ,
- N-benzyl-9,16-dioxo-10E,12E,14E-octadecatrieneamide :  $C_{25}H_{35}NO_3$ ,
- Et 17 autres analogues de macaene et macamide.

### 10.3) Les stérols. (8,9)

La fraction stérique montre que le principal stérol contenu dans le Maca est : le sitostérol (45,5%) suivi par le campestérol (27,3%), l'ergostérol (13,6%), brassicastérol (9,1%) et le  $\Delta^{7,22}$ -ergostadienol (4,5%).(8)

La Maca contient également du stigmastérol.(9)

### 10.4) Les minéraux. (4,8,9,14,17)

Les minéraux les plus abondants sont : le potassium (K), le phosphore (P), le calcium (Ca), et le magnésium (Mg)(Tab.4).

Mg	Na	Ca	Cu	K	Mn	Zn	Fe	P	Al	
66,56	11,94	208,4	0,16	1233,8	0,95	1,60	3,22	255,4	3,68	(17)
-	18,7	150	5,9	2050	0,8	3,8	16,6	-	-	(8)

Tableau 4: Composition en minéraux de la racine de Maca, en mg pour 100g de matière sèche

Les racines fraîches ont un taux exceptionnellement élevé de fer et d'iode.(15)

### 10.5) Les vitamines.

Les vitamines présentes dans la Maca sont :

- Vitamine B1
- Vitamine B2
- Vitamine B12
- Vitamine D3
- Vitamine E
- Vitamine P
- Vitamine C

### 10.6) Les sucres.

Le tubercule de Maca est riche en sucres et en amidon (8,15,16)(Tab.5)

	Maca jaune mg/g	Maca pourpre mg/g	Maca noire mg/g
Ramnose	8,91	5,15	11,45
Xylose	Traces	Traces	Traces
Fructose	107,52	80,49	106,58
Glucose	56,61	36,32	74,59
Saccharose	121,96	175,05	37,08
Total	295,00	297,01	229,70

Tableau 5 : Répartition des sucres dans la racine de Maca (17).

### 10.7) Les glucosinolates. (9)

Les principaux glucosinolates trouvés dans l'hypocotyle frais de Maca sont les glucosinolates aromatiques, benzyl glucosinolate (glucotropéoline) et p-méthoxy-benzyl glucosinolate.

D'autres glucosinolates ont été identifiés comme :

- 5-méthylsulfinylpentyl glucosinolate,
- p-hydroxybenzy glucosinolate, (sinalbine)
- m-hydroxybenzyl glucosinoalate,
- Pent-4-enyl glucosinolate,
- Indolyl-3-méthyl glucosinolate, (glucobrassicine)
- 4-méthoxyindolyl-3-méthyl glucosinolate.

Dans les feuilles de Maca, la composition en glucosinolate est la même que celle observée dans l'hypocotyle frais, mais en quantité bien inférieure ( $3,77\mu\text{mol/g}$ ).

Dans les graines et dans les jeunes pousses, le pourcentage de benzyl glucosinolate est différent. Dans les graines, le pourcentage de benzyl glucosinolate est principalement changé en m-hydroxybenzyl glucosinolate, alors que dans les jeunes pousses, il est presque complètement remplacé par p-hydroxybenzyl glucosinolate ou p-méthoxybenzyl glucosinolate.

D'autres glucosinolates de type aliphatique ont été déterminés. Le glucosinolate aliphatique prédominant est le 5-méthylsulfinylpentyl glucosinolate.

La quantité en glucosinolate, de l'hypocotyle de Maca frais, est relativement plus importante que celle d'autres cultures de crucifères.

Les glucosinolates représentent approximativement 1% de la matière fraîche de l'hypocotyle, soit environ  $25,66\mu\text{mol/g}$  (en considérant la masse molaire moyenne des glucosinolates à  $447\text{g/mol}$ )(9). L'hypocotyle séché de Maca contient beaucoup moins de glucosinolates ( $4,45\mu\text{mol/g}$ ) que dans les tissus frais, et que dans les graines ( $69,45\mu\text{mol/g}$ ).



En effet, les glucosinolates peuvent facilement être décomposés en isothiocyanates pendant les manipulations de la plante. Particulièrement si celles-ci impliquent de casser les tissus, qui libèrent des thioglucosidases, enzymes responsables de l'hydrolyse des glucosinolates (la myrosine). Ces enzymes sont toujours présentes chez les plantes à glucosinolates et conduisent à la libération de glucose, de sulfate et, par réarrangement de la génine instable, d'isothiocyanates.(26)

La formule des isothiocyanates est la suivante :  $R-N=C=S$

De ce fait, la Maca contient également dans chaque partie de la plante, les dérivés isothiocyanates provenant de l'hydrolyse des glucosinolates, en particulier le p-méthoxybenzyl isothiocyanate.

### ***10.8) Autres composés identifiés dans la racine. (8,15)***

Des saponines sont présentes en petite quantité dans la racine de Maca ainsi que des alcaloïdes, qui n'ont pas encore été quantifiés.

Des tannins sont également présents.

---

## **4<sup>ème</sup> PARTIE : EXPERIENCES PHARMACOLOGIQUES**

---

Plusieurs expériences ont été menées afin de vérifier les effets du *Lepidium meyenii* Walp. sur le comportement sexuel. Ces expériences ont été réalisées sur des rats et des souris, et tendent à confirmer scientifiquement les affirmations de la médecine traditionnelle.

## **11) " Effets d'un extrait lipidique de *Lepidium meyenii* Walp. sur le comportement sexuel chez les rats et les souris".**

Ces expériences ont été réalisées par Bo Lin Zheng et al.(11), et peuvent se résumer comme suit.

### **11.1) Matériel et méthodes.**

Les racines de Maca séchées ont été collectées au Pérou en 1998. L'extrait lipidique est obtenu après extraction méthanolique ou éthanolique. L'extrait alcoolique est purifié par une série de chromatographies. La fraction lipidique est récupérée avec un solvant approprié, puis séchée afin d'obtenir une poudre. M-01 et M-02 sont deux formules standardisées dans leur composition en macaène et macamide (0,6%). Les deux formules contiennent également les composés suivants : 3,72% d'acides gras libres, 0,04% de stérols et 0,1 à 0,15% de benzyl isothiocyanates.

Trois études sont menées :

Dans la première étude, 45 souris mâles et 90 souris femelles vierges (de 8 à 10 semaines, et pesant  $25 \pm 1$ g) sont réparties dans 3 groupes : le groupe contrôle, le groupe M-01 et le groupe M-02.

- Le groupe contrôle reçoit une alimentation standard dans une suspension éthanolique à 10%, pendant 22 jours.
- Une suspension éthanolique à 10% de M-01 et M-02 est administrée oralement deux fois par jour, aux deux groupes respectivement M-01 et M-02, à un dosage de 40 mg/g de poids d'animal, par jour pendant 22 jours.

Au jour 22, 30 minutes après l'administration de la dose, deux femelles vierges sont introduites avec un mâle. Le nombre d'intromissions complètes de chaque mâle, pendant une période de 3 heures, est manuellement enregistré par un observateur.

Pour l'évaluation d'une journée d'accouplement, 20 souris mâles sont répartis en 2 groupes :

- Le groupe contrôle reçoit une alimentation standard en granules.
- Le groupe expérimental reçoit oralement M-01 à 4 mg/g de poids d'animal pour une journée.

Le même jour, à 17 heures, chaque mâle est placé dans une cage et reçoit 5 femelles une heure plus tard. On provoque l'œstrus chez les femelles par une injection sous-cutanée de benzoate d'œstradiol et de progestérone. Le lendemain matin, un extrait vaginal de chaque femelle est examiné au microscope pour déterminer la présence ou non de spermatozoïdes. Le nombre moyen de "sperm-positive" femelle est calculé pour le groupe contrôle et le groupe expérimental.

Pour étudier l'effet de la Maca sur la fonction érectile chez les rats ayant des dysfonctions érectiles, 90 rats sont répartis en différents groupes.

- Un groupe contrôle divisé en trois, recevant une alimentation standard par gavage:
  - 10 rats normaux (N),
  - 10 rats castrés (S),
  - 10 rats traités (T) avec 20 mg/kg de propionate de testostérone, durant 3 jours avant les mesures.
- 30 rats castrés nourris pendant 20 jours par gavage avec la M-01 à 3 doses différentes :
  - Faible dose 45 mg/kg (M01L),
  - Moyenne dose 180 mg/kg (M01M),
  - Forte dose 1800 mg/kg (M01H).
- 30 rats castrés nourris pendant 20 jours par gavage avec la M-02 aux 3 mêmes doses,
  - Faible dose 45 mg/kg (M02L),
  - Moyenne dose 180 mg/kg (M02M),
  - Forte dose 1800 mg/kg (M02H).

Le 20<sup>ème</sup> jour, 30 minutes après la dernière administration, on mesure la période latente entre deux érections complètes (LPE), à partir de la stimulation, obtenue grâce à un appareil à électrodes permettant de stimuler le pénis du rat.

### 11.2) Résultats.

Les premiers résultats montrent une augmentation du nombre de pénétrations complètes pendant une période de 3 heures, après 22 jours de gavage avec M-01 et M-02 :  $46,67 \pm 2,39$  fois ( $P < 0,01$ ) dans le groupe M-01 ( $n=15$ ),  $67,01 \pm 2,55$  fois ( $P < 0,01$ ) dans le groupe M-02 ( $n=15$ ), comparativement au groupe contrôle  $16,33 \pm 1,78$  fois ( $N=15$ ). (Fig.26)

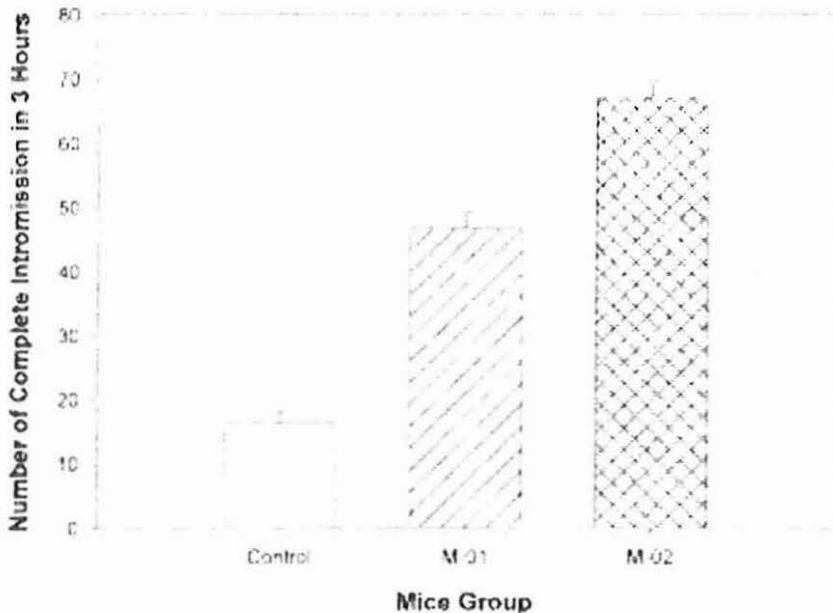


Figure 26 : Effet d'extrait purifié de *Lepidium meyenii* Walp. (Maca pure M-01 et M-02) sur le nombre de pénétrations complètes chez les souris mâles normales pendant une période de 3 heures.(11)

Dans l'évaluation d'une journée d'accouplements, l'administration orale de M-01 à une dose de 4 mg/g, augmente le nombre de "sperm-positive" femelles de  $0,6 \pm 0,7$  dans le groupe contrôle, contre  $1,5 \pm 0,5$  ( $P < 0,01$ ) dans le groupe M-01.(Fig.27)

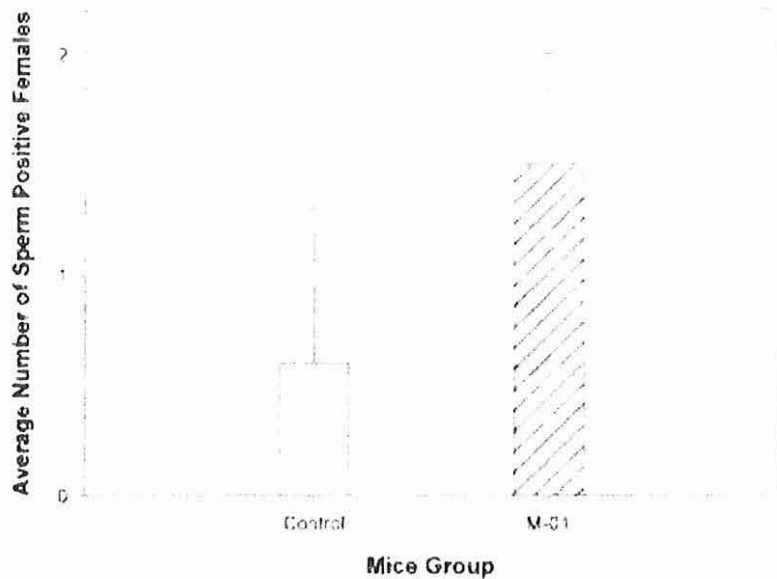


Figure 27: Effet d'extrait purifié de *Lepidium meyenii* Walp. (Maca pure M-01) sur les performances d'accouplement de souris mâles normales.(11)

Dans la troisième expérience, 3 groupes contrôle ont été utilisés pour évaluer le LPE par rapport aux groupes expérimentaux.

Le LPE du groupe contrôle castré est de  $112 \pm 13$  secondes.

Le LPE du groupe contrôle normal est de  $78 \pm 13$  secondes.

Et celui du groupe contrôle traité à la testostérone est de  $50 \pm 12$  secondes ( $p < 0,05$  comparé avec le groupe castré).

Pour les groupes castrés traités avec M-01 aux doses de (L) 45, (M) 180, et (H) 1800 mg/kg, les LPE sont respectivement de  $121 \pm 12$  secondes,  $54 \pm 12$  secondes, et  $53 \pm 13$  secondes. Le LPE du groupe contrôle castré diminue à  $71 \pm 12$  secondes,  $73 \pm 12$  secondes, et  $41 \pm 13$  secondes quand il est traité avec les mêmes dose de M-02. (Fig.28)

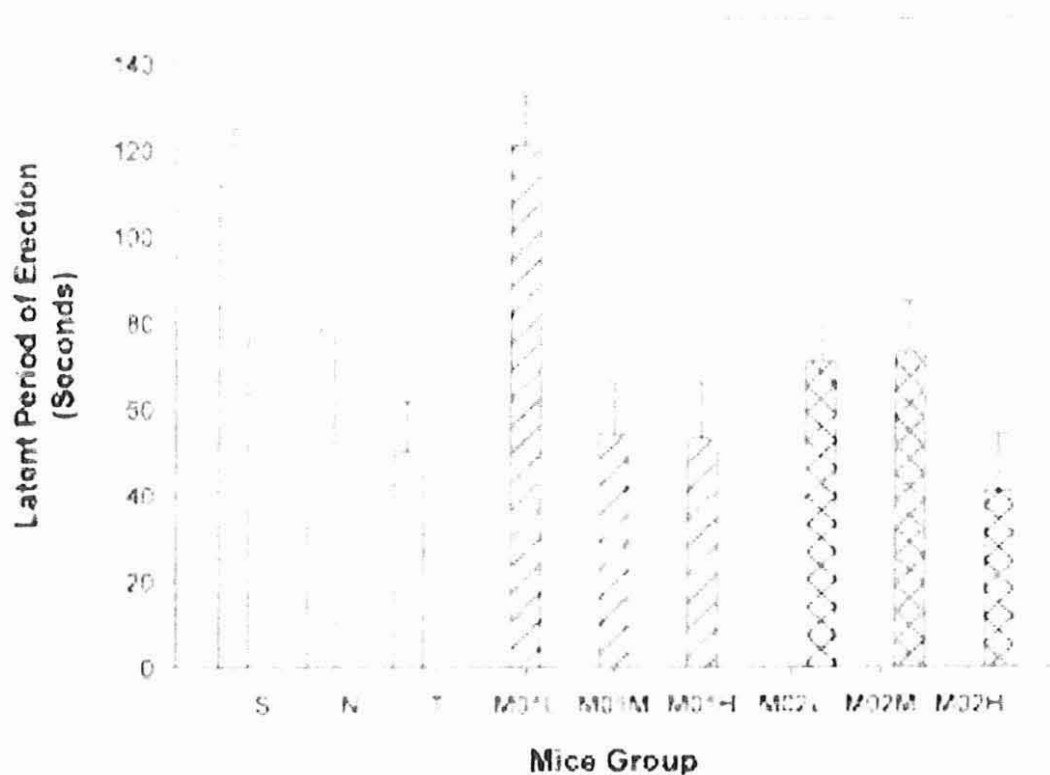


Figure 28 : Effet d'extrait purifié de *Lepidium meyenii* Walp. (Maca pure M-01 et M-02) sur la fonction érectile de rats mâles mesuré par le LPE.(11)

### 11.3) Commentaires.

Les résultats de cette étude in vivo montrent les effets de deux formules de Maca, M-01 et M-02, qui augmentent, de façon significative, la libido et le potentiel sexuel des souris mâles. Le nombre de pénétrations complètes chez des souris mâles, traitées avec M-01 et M-02, est 2,9 fois et 4,1 fois supérieur respectivement à celui du groupe control.

En outre, une administration orale unique de M-01, sur une étude d'une journée, montre que le nombre de femelles "sperm-positive" est 2,5 fois plus élevé que dans le groupe contrôle. Les résultats indiquent que la bio disponibilité des composés actifs est immédiate chez la souris.

Enfin, M-01 et M-02 augmentent la fonction érectile chez les rats ayant une dysfonction érectile. Le LPE des rats castrés, traités avec différentes doses de M-01 et M-02, est réduit au LPE des rats normaux, avec une exception pour la faible dose de M-01.

Cette étude révèle pour la première fois un effet aphrodisiaque du *Lepidium meyenii* Walp.

## 12) "*Lepidium meyenii* Walp. améliore le comportement sexuel chez les rats indépendamment de son action sur l'activité locomotrice spontanée".

Le but de cette étude, réalisée par Cicero et al.(10), est de déterminer les effets d'une administration orale aiguë et chronique d'un extrait purifié de racine de Maca sur les performances sexuelles de rats et sur leurs activités locomotrices spontanées.

### 12.1) *Matériel et méthodes.*

Les rats femelles sont ovariectomisées et conduites en phase d'œstrus par une injection (s.c.) de 15µg de benzoate d'œstradiol suivie 48h plus tard par 500 µg de progestérone. 60 rats mâles sont entraînés avec des femelles sexuellement réceptives, 7 fois à 5 jours d'intervalle avant le début des expériences. Le comportement sexuel des rats est testé dans l'obscurité, pendant une période de 4 heures (entre 10h et 14h) dans une pièce où l'on introduit une femelle. Les paramètres comportementaux suivants sont enregistrés ou calculés :

- Le temps de latence entre l'introduction, dans la cage, de la femelle et la montée du mâle sur celle-ci (ML).
- Le temps de latence entre l'introduction, dans la cage, de la femelle et l'intromission (IL).
- Le temps de latence avant l'éjaculation (EL) (temps entre l'intromission et l'éjaculation).
- Le temps de latence post-éjaculation (PEL) (avant l'intromission suivante).
- La fréquence des montées (MF) (avant éjaculation).
- La fréquence des intromissions (IF) (avant éjaculation).
- L'intervalle entre chaque copulation (ICI) (intervalle moyen entre chaque intromission, calculé par EL divisé par IF).
- L'efficacité de la copulation (CE) (calculé par IF divisé par MF+IF).

Les mesures se terminent au moment de la première intromission post éjaculation. Elles sont interrompues dans les cas où le temps de latence d'éjaculation excède 30 minutes, ou si le PEL excède 15 minutes.



Des racines pulvérisées de *Lepidium meyenii* Walp. (standardisé à 0,6% de macamide et de macaène) sont utilisées. Deux solutions sont préparées : une, concentrée, à partir de 900 mg de Maca diluée dans 6 ml de NaCl, l'autre moins concentrée, obtenue à partir de 1 ml de la première, diluée dans 4 ml de NaCl.

Trois groupes de 20 mâles, sexuellement compétents, sont traités respectivement avec des doses journalières de 15 et 75 mg/kg de racines de Maca pulvérisées, ou 0,5 ml/kg de NaCl pour le groupe contrôle, pendant 15 jours. Les paramètres sont enregistrés le premier et le dernier jour du traitement.

Dans le but d'éliminer la possibilité que les modifications des performances puissent en fait refléter une modification de la mobilité, l'influence de la Maca sur l'activité locomotrice est mesurée, à l'aide d'un appareil à ultra sons placé sur le couvercle de la cage du rat. L'activité locomotrice est mesurée pendant 30 minutes après l'administration de l'extrait de Maca, et enregistrée par périodes de 10 minutes. 10 mâles sont testés après 12 jours de traitement oral de Maca à 15 et 75 mg/kg poids de l'animal.

## **12.2) Résultats.**

Les deux administrations aiguës de Maca, à dose faible (15 mg/kg) et élevée (75 mg/kg), diminuent significativement ML, IL et ICI ( $P < 0,05$ ), alors que seule celle à 75 mg/kg diminue le PEL ( $P < 0,05$ ) (Tab.6). Après 15 jours de traitement, les deux dosages sont capables de diminuer ML, IL, EL, et PEL, de manière significative (Tab.7), alors que seule celle à 75 mg/kg réduit ICI ( $P < 0,05$ ). Les variations de IL, EL et PEL après le traitement continu sont significativement plus importantes avec la dose élevée de Maca.

Treatment	ML	MF	IL	IF
0,5 ml saline kg <sup>-1</sup> (C)	200.37 ± 171.54 (60.65)	4.00 ± 3.30 (1.16)	232.25 ± 173.93 (61.49)	0.50 ± 2.67 (0.94)
Maca 15 mg kg <sup>-1</sup> (n)	43.71 ± 19.98 (7.55) <sup>†</sup>	2.50 ± 2.98 (1.05)	74.00 ± 35.88 (13.56) <sup>†</sup>	14.62 ± 8.05 (2.85)
Maca 75 mg kg <sup>-1</sup> (M)	41.50 ± 31.19 (12.74) <sup>†</sup>	1.67 ± 2.66 (1.09)	85.33 ± 77.23 (31.53) <sup>†</sup>	17.67 ± 12.18 (4.97)

EL	PEL	ICI	CE
540.50 ± 109.29 (38.64)	420.25 ± 97.08 (34.32)	58.51 ± 9.56 (5.38) <sup>†</sup>	0.75 ± 0.17 (0.06)
436.29 ± 77.38 (29.25)	415.29 ± 183.98 (69.54) <sup>†</sup>	28.81 ± 11.00 (4.49) <sup>†</sup>	0.84 ± 0.18 (0.07)
489.50 ± 215.03 (87.79) <sup>†</sup>	311.70 ± 66.21 (27.03) <sup>†</sup>	33.54 ± 15.20 (5.21) <sup>†</sup>	0.88 ± 0.13 (0.05)

Tableau 6 : Effet de l'administration orale de Maca après une journée de traitement, sur les paramètres de performances sexuelles du rat. (10) (unité arbitraire pour les temps de latence : en seconde)

Treatment	ML	MF	IL	IF
0,5 ml saline kg <sup>-1</sup> (C)	200.12 ± 167.87 (59.35)	4.13 ± 3.31 (1.17)	232.25 ± 173.93 (61.49)	9.00 ± 1.60 (0.57)
Maca 15 mg kg <sup>-1</sup> (n)	55.25 ± 37.40 (13.22) <sup>†</sup>	5.38 ± 2.26 (0.80)	108.50 ± 59.91 (21.18) <sup>†</sup>	8.50 ± 2.88 (1.02)
Maca 75 mg kg <sup>-1</sup> (M)	36.37 ± 21.45 (7.58) <sup>†</sup>	4.88 ± 3.40 (1.20)	52.37 ± 26.21 (9.27) <sup>†</sup>	9.12 ± 2.95 (1.04)

EL	PEL	ICI	CE
540.62 ± 100.32 (35.47)	404.75 ± 57.33 (20.27)	61.52 ± 19.37 (6.85)	0.72 ± 0.16 (0.06)
369.12 ± 147.07 (52.00) <sup>†</sup>	330.37 ± 44.61 (15.78) <sup>†</sup>	50.09 ± 32.60 (11.53)	0.62 ± 0.13 (0.04)
253.00 ± 123.84 (43.79) <sup>†</sup>	258.87 ± 72.20 (25.53) <sup>†</sup>	29.04 ± 14.92 (5.28) <sup>†</sup>	0.67 ± 0.16 (0.05)

Tableau 7 : Effet de l'administration orale de Maca après 15 jours de traitement, sur les paramètres de performances sexuelles du rat. (10) (unité arbitraire pour les temps de latence : en seconde)

Dans la figure 1, l'administration continue de racines pulvérisées de *Lepidium meyenii* Walp. induit une augmentation de la mobilité du rat, mais seulement 10 minutes après que le rat est placé dans la cage, alors que la majeure partie des paramètres du comportement sexuel testés se mesurent durant les 10 premières minutes de l'observation. En fait, les deux doses induisent une augmentation progressive de l'activité. Durant les 10 premières minutes de l'observation, pas de différences significatives, alors que durant la deuxième période de 10 minutes et la troisième période de 10 minutes, les rats traités avec la Maca ont une activité toujours plus importante que celle du groupe contrôle ( $P < 0,001$ ). (fig.29)

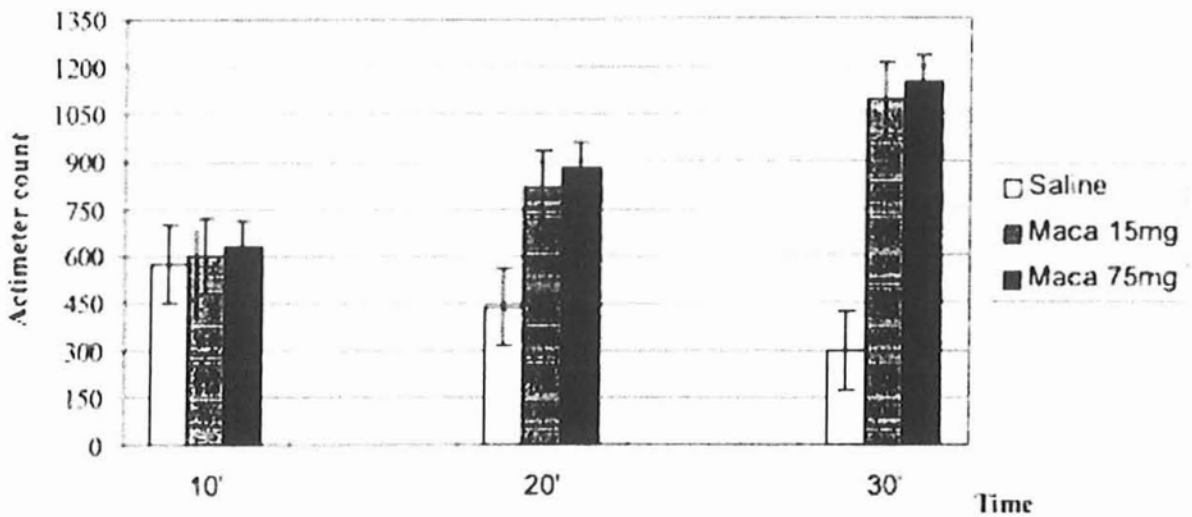


Figure 29 : Activité des rats après la 12<sup>ème</sup> administration orale de NaCl ou de Maca pulvérisée.(10)

### **12.3) Commentaires.**

Les résultats montrent que l'administration de racines pulvérisées de Maca augmentent les performances sexuelles des rats mâles. En effet, le traitement chronique diminue ML, IL, et PEL qui sont considérés comme étant inversement proportionnels au désir sexuel, alors que IF et CE, qui ne sont pas modifiés, sont considérés comme des indicateurs de performances et de capacités sexuelles.

L'efficacité à réduire ML et IL, après une administration ponctuelle, et l'absence apparente de corrélation entre l'effet de la mobilité spontanée et le comportement sexuel, conduit à penser que la Maca a une action pharmacologique indépendante de ses propriétés nutritionnelles.

### **13) "Effet des racine de *Lepidium meyenii* Walp. sur la spermatogenèse de rats mâles".(12)**

Cette étude réalisée par Gonzales et al., a pour but de déterminer l'effet d'un extrait aqueux de racine de *Lepidium meyenii* Walp. sur les phases du cycle de spermatogenèse, dans l'épithélium des tubes séminifères chez les rats mâles.

#### **13.1) Matériel et méthodes.**

Des rats âgés de 3 mois sont répartis en deux groupes de 10 animaux chacun : le groupe contrôle, et le groupe traité avec le *Lepidium meyenii* Walp.

L'extrait aqueux de racine est préparé selon une méthode ancestrale pratiquée par les peuples Incas; 500 mg de racine sont placés dans 750 ml d'eau, puis porté à ébullition pendant 30 minutes; puis la solution est filtrée. Cette préparation contient 66,7 mg de racine par ml.

L'extrait de *Lepidium meyenii* Walp. est administré oralement à une dose de 1 ml/rat, 2 fois par jour pendant 14 jours. Un volume similaire d'eau est administré au groupe contrôle. Les rats sont sacrifiés à la fin du dernier jour. Les testicules, l'épididyme et ses vésicules séminales sont retirés et pesés.

Les diverses étapes de la spermatogenèse ne sont pas simultanées et synchrones dans l'ensemble des tubes séminifères. Tout au long des tubes séminifères, existent des zones caractérisées par des associations cellulaires différentes, mais de composition fixe pour chaque zone. Chacune de ces associations cellulaire (chaque zone) correspond à une phase du cycle de l'épithélium séminifère.(42)

L'évaluation de la longueur et de la fréquence des phases du cycle de la spermatogenèse est réalisée à l'aide d'un stéréo microscope inversé. Pour chaque rat, la longueur du tube séminifère étudié est de 1000 mm. La fréquence de chaque phase est enregistrée et calculée en pourcentage. La fréquence obtenue à partir du groupe contrôle est considérée comme référence 1, et les tubes séminifères des rats traités sont évalués par rapport au groupe contrôle.

### **13.2) Résultats.**

Les testicules pèsent  $1,52 \pm 0,06$  g dans le groupe contrôle et  $1,59 \pm 0,06$  g dans le groupe traité ( $P < 0,05$ ).

L'épididyme pèse  $0,40 \pm 0,03$  g dans le groupe contrôle et  $0,46 \pm 0,03$  g chez les rats traités ( $P < 0,05$ ).

Pas de différence significative n'a été trouvée entre le poids des vésicules séminales des deux groupes.

La longueur des phases (fig.30), pour 1000 mm de tube séminifère chez les deux groupes est :

- Phase II	$199,3 \pm 21,3$ mm	contre $64,75 \pm 14,48$ mm;	$P < 0,01$
- Phase II-III	$103,5 \pm 10,8$ mm	contre $23,4 \pm 6,1$ mm;	$P < 0,01$
- Phase IV-V	$62,7 \pm 11,9$ mm	contre $22,7 \pm 7,9$ mm;	$P < 0,05$
- Phase VI	$73,2 \pm 20,9$ mm	contre $23,3 \pm 12,9$ mm;	$P < 0,05$

Toutes ces valeurs sont significativement plus élevées dans le groupe contrôle, alors que dans les phases suivantes :

- Phase IX-XI	$349,2 \pm 61,0$ mm	contre $582,5 \pm 50,2$ mm;	$P < 0,05$
- Phase XII	$36,5 \pm 9,3$ mm	contre $40,9 \pm 9,6$ mm;	$P < 0,05$

Les valeurs sont significativement plus élevées dans le groupe traité.

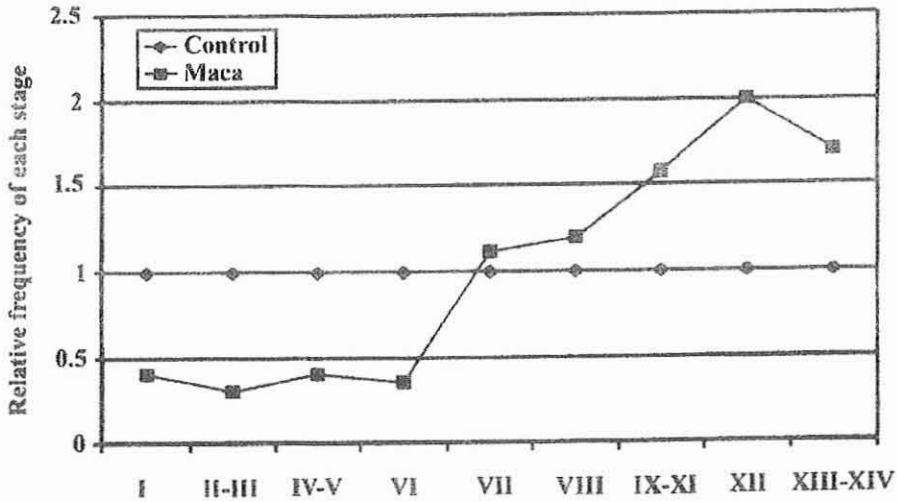


Figure 30 : Fréquence relative de chaque phase du cycle de l'épithélium séminifère. Pour chaque phase, on attribue une fréquence relative de 1 au groupe contrôle. (12)

Le traitement avec le *Lepidium meyenii* Walp. augmente la fréquence des phases IX-XI, XII et XIII-XIV, et réduit les phases II-III, IV-V, VI et I.

### 13.3) **Commentaire.**

Les résultats démontrent que l'extrait de *Lepidium meyenii* Walp., préparé à la manière des peuples Andins, a un effet bénéfique sur la spermatogenèse.

Le poids des testicules est significativement plus élevé chez les rats traités avec le *Lepidium meyenii* Walp., et les phases du cycle de la spermatogenèse sont modifiées avec une augmentation des Phases IX-XI et une diminution des phases I-VI. Les mitoses sont localisées dans les phases IX et XII. Les données suggèrent que le *Lepidium meyenii* Walp. améliore la spermatogenèse par une augmentation des mitoses.

L'augmentation du poids des testicules et l'augmentation de la fréquence et de la longueur des phases IX-XII appuient cette hypothèse.

L'augmentation du poids de l'épididyme est certainement dû à l'accroissement du nombre de spermatozoïdes.

Pour plusieurs auteurs, la présence de glucosinolates dans l'alimentation pourrait avoir un effet protecteur à l'encontre des substances cancérigènes. Cette hypothèse s'appuie sur des données de cancérogenèse animale conduite avec différents inducteurs et chez différentes espèces, tant avec les isothiocyanates qu'avec l'indol-3-carbinol issu de la dégradation de la glucobrassicine. Ces études montrent l'interaction des isothiocyanates et des indoles avec le métabolisme des cancérigènes : inhibition de l'activation des pro cancérigènes et induction des enzymes dites "de phase II" telles que la NAD(P)H quinone réductase ou la glutathion-S-transférase qui détoxifient les métabolites électrophiles susceptibles d'altérer la structure des acides nucléiques. (27)

#### **14) Rappel sur le phénomène de détoxication, pendant la phase d'initiation de la cancérogenèse. (28)**

La formation de lésions génotoxiques dans une cellule est conditionnée par deux mécanismes cellulaires très importants : les capacités de métabolisation des agents chimiques (cancérigènes chimiques) et l'efficacité des systèmes de réparation de l'ADN.

La métabolisation des cancérigènes chimiques, comme celle de toutes substances xénobiotiques, est assurée principalement par les enzymes hépatiques dont la fonction première est de procéder à la détoxication des substances endogènes et exogènes. Les mono-oxydases à cytochrome P450 (enzymes de la phase I) interviennent en premier lieu en rendant les molécules plus hydrophobes, ce qui facilite leur élimination ultérieure par les enzymes de la phase II (glutathion-S-transférases, UDP-glucuronyl-transférases, pour les plus importantes). Cependant dans le cas des cancérigènes chimiques les plus connus et pour certains, les plus puissants benzo(a)pyrène (B(a)P), diméthylbenz(a)anthracène (DMAB), nitrosamine, les réactions d'oxydation assurées notamment par les mono-oxygénases à cytochrome P450 donnent naissance à des métabolites actifs, de nature électrophile, capables de réagir directement avec l'ADN, généralement mutagènes et cancérigènes.

## 15) Effets des isothiocyanates sur la cancérogenèse.

### 15.1) Effets des isothiocyanates sur les phases I et II de la détoxification.(29,30,31,32,33,34)

Les effets de benzyl isothiocyanate et d'autres isothiocyanates sur des tumeurs mammaires initiées chez le rat par le DMBA ont été étudiés par Wattenberg en 1981(29). Ces expériences montrent qu'une seule dose de benzyl isothiocyanate réduit significativement l'incidence et le nombre des tumeurs. L'effet inhibiteur ne se manifeste toutefois que lorsque l'isothiocyanate est administré peu de temps avant le cancérigène.

Plus récemment, Jed W. Fahey et al. en 1997 ont réalisé des études similaires à partir d'isothiocyanates extraits de pousses de brocolis (30). A partir de tumeurs mammaires initiées chez le rat par le DMBA, ils ont mesuré les effets de différentes doses de glucosinolates et d'isothiocyanates sur l'induction de la phase II enzymatique de détoxification. Ils ont ainsi démontré que le retard de développement des tumeurs est clairement dose dépendant pour les isothiocyanates, mais ne l'est pas pour les glucosinolates. Une faible dose (25 $\mu$ mol) de glucosinolate semble produire un effet presque maximal.

De nombreuses études ont été réalisées afin de comprendre le mécanisme d'action des isothiocyanates sur la cancérogenèse.

Les mécanismes impliqués dans la protection relèvent essentiellement d'un bouleversement du métabolisme des cancérogènes.

Les effets des isothiocyanates sur les enzymes à cytochrome P450 sont complexes et dépendant de la nature de l'isothiocyanate, du tissu, du mode d'administration et des conditions expérimentales, ainsi que des isozymes considérés.(28, 31, 32) Par exemple, le phénéthyl-isothiocyanate provoque de façon transitoire une diminution du cytochrome P450 2E1 et de l'activité de déméthylation de la N-nitrosodiméthylamine (NDMA agent cancérogène) qui en dépend.



Par comparaison, les enzymes de la phase II répondent de manière plus constante à la présence de ces composés. Les différents isothiocyanates ont tous en commun la propriété d'induire la Glutathion-S-transférase et la quinone réductase dans la plupart des organes du rat et de la souris, quels que soient le mode d'administration et la durée de traitement (33). Certains d'entre eux provoquent en outre une augmentation de la teneur tissulaire en glutathion. L'UDP-glucuronyltransférase est également induite ainsi que l'époxyde hydrolase (28,35).

### **15.2) Induction de l'apoptose.(34,35)**

L'apoptose joue un rôle important dans le processus de développement, de maintien de l'homéostasie, et de l'élimination des cellules endommagées. Des dérèglements de l'apoptose sont observés dans des maladies telles que les maladies neuronales, le Sida, les maladies auto-immunes, et les cancers.

Les carcinogènes causent des dommages génomiques aux cellules exposées. Si les dommages sont limités, les cellules peuvent réparer leurs dommages et maintenir leurs fonctions normales. Les cellules qui ne réparent pas leurs dommages sont normalement éliminées par apoptose (mort cellulaire programmée), qui prévient la propagation des dommages génomiques dans les cellules filles. De récentes investigations ont démontré une autre voie potentielle d'inhibition par les isothiocyanates. Chen et al. ont montré que les isothiocyanates induisent l'activation de la c-Jun-N-terminal Kinase (JNK) de manière dose dépendante. L'activation de la JNK par les isothiocyanates est associée avec l'induction de l'apoptose dans divers types de cellules. (35)

En plus de leurs propriétés chimio-préventives, par l'inhibition de la phase I et l'induction de la phase II enzymatique, les isothiocyanates pourraient avoir des fonctions chimio-thérapeutiques.(35)

Le *Lepidium meyenii* walp., comme beaucoup d'autres crucifères, contient de nombreux isothiocyanates, reconnus pour leurs activités citées précédemment. Ce qui explique ses utilisations dans la médecine traditionnelle contre des maladies de type Sida, cancers, leucémies, maladies auto-immunes, citées dans la littérature. Cependant, aucune étude scientifique n'a été réalisée sur le *Lepidium meyenii* walp. afin de vérifier son utilisation dans ces affections.

## 16) Relation entre la composition chimique et les activités pharmacologiques

Dans la littérature, la Maca a de nombreuses utilisations traditionnelles telles que : dans l'immunostimulation, dans le traitement des anémies, de la tuberculose, des troubles menstruels, des déséquilibres hormonaux, des symptômes de la ménopause, des cancers, de la stérilité, de l'impuissance. Elle est également utilisée pour augmenter l'endurance, la vitalité, les capacités intellectuelles et lutter contre la dépression.

La plupart des propriétés attribuées à la Maca sont basées sur des observations empiriques. Aucune étude à ce jour n'a été réalisée afin de déterminer lequel des nombreux composés biochimiques du *Lepidium meyenii* Walp. est responsable des effets observés sur le comportement sexuel.(10)

La composition chimique nous montre que la Maca contient de nombreuses molécules biologiquement actives telles que des alcaloïdes (avec les macamides), des tannins, des saponines, des stérols, ainsi que des isothiocyanates aromatiques dérivés de l'hydrolyse des glucosinolates, spécialement le p-méthylbenzyl isothiocyanate; qui aurait une activité "aphrodisiaque" et sur les fonctions sexuelles.(20)

La plupart des effets attribués à la Maca peuvent être dus en partie à l'importante valeur nutritionnelle de la racine. Le désir, et les performances sexuelles sont liés au bien être et à la santé. Une alimentation pauvre en vitamines et en minéraux peut affecter l'ensemble des fonctions du corps et donc des fonctions sexuelles. La consommation de nourriture possédant une importante valeur nutritionnelle, comme la Maca, augmente le métabolisme, favorise la santé et peut également augmenter les fonctions sexuelles.

---

## LE STATUT JURIDIQUE

---

Quel pourrait être le statut d'une "spécialité" à base de *Lepidium meyenii* Walp.?

Pour apporter une réponse possible, il faut faire référence aux dispositions du code de la Santé Publique, de la Pharmacopée Française X<sup>ème</sup> édition et de la Pharmacopée Européenne 3<sup>ème</sup> édition.

Font partie du monopole pharmaceutique et destinées à la vente en pharmacie "les plantes médicinales inscrites à la Pharmacopée sans réserve des dérogations établies par décret" (Art. L. 512 du code de la Santé Publique).

Ce décret indique que 32 plantes sont libérées du monopole pharmaceutique. Or *Lepidium meyenii* Walp. n'est pas inscrit à la Pharmacopée Française X<sup>ème</sup> édition, ni à la Pharmacopée Européenne 3<sup>ème</sup> édition. Cette plante échappe donc au monopole pharmaceutique.

Echappent également à ce monopole les plantes dites "condimentaires", "alimentaires" ou servant à la confection de "boissons hygiéniques". (53)

- Considéré à son origine, par certaines ethnies, comme un "légume" donc une "plante alimentaire" à part entière, le *Lepidium meyenii* Walp. pourrait être vendu à l'état frais, comme sur les marchés au Pérou.
- Mais transformé en extrait, poudre ou autres préparations, il ne fait plus partie des plantes "alimentaires", et pourrait être utilisé comme "complément alimentaire" selon le décret du 15 avril 1996 qui définit les compléments alimentaires comme "des produits destinés à être ingérés en complément de l'alimentation courante, afin de pallier l'insuffisance réelle ou supposée des apports journaliers".
- Cette plante ou ses extraits pourraient être considérés comme substances aromatisantes, mais ils ne figurent pas dans la liste des "substances aromatisantes et sources naturelles de matières aromatisantes" éditée par le conseil de l'Europe dans sa 3<sup>ème</sup> édition de 1981.

La Maca ne se trouve pas sur nos marchés (européens), du fait de l'interdiction par le gouvernement péruvien de l'exportation de la plante à l'état frais. Cependant, via Internet, ses produits dérivés sont commercialisés et peuvent être considérés comme "complément alimentaire".

---

## CONCLUSION

---

En France, un produit destiné à être ingéré peut être soit un médicament, soit un aliment. Le médicament relève de la réglementation pharmaceutique et doit bénéficier d'une AMM.

Aujourd'hui, de nombreuses compagnies fabriquent et vendent divers produits à base de Maca tels que : des boissons, des alcools, des farines, des gélules, des confiseries ou des toniques. Ces produits sont vendus sur les marchés et dans les drugstores au Pérou. Beaucoup de ces produits sont exportés à l'étranger ou disponibles dans le monde entier via Internet. Ils sont présentés en tant que compléments alimentaires, principalement pour augmenter "l'endurance et les capacités sexuelles".

La vente via Internet échappe à toute réglementation, et permet au grand public de se procurer des produits à base de Maca, sans aucun contrôle "d'identité" ni de "qualité" de la plante. Les compagnies commercialisant ces produits n'ont pas de statut pharmaceutique et ne sont donc pas soumises aux normes inhérentes à la production et à la vente des plantes médicinales.

Une étude réalisée par Genyi et al. (9), évaluant la quantité de glucosinolate contenu dans plusieurs produits commerciaux à base de Maca, montre l'absence de contrôle et d'informations sur la fabrication et la composition de ces produits.

La Maca ne fait pas partie de la Pharmacopée Française ni Européenne et aucun produit dérivé ne possède d'AMM. Les revendications concernant cette plante ne sont basées que sur des données empiriques et sur les quelques études présentées précédemment.

De nombreuses études doivent être menées afin de déterminer l'activité des constituants chimiques de la Maca. Certaines sont actuellement conduites au Pérou dans le but de démontrer l'utilité de la Maca dans le traitement des symptômes de la ménopause.

Le document présenté fait un état des lieux sur les connaissances actuelles du *Lepidium meyenii* Walp. et permet encore une fois de montrer une dérive commerciale vis à vis de laquelle les professionnels de la santé doivent être attentifs.

## ANNEXES


# Maca Magic™

**HERBS AMERICA'S™  
Homebase for  
MACA  
MAGIC™  
products and  
information.**



**Skip the info and  
BUY MACA at the  
Maca Mart Now!**

Retail, preferred  
customers,  
wholesalers and  
distributors  
purchase here  
Credit Cards  
Accepted

	<b>"FEEL THE POWER OF THE INCA!"</b>		
<a href="#">What is Maca &amp; What does it do?</a>	<a href="#">The Science behind the Talk</a>	<a href="#">Why Herbs America's Maca?</a>	<a href="#">The Magic Valley</a>
<a href="#">About our Growers</a>	<a href="#">Our Product Line</a>	<a href="#">Packing facilities</a>	<a href="#">About us</a>
<a href="#">Wholesale/distributor</a>	<a href="#">Affiliated Nursery</a>	<a href="#">Maca Forum</a>	<a href="#">Contact Us</a>

**Experience organically  
grown hypocotyl of  
LEPIDIUM PERUVIANUM,  
one of the most powerful  
primal foods on earth!**

## CELEBRATE!

Herbs America is proud to introduce an exclusive line of Peruvian Maca Root products called **MACA MAGIC™!**

Watered by natural rainfall, planted and harvested by hand, and never irradiated, we cultivate our Maca Root with the goal to co-create the purest, freshest, unadulterated MACA available on earth! We are now cultivating Maca Magic in Oregon, California, and in Peru's Magic Valley at 14,000 feet elevation, higher than any other cultivated crop in the world!

## OUR PRODUCT LINE

Maca Magic products effect changes in people's lives due to the amazing energy giving and mood elevating powers of the Maca Plant!

With over seven trademark Bio-enzymatic extracts, raw root powders, Maca Nectars, tablets, coffee products and more, our **ONLINE BUYING PORTAL CALLED THE MACA MART** offers the most comprehensive assemblage of Maca products available in the industry. **GO GET SOME MACA NOW!**

**In order to best serve our varied buyers needs, we offer 4 different pricing categories.** Learn about the different buying levels, discounts, specials, and more by visiting our **MACA MAGIC PRODUCTS PAGE** now and start GETTING SOME MACA TODAY!

## OUR PACKING FACILITIES

Maca Magic products are rapidly developing into some of the most exciting super foods to come on the herbal and homeopathic scene in years!

After the raw Maca Root is harvested from the Magic Valley, we begin the process of turning Maca Root into our high-powered super foods and Maca Magic products. We pioneered the development of MacaMagic™, Macanola™, Macafe™, Maca Malta™, Maquilla Sunrise™, Mountain Madness™ health spread, Nectar of the Inca™, MacaLight™ syrup, and are proud to introduce to the homeopathic market Maca Magic Express™ Extract.

To see how the roots are cleaned, sorted, ground, and blended into our various Maca Magic products, **COME VISIT OUR FACILITIES NOW!** Our packing facilities are located only a stone's throw from the fields where the root is grown! We make our product and ship them to you within hours of the harvest or grinding.

**ABOUT OUR COMPANY**

Our founders have been interested in developing various strains of tribal medicinal crops and super foods for twenty years. Working in more than thirty countries around the world we have introduced over 400 live food crops to North America and shipped them to dozens of countries on five continents. Using our USDA agricultural permits we were the first to introduce living Maca plants from Peru and cultivate live Maca Root in the USA In 1994.

In Peru we have partnered with a group of traditional master-growers, built our own chemical free facilities and are now excited to share Maca Magic products with you. WE BELIEVE THIS SUPER FOOD CAN IMPROVE YOUR LIFE AND WE WANT TO TELL YOU MORE ABOUT IT!

Find out **MORE ABOUT US** , our philosophy, and our amazing products by visiting our informative Herbs America bio page now.

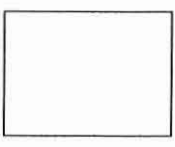
**THE MACA FORUM (COMING SOON...)**

**LISTEN TO THE PEOPLE, TELL IT TO THE PEOPLE!**  
Have you had a MACA MAGIC experience and want to express your feelings about it? Go for it in our MACA BULLETIN SECTION. All commentary about MACA and MACA MAGIC products can be expressed here, in an open forum, confidentially or not.

**CONTACT US TODAY!**  
**E-MAIL**

Telephone: 541-846-MACA (6222), **FAX:**  
**541-846-9488**

Postal contact in PERU: HERBS AMERICA- Jr. La Trinidad 190 Urb., Villa Jardin San Luis, Lima 30 PERU.  
Postal contact in USA: HERBS AMERICA- 1065 Messenger Rd., Grants Pass, Oregon USA 97527



Copyright 2000- 2001, HERBS AMERICA NETWORK.

# linda vida • ressources

En español, proximamente : **Todo sobre mi maca**, etc.

## La maca, le ginseng péruvien

La maca parvient à pousser à près de 4000 mètres d'altitude, là où quasiment aucune plante n'a la force de résister. Pour les incas déjà, c'était une plante sacrée, non seulement parce qu'elle semblait pouvoir vaincre les éléments (elle pousse au alentours des neiges éternelles !), mais aussi et surtout parce qu'elle détenait des propriétés déjà recherchées à l'époque : des effets aphrodisiaques. Il faut dire que ce modeste tubercule renferme un véritable concentré d'oligo-éléments, de minéraux et d'hormones naturelles, qui explique son efficacité sur la libido !

Au Pérou, où elle pousse à l'état sauvage, elle permet aux populations andines de mieux résister au froid. On l'emploie aussi pour lutter contre la stérilité et pour rééquilibrer les systèmes hormonaux (au moment de la ménopause par exemple). Une légende raconte que les conquistadores, quand ils sont arrivés dans les hauts plateaux des Andes, devinrent stériles, sans doute à cause du froid et de l'altitude. Les Andins eurent pitié d'eux et leur conseillèrent la maca. Ainsi tout rentra dans l'ordre !

### la maca chez nous

Les études scientifiques pratiquées avec la maca ont donné de tels résultats sur les prouesses sexuelles masculines (l'effet aphrodisiaque a été mesuré avec succès sur des souris et des rats) que le petit tubercule a vite été très demandé, aux Etats-Unis. Heureusement le gouvernement péruvien veille à ce que la plante ne soit pas exploitée sans mesure, au risque de disparaître. La commercialisation de la plante fraîche est interdite et la maca n'est exportée que sous forme de « farine », granulés ou gélules, avec un contrôle très strict de l'administration péruvienne. En France, on ne trouve de la maca que depuis quelques mois, sous forme de gélules, souvent en association avec l'éleuthérocoque, une plante surnommée, quant à elle, le « ginseng sibérien ». Les deux plantes ayant des indications très proches (faiblesse des défenses naturelles, fatigue, faiblesses sexuelles...), l'alliance est sans aucun doute judicieusement choisie.

---

## La maca, source d'hormones naturelles

La maca est restée pratiquement ignorée de tous jusqu'à ces dernières années. Seuls les pauvres paysans des hauts plateaux péruviens connaissaient ses formidables propriétés nutritives et médicinales. Jusqu'à ce que les chercheurs découvrent que cette petite racine est un formidable concentré d'hormones végétales.

Les scientifiques ont donné de la maca à des rats de laboratoire... qui se sont soudainement transformés en « chauds lapins ». Les expériences se sont multipliées : étudiants et scientifiques se sont proposés comme "cobayes humains". Et les constatations furent identiques : la maca augmente les capacités sexuelles et reproductives, au point qu'elle a été surnommée le ginseng andin. Mais il ne s'agit pas de comparer la racine du ginseng avec celle de la maca, car les deux plantes ont des principes actifs différents. Le ginseng est adaptogène, c'est-à-dire qu'il permet à l'organisme de s'adapter à une situation en puisant dans ses ressources. La maca, très riche en protéines, contient des glucosinolates, des acides aminés (lysine, méthionine, tryptophane), des oligo-éléments (fer, cuivre, zinc, sodium, potassium, calcium et iode), des alcaloïdes mais aussi des substances qui agissent directement sur les systèmes hormonaux de l'homme et de la femme.

La maca (*Lepidium meyenii*) est cultivée depuis des siècles sur les hauts plateaux de la Puna, au sud du Pérou, à partir de 4000 mètres d'altitude, là où ne pousse aucune autre plante alimentaire. De la famille des crucifères (comme le navet, le chou, la moutarde ou le radis), elle ne pousse qu'aux alentours des neiges éternelles, là où le froid est permanent et les gelées fréquentes. Dans ces terres inhospitalières, la racine se faufile entre les cailloux pour rechercher les nutriments dont elle a besoin. Mais elle profite de l'extraordinaire luminosité de ces régions. Semblable à une sorte de navet de 6 à 8 cm, la maca est un tubercule qui, selon les variétés, peut être jaune clair, beige, marron, rougeâtre. Il n'y a aucune différence de goût ou de composition chimique majeure liée à la couleur. Sa pulpe est blanche ou jaune. Les parties aériennes ressemblent à des feuilles de pissenlit, disposées en rosette. Le cycle de croissance de la maca est très particulier puisqu'elle ne forme des fleurs et ne se reproduit qu'à partir de la deuxième année. Difficile à cultiver en raison du froid, de la pression atmosphérique et du manque d'oxygène, cette plante qui a dû s'adapter à des conditions climatiques très particulières a failli disparaître. Pourtant, elle faisait partie de l'alimentation des populations locales.

### Une culture sacrée

Pour les incas, la maca, parce qu'elle prospérait dans les terrains les plus pauvres et qu'elle se gorgeait de soleil, ne pouvait être qu'une plante sacrée. Le fait qu'elle ait des propriétés nutritives et aphrodisiaques exceptionnelles ne pouvait que justifier sa consécration. La maca était, semble-t-il, la nourriture des messagers qui, jour et nuit, se relayaient dans tout le pays pour transmettre les ordres du Grand Inca. Aliment complet, la maca permet toujours aux populations andines de résister plus facilement au froid et aux agressions climatiques.

### Les indications de la maca

La maca, en complément alimentaire, est utilisée essentiellement pour :

- renforcer les défenses naturelles ;
- mieux résister au froid ;
- donner un coup de fouet en cas de fatigue physique ;
- résoudre certaines déficiences sexuelles masculines ;
- améliorer la fécondité de l'homme et de la femme ;
- lutter contre les effets de la ménopause (bouffées de chaleur, fatigue, problèmes de libido ou de mémoire, céphalées...).

### Comment trouver la maca ?

Actuellement, la maca est encore peu connue en France. On n'en trouve ni en pharmacies ni en boutiques diététiques. Elle est diffusée essentiellement par correspondance (ou sur Internet). Certainement d'ici quelques mois, comme beaucoup de plantes qui ont prouvé leur

efficacité, la maca sera vendue partout ! On trouve aussi la maca en association avec d'autres plantes, ce qui renforce son efficacité :

- problèmes de la ménopause : maca + soja + yam
- fatigue physique, sexuelle ou intellectuelle, problèmes immunitaires : maca + éléuthérocoque

Sophie Lacoste, B.S. Février 2001

#### Oligo-éléments

Comparaison entre la Maca et la Pomme de terre (elle aussi originaire des Andes)  
en mg pour 100 g de matière sèche

	Pomme	Maca de terre
Fer	16,6	0,8
Cuivre	5,7	0,7
Zinc	3,8	-
Sodium	18,7	6
Potassium	2050	54,3
Calcium	247	7
Phosphore	183	46

#### Impossible de la trouver fraîche

À l'export, la commercialisation de la maca fraîche est interdite par le gouvernement péruvien. Elle est donc vendue uniquement sous forme de farine, de granulés ou de gélules. La farine est obtenue par séchage au four puis passage dans un moulin. Cette plante fait partie officiellement du patrimoine péruvien. La culture, la récolte, la transformation et l'exportation sont très contrôlées par l'administration péruvienne pour éviter un trafic qui entraînerait la disparition de l'espèce ou appauvrirait les Indiens. La maca fait partie (avec le tribulus dont nous avons parlé dans un précédent numéro) des plantes redécouvertes récemment, connaissant un succès foudroyant outre-Atlantique et disponibles en France depuis quelques mois.

LINDA VIDA > [Accueil](#) . [Plantes](#) . [Ressources](#) . [Commande](#)





[Regreso](#)

MACA

Technical Index



**MACA (*Lepidium meyenii*  
(Walp)  
*Lepidium peruvianum* Chacon)**

**Common Name:**

Maca, Peruvian Ginseng

**Taxonomy:**

- Family: Cruciferae
- Genre: *Lepidium*
- Scientific name: *Lepidium meyenii* (Walp)/ *peruvianum* (Chacon) sp.nov

**Chemical composition:**

- Componentes: Proteins, Hidrolisable Carbohidrates, Minerals (Fe, P, Ca, Mg, Cu, Zn, Co) Vitamins (Vit C, B1, B2, B6, B12)
- Aminogram: Aspartic Acid, Glutamic Acid, Serine, Glicine, Arginine.
- Fat Acids: Palmitic Acid, Linoleic Acid, Saturate
- Fat Acid; Insaturated Fat Acid
- Steroids: Composterol Acetate, Sitosterol Acetate Alkaloids

**Botanical Description:**

Annual herbal plant, napiform root tuberous, strong consistence, with great contained of starch, rounded form of 4-7 cm length and 3-5cm diameter. Exists 4 ecotypes that varies in the color from light yellows, dark purple, pink-brown and pink-white this color is done by antocianines pigments. It grows in Peruvian Andes over 4000m over sea level.

**Maca finished products**

- [Maca \(cap/tab\)](#)
- [Maca with chocolate flavor](#)

**Therapeutiques properties**

Energy stimulant; Revitalizant and regulator. Traditionally used to regulate menstruation, to diminish symptoms pre and post menopausal, used to avoid bad nutrition; lost of memory, stress and fatigue. The principal properties of this plant is that it helps to increase fertility; and its wellknown aphrodisiac properties.

**Part plant used:**

Roots.



## maca lepidium meyenii

### Maca Lepidium Meyenii

Ce reconstituant puissant, revigorant et rajeunissant possède une action pédiatrique prouvée. Il stimule chez les adultes les activités vitales et la puissance sexuelle.

#### ● productos

#### ● fuentes

Experimentos científicos realizados.  
Lo que dicen los profesionales de la salud.  
Common questions & answers.

#### ● contacto

100 gélules - 144 F  
Extrait en poudre - 100 F

#### Prix • Acheter

Une boîte de 100 gélules  
144 F + 15 F de port  
soit 159 F

payable par chèque  
(et bientôt par carte de crédit)  
à 'Linda Vida'

Envoi dès réception de paiement

### Maca avec chocolat

NOUVEAU PRODUIT

#### **Dosage, fréquence et temps d'administration**

Personnes ayant une activité normale : 3 cuillerées par jour de Maca en poudre.  
Personnes ayant une activité intense physique ou mentale (sportifs, surcharge de travail, études, stress ou fatigue sexuelle) : 4 cuillerées par jour

Sachet de 350 grammes

#### **Pour 1 sachet**

100 F + 11 F de port  
soit 111 F

#### Acheter

### Café de maca

NOUVEAU PRODUIT

Sachet de 350 grammes

#### **Pour 1 sachet**

100 F + 11 F de port  
soit 111 F

#### Acheter

### Maca renforcée

*Un reconstituant exceptionnel tant pour l'activité physique que mentale et sexuelle. Il ralentit le vieillissement, l'altération de la peau et de tous nos organes.*

*Cette composition, 100% naturelle, comprend maca, soja, kiwicha, quinoa et polen.*

Prochainement

### Body power maca • polen

Traditionnellement utilisé comme supplément alimentaire (rétablit les énergies perdues, excellent composé vitaminique)

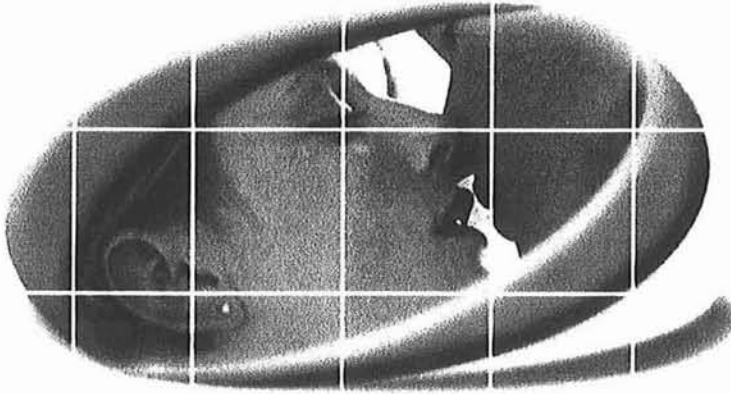
Posologie: de 3 à 6 gélules par jour après les repas.

Maca 240 mg, Polen 60 mg

100 Gélules

#### Prix

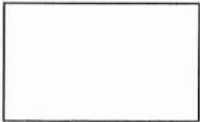
#### Commande



## Maca herbs for erectile dysfunction and impotence.



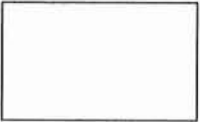
[home](#)



[is viagra safe?](#)



[order vimaca](#)



[F.A.Q](#)

**90 DAY  
MONEY-  
BACK  
GUARANTEE  
CLICK HERE  
FOR  
DETAILS  
FREE  
BOTTLE OF  
VITAMIN C  
W/  
PURCHASE  
OF 3  
BOTTLES  
OR MORE**

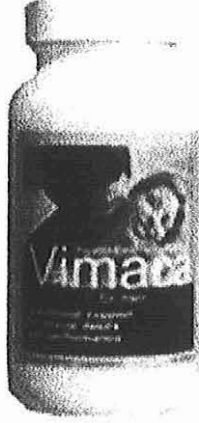
Erectile Dysfunction, commonly known as ED or impotence, is a widespread problem in the world today. In the United States alone, it is estimated that more than 30 million adult men suffer from Erectile Dysfunction, the inability to maintain an erection necessary to permit a full, complete and satisfying sexual experience. About 50 percent of all men between the ages of 40 and 70 suffer from the effects of ED in varying degrees of severity.

Erectile Dysfunction, the medical term for male impotence, has gone mainstream. No longer is it an unspoken, taboo subject. It is now discussed frequently in prime time on radio and television as America and the rest of the world wakes up to the fact that impotence is not someone else's problem.



Impotence can have very serious effects on the life of the sufferer. Sex is one of the best stress busters ever discovered my man. When we are not able to perform sexually the impact on our lives can be strong. Resentments from our partner, anger, misunderstanding, and additional stress compound to make the problem even worse. Sexual depression is a widespread concern. Anyone who struggles with this issue is aware of the devastating effects it can have on you and your partner.

In the last few years, Viagra, a medicine developed by Pfizer Labs, has been touted as the end-all solution to male impotence. But Viagra is far from a miracle cure. The action of taking a pill and waiting an hour for the erection may seem like a solution to the problem, but it is an illusion. Impotence is a whole body and mind ailment that requires a healthy global solution. While Viagra will make the penis erect, it does nothing to enhance the libido, our natural instinctive desire for sex. And the side effects can be bothersome and even dangerous



**Free bottle of  
Vitamin C with  
purchase of 3 or  
more bottles!**

[order now!](#)

Vimaca, an all-natural, herbal wonder, is providing relief to countless men the world over. This safe, effective alternative supplement, whose primary component is the sex-enhancing herbal success Maca, provides nutritional support, enhanced sexual desire and a dramatic improvement in sexual performance for men worldwide. This all-natural formula has been shown to improve sexual potency, increase libido, and enhance energy and endurance levels.

[home](#) | [is viagra safe?](#) | [F.A.Q](#) | [order](#)

**maca herbal solutions for impotence and  
erectile dysfunction  
[info@maca-impotence-erectile-dysfunction-  
herb.com](mailto:info@maca-impotence-erectile-dysfunction-herb.com)**

## BIBLIOGRAPHIE



1. **Quiros C.F., Esperson A, Hu J, Holle M.**  
Physiological studies and determination of chromosome number in Maca, *Lepidium meyenii*.  
Eco. Botany, 1996, 50, (2), 216-223
2. **Girault L.**  
Guerisseurs itinerant des Andes. Recherches sur les pratiques médicinales et magiques.  
Paris : éd. De l'ORSTOM, 1984, -668p
3. **Crete P.**  
Précis de Botanique, Tome II, Systématique des Angiospermes.  
Paris : éd. Masson, 1965.-429p
4. **Guignard J.-L.**  
Abrégés, Botanique, 9<sup>e</sup> éd.  
Paris : éd. Masson, 1994, -276p
5. **Deysson G.**  
Cours de Botanique générale, Tome II  
Organisation et classification des plantes vasculaires, deuxième partie : Systématique.  
Paris : éd. Sedes, 1964, -251p
6. **Gausсен H., Leroy J.F., Ozenda P.**  
Précis de Botanique 2<sup>e</sup> éd.  
Tome II Végétaux supérieurs  
Paris : éd. Masson, 1982, -579p
7. **Bois D.**  
Les légumes. Les plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les âges.  
Paris : éd. Comedit, 1995, -593p
8. **Dini A, Migliuolo G, Rastnelli L, Satunino P, Schttino O.**  
Chemical composition of *Lepidium meyenii*.  
Food Chemistry, 1994, 49, (4), 347-349
9. **Li GY, Ammerman U, Quiros CF.**  
Glucosinolate contents in maca (*Lepidium peruvianum Chacon*) seeds, sprouts, mature plants and several derived commercial products  
Eco. Botany, Apr.Juin 2001, 55, (2), 255-262
10. **A.F.G. Cicero, E. Bandieri, R. Arletti**  
*Lepidium meyenii* Walp. Improves sexual behaviour in male rats independently from its action on spontaneous locomotor activity.  
J. of Ethnopharmacology, May 2001, 75, (2-3), 225-229
11. **Bo Lin Zeng et al**  
Effect of a lipidic extract from *Lepidium meyenii* on sexual behavior in mice and rats.  
Urology, Apr.2000, 55, (4), 598-602

12. **Gonzales GF, Ruiz A, Gonzales C, Villegas L, Cordova A**  
Effect of *Lepidium meyenii* ( Maca ) roots on spermatogenesis of male rats.  
Asian J Androl, Sep.2001, 3, (3), 231-233
13. **Canales M, Anguilar J, Prada A, Marcelo A, Huaman C, Carabajal L**  
Nutritional evaluation of *Lepidium meyenii* (MACA) in albino mice and their descendants  
Arch. Latinoam Nutr, Juin 2000, 50, (2), p126-133
14. **Rea J., Bermejo J.E., Leon J.**  
Neglected Crops : 1492 from a different perspective.  
Rome, 1994, Plant production and protection series No.26.FAO, p165-179
15. **National Research Council.**  
Lost crops of the Inca. Little known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation.  
Washington, DC, National Academy Press, 1989, -428p
16. **Léon J.**  
The "maca" (*Lepidium meyenii*), A little known food plant of Peru.  
Econ. Botaniy, 1964, 18, p122-127
17. **Comas M., Miquel X., Arias G., M.C. de la Torre.**  
Estudio bromatologico de la maca o paca (*Lepidium meyenii*).  
Alimentaria, 1997, 35, (286), p 85-90
18. **Pailieux A., Bois D.**  
Le potager d'un curieux.  
Librairie agricole de la maison rustique, 1899, -678p
19. **King SR,**  
Tubers from the Andes : extinction or propagation.  
Garden, 1986, 10, (6), p6-11
20. **Johns T.**  
The anu and the maca.  
J. ethnobiology, 1981, 1, p208-212
21. **Chacon R.C.**  
"Estudio fitoquimico de *Lepidium meyenii* Walp.",  
Thèse d'université nationale, Mayor de San Marcos, Lima, Perou, 1961, -43p
22. **Zheng, Bo Lin et al.**  
Extract of *lepidium meyenii* roots for pharmaceutical applications.  
Pure World Botanicals, March 3, 1999, United States Patent: 6,267,995
23. **Aguilar J. et al.**  
Evaluacion nutricional y evaluacion de toxicidad de *Lepidium meyenii* en ratones albinos.  
Curso Taller Internacional sobre Maca: cultivo, aprovechamiento y conservation, 20-24 julio, 1999,  
Lima, Pérou.
24. **Schnell R.**  
La flore et la végétation de l'Amérique tropicale. Tome II  
Paris : éd. Masson, 1987, -448p
25. **Antonsen F., Johnsson A.**  
Effects of microgravity on the growth of *Lepidium* roots.  
J. Gravit Physiol., oct 1998, 5, (2), p13-21

- 26. Guignard J.L.**  
Abrégés, Biochimie végétale.  
Paris : éd. Masson, 1996, 255p.
- 27. Bruneton J.**  
Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. 3<sup>e</sup> éd.  
Paris : éd. Tec & Doc, 1999, 1120p.
- 28. Riboli E., Decloître F., Collet-Ribbing C.**  
Alimentation et cancer, évaluation des données scientifiques.  
Paris : éd. Tec & Doc, 1996, 534p.
- 29. Wattenberg LW.**  
Inhibition of carcinogen-induced neoplasia by sodium cyanate, tert-butyl isocyanate, and benzyl isothiocyanate administered subsequent to carcinogen exposure.  
Cancer Research, 1981, 41, (8), p2991-2994
- 30. Jed W. Fahey, Yuesheng Zhang, Paul Talalay.**  
Broccoli sprouts: An exceptionally rich source of inducers of enzymes that protect against chemical carcinogens.  
Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 1997, 94, p10367-10372
- 31. Zhang Y., Talalay P.**  
Mechanism of differential potencies of isothiocyanates as inducers of anticarcinogenic Phase 2 enzymes.  
Cancer Res., 1998, 58, (20), p4632-4639
- 32. Zhang Y.**  
Molecular mechanism of rapid cellular accumulation of anticarcinogenic isothiocyanates.  
Carcinogenesis, 2001, 22, (3), p425-431
- 33. Zhang Y., Talalay P.**  
Anticarcinogenic activities of organic isothiocyanates : chemistry and mechanisms.  
Cancer Research, 1994, 54, (Suppl.), p1976-1981
- 34. Hecht SS.**  
Inhibition of carcinogenesis by isothiocyanates.  
Drug Metab. Rev., 2000, 32, (3-4), p395-411
- 35. Yi-Rong Chen, W. Wang, A.N.Tony Kong, Tse-Hua Tan.**  
Molecular mechanisms of c-Jun N-terminal Kinase-mediated Apoptosis Induced by Anticarcinogenic Isothiocyanates.  
J. Biol. Chem., 1998, 273, p1769-1775
- 36. Rose DP., Connolly JM., Liu XH.**  
Effects of linoleic acid on the growth and metastasis of two human breast cancer cell lines in nude mice and the invasive capacity of these cell lines in vitro.  
Cancer Research, 1994, 54, (24), p6557-6562
- 37. Cronquist A.**  
The Evolution and Classification of Flowering plants.  
Bronx, New York : éd. The New York Botanical Garden, 1988, -555p
- 38. Mabberley D.J.**  
The plant Book, 2<sup>e</sup> éd.  
Cambridge University Press, 1997, -858p
- 39. Rea J., Bermejo J.E., Leon J.**  
Neglected Crops : 1492 from a different perspective.  
Rome, 1994, Plant production and protection series No.26.FAO, p149-163

40. **J. Toledo, et al.**  
Genetic variability of *Lepidium meyenii* and other Andean *Lepidium* species (Brassicaceae) assessed by molecular markers.  
Annals of Botany, 1998, 82, p523-530
41. **P. Fournier,**  
Le livre des plantes médicinales et vénéneuses de France. Tome III  
Paris : éd. Paul Lechevalier, 1948, -636p
42. **Maillet M.**  
Histologie des organes, PCEM2 cours  
Paris : éd. Academic press, Etudes Vivantes, 1980, 279p
43. **Carlos F. Quiros, A. Epperson, J. Hu, M. Holle**  
Physiological studies and determination of chromosome number in Maca.  
Economic Botany, 1996, 50, (2), p216-223
53. **P. Deprez, JC. André**  
Compléments alimentaires et aliments santé. Pratique juridique.  
Paris : éd Tec & Doc,



## Sites Internet utilisés.

44. [http:// www.macamagic.com/](http://www.macamagic.com/)
45. <http://www.macasource.com/>
46. <http://www.peruviannature.com/matpring/maca/macaingl.html>
47. <http://www.ethnohealth.com/esp/mca/mcaref.html>
48. <http://www.amazonmedicines.com/database/maca.html>
49. <http://www.rain-tree.com/maca.html>
50. <http://www.mamut.com/maca>
51. <http://www.discoveryespagnol.com/>
52. <http://www.club-internet.fr/encyclopedie/perou>



## DEMANDE D'IMPRIMATUR

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR  
EN PHAMACIE

Présenté par Ludovic DROUET

Sujet :Contribution à l'étude du *Lepidium meyenii*  
(La Maca)Jury :

Président : François MORTIER, professeur

Juges : Françoise HINZELIN, maître de conférences  
Jérôme GOULET, pharmacien

Vu,

Nancy, le 13 Décembre 2001

Le Président du jury et Directeur de Thèse

*M. François MORTIER, Professeur*

Vu et approuvé,

Nancy, le 19 décembre 2001

Doyen de la Faculté de Pharmacie  
de l'Université Henri Poincaré - Nancy 1,

  
Chantal FINANCE

Vu,

Nancy, le 21 décembre 2001  
n° 1237

Le Président de l'Université Henri Poincaré - Nancy 1,

  
Claude BURLET



N° d'identification : 1237 PH Nancy 02 n° 6

2002 NANCY 2006

Contribution à l'étude du *Lepidium meyenii*. (la Maca)

Soutenue le 24 janvier 2002  
Par DROUET Ludovic

RESUME :

La Maca parvient à pousser à près de 4000 mètres d'altitude, là où quasiment aucune plante n'a la force de résister. Pour les Incas déjà, c'était une plante sacrée, non seulement parce qu'elle semblait pouvoir vaincre les éléments (elle pousse aux alentours des neiges éternelles !), mais aussi et surtout parce qu'elle détenait des propriétés déjà recherchées à l'époque : des effets aphrodisiaques.

La maca (*Lepidium meyenii*) est cultivée depuis des siècles sur les hauts plateaux de la puna, au sud du Pérou, à partir de 3500 mètres d'altitude. De la famille des crucifères (comme le navet, le chou, la moutarde ou le radis), elle pousse là où le froid est permanent et les gelées fréquentes. Dans ces terres inhospitalières, la racine se faufile entre les cailloux pour rechercher les nutriments dont elle a besoin.

La Maca, très riche en protéines, contient des glucosinolates, des acides aminés (lysine, méthionine, tryptophane), des oligo-éléments (fer, cuivre, zinc, sodium, potassium, calcium et iode), des alcaloïdes et aussi des stéroïdes.

Les études scientifiques pratiquées avec la Maca ont donné de tels résultats sur les prouesses sexuelles masculines (l'effet aphrodisiaque a été mesuré avec succès sur des souris et des rats) que le petit tubercule a vite été très demandé, aux Etats-Unis. Heureusement le gouvernement péruvien veille à ce que la plante ne soit pas exploitée sans mesure, au risque de disparaître. La Maca est restée pratiquement ignorée de tous jusqu'à ces dernières années. Seuls les pauvres paysans des hauts plateaux péruviens connaissaient ses formidables propriétés nutritives et médicinales.

MOTS CLES : *Lepidium meyenii* Walp. - *Lepidium peruvianum* Chacon - Maca - Brassicacées

Directeur de thèse	Intitulé du laboratoire	Nature
Professeur François MORTIER	Pharmacognosie	Expérimentale <b><u>Bibliographique</u></b> Thème

Thèmes

1- Sciences fondamentales  
3- Médicament  
5- Biologie

2- Hygiène - Environnement  
**4- Alimentation - Nutrition**  
6- Pratique professionnelle