

L'EXTRACTION DES PROTEINES ALIMENTAIRES

Méthodes, propriétés et utilisations des concentrats et isolats protéiques

Denis LORIENT

ENS - BANA - Campus Universitaire 21100 Dijon (France)

1. INTRODUCTION : Buts et objectifs poursuivis

Jusqu'à ces dernières années, il apparaissait exceptionnel d'extraire des protéines à usage alimentaire; seules les molécules douées de propriétés pharmacologiques ou à activités enzymatiques ou hormonales subissaient des traitements d'extraction et de purification.

Alors que certains constituants alimentaires glucidiques ou lipidiques obtenus à l'état pur pour un usage courant (saccharose, huile, margarine,...) sont utilisés depuis longtemps par les consommateurs, il existe encore chez ceux-ci une réticence pour consommer des concentrés protéiques. Il semble cependant qu'avec les progrès récents réalisés dans le fractionnement des protéines, l'élaboration d'extraits protéiques d'excellente qualité ne se heurte plus aux obstacles techniques liés à la complexité et à la fragilité de ces molécules; de plus, on tend actuellement vers une amélioration des circuits de production des produits protéiques.

Les buts poursuivis lors de l'extraction des protéines peuvent être d'ordre nutritionnel, fonctionnel, organoleptique ou économique.

a. L'amélioration de la valeur nutritionnelle peut être obtenue par l'élimination de substances toxiques ou trop fortement associées aux protéines: extraction des protéines végétales trop fortement liées à des substances peu digestibles (cellulose, polyphénols..)

pour les monogastriques, élimination de substances antinutritionnelles (trypsine inhibiteur du soja, substances goitrigènes des tourteaux de colza, gossypol du tourteau de coton...).

b. L'amélioration des caractères organoleptiques résulte de l'élimination pendant l'extraction, de pigments (décoloration du cruor, des protéines de végétaux chlorophylliens) et d'arômes (désodorisation, désamérisation...). L'amélioration des propriétés fonctionnelles provient souvent de l'enrichissement protéique proprement dit et du changement des conditions de milieu par élimination de certains constituants indésirables (sels, lipides...). Ce but est d'autant plus important que des besoins nouveaux en produits alimentaires intermédiaires à fonctionnalité bien définie sont apparus récemment: analogues de viande élaborés à partir de protéines végétales, produits imitation...

c. La valorisation de productions alimentaires traditionnelles devenues peu rentables, car trop consommées par les animaux et pas assez par l'homme, est devenue une nécessité; il est indispensable de mieux utiliser certains poissons et les protéines végétales de façon à limiter la consommation de protéines animales provenant du circuit long et coûteux de l'élevage. (Figure 1).

d. La valorisation des sous produits de l'industrie (laiteries, abattoirs, amidonneries, féculeries, brasseries, sucreries, distilleries) répond, à la fois au souci de récupérer des protéines nobles (lactosérum, par exemple) et de limiter les risques de pollution de l'environnement.

2. METHODES D'EXTRACTION

Comparées aux autres constituants organiques, les protéines paraissent très complexes de par leurs structures, leur

hétérogénéité et leur engagement dans des associations très stables avec d'autres biopolymères de la cellule, ce qui limite les rendements d'extraction.

De plus, leur structure native est très difficile à maintenir après isolement ce qui risque de leur faire perdre leurs propriétés nutritionnelles et fonctionnelles; ainsi, la solubilité (premier critère de dénaturation) d'une même protéine varie selon les modes d'extraction.

2.1. Aptitudes des protéines à l'extraction: état de la protéine

Plusieurs facteurs interviennent:

- Hétérogénéité

Dans une même matière première peuvent coexister des formes solubles facilement entraînables à l'eau (albumines, globulines...), des formes insolubles très structurées (protéines myofibrillaires), des formes insolubles fortement engagées dans des structures polysaccharidiques (hémicelluloses), azotées (tanins).., lipidiques oxydés ou des pigments, d'où la nécessité d'utiliser des traitements mécaniques, dissociants.

En outre, même pour les protéines solubles que l'on désire purifier par précipitation isoélectrique (obtention d'isolats de soja), il existe une dispersion des pHi qui oblige à choisir un pH moyen de précipitation; on peut faire la même observation à propos des différentes températures de dénaturation thermique (cas des protéines de lactosérum dont l'ordre de dénaturabilité croissante est le suivant: protéose petone, α -lactalbumine, β -lactoglobuline)

- Dénaturabilité: altération de la structure spatiale

Elle se manifeste par une perte de solubilité et est provoquée par 3 facteurs: modification du pH, action de la température,

modification¹ de la force ionique. La précipitation est souvent irréversible (cas de la θ_0°) et provoque la formation de tectures variables avec le pH de précipitation.

- Taille et forme moléculaire

Ce critère est utilisable en ultrafiltration, filtration sur gel, mais seulement lorsque les protéines sont les seules macromolécules: ce procédé est surtout applicable aux protéines animales (lactosérum, sang...) et rarement aux protéines végétales qui sont souvent mélangées à des polysaccharides ou d'autres polymères (lignine, pectines..).

- Polarité

Elle dépend de la proportion de groupes polaires ionisés (COO^- , NH_3^+ ..) ou non (-OH, SH..) par rapport aux groupes apolaires hydrophobes (chaînes hydrocarbonée aliphatique ou cyclique..); leur disponibilité dépend aussi de la structure spatiale (protéines globulaires souvent les plus hydrophobes). La séparation en fonction de ce critère est réalisée par des précipitations à différentes forces ioniques ou à différents pH.

- Pouvoir de fixation sur des sites chargés de polymères solides
(résine, silice, verre...)

La charge dépend du pHi de la protéine et du pH du milieu (caractère amphotère). L'échange d'ion (anion ou cation) suivi d'une élution avec ou sans gradient de pH de force ionique permet l'extraction et le fractionnement sélectif des protéines (lactosérum, sang...).

2.2. Nature et forme des extraits obtenus

Selon l'usage qu'on veut en faire et les méthodes

utilisées, la concentration des produits finis en protéines peut varier de 15 à 20% (viandes séparées mécaniquement) à 90 % (isolats de soja, caséinates).

Selon des niveaux de pureté croissants, on distingue: farines 70%, concentrats 70 - 85%, isolats 85%. (Figure 2).

Cette distinction selon la teneur en protéine masque des différences d'ordre technologique:

- les isolats proviennent d'un isolement spécifique
- les farines et concentrats résultent d'un simple enrichissement par élimination de substances indésirables (amidon, lipides, eau...); dans le cas des concentrats on élimine en plus, des sucres, des sels minéraux ou de l'azote non protéique.

2.3. Méthodes d'extraction proprement dites

On distingue les méthodes d'enrichissement protéique (négatives) des méthodes d'isolement (positives).

2.3.1. Méthodes d'enrichissement (négatives)

Quatre étapes sont habituellement adoptées: (Figure 3)

a. Dispersion des différents éléments de façon à faciliter les opérations de fractionnement par traitements mécaniques: concassage, agitation, broyage, hachage, pulvérisation, mouture. On désire provoquer une augmentation du rapport surface/volume.

b. Traitement thermique (50 à 140°C pour des durées variables). Cette opération prépare et facilite la séparation par:

- fluidification d'une phase (fonte des graisses...)
- solidification d'une phase (coagulation des protéines par thermodénaturation des protéines...).

- déshydratation: élimination de l'eau (concentration) facilitant l'élimination des lipides.

Cette opération permet, en outre, une stérilisation.

c. Extraction proprement dite de la phase solide contenant les protéines et élimination de la phase liquide contenant eau et lipides fondus. On utilise des presses ou des centrifugeuses.

d. Séchage pour éliminer l'humidité résiduelle et extraction des lipides résiduels par extraction solide-liquide.

Nota

La séparation peut se faire directement sur la phase pulvérulente par le procédé de turboséparation (air classification):

- elle est utilisée dans l'enrichissement protéique des farines de fèves.

- les concentrats par rapport aux farines exigent une délipidation totale car les lipides résiduels oxydés sont responsables d'interactions protéines-lipides oxydés (insolubles) qu'on rencontre dans les farines de poisson, surtout.

Plusieurs systèmes d'extraction sont utilisés:

- hexane + acétate d'éthyle + isopropanol (procédé marocain)

- éthanol à 95% (procédé chilien)

- hexane seul pour lipides (péruvien) ou avec éthanol (extraction des odeurs).

Pour le poisson l'isopropanol est souvent choisi à cause de sa faible action dénaturante et de son coût.

2.3.2. Méthodes d'isolement (positives)

L'isolement des protéines de légumineuses et en particulier de soja est déjà réalisé au stade industriel. Parmi les protéines animales, seules celles du lait ou du lactosérum subissent déjà un "cracking" pour la confection de protéines soit très pures (caséinates) ou associées à des sels ou à du lactose résiduel. Les protéines de poisson sont parfois extraites en isolats alors que celles de la viande sont rarement purifiées.

L'isolement consiste après mise en solution en une extraction de la protéine,

- . soit par précipitation et extraction solide/liquide
- . soit par filtration en fonction de la taille moléculaire
- . soit par fixation sur un support "actif" puis élution

Ces méthodes sont plus sélectives (meilleur rendement) et moins dénaturantes; cependant, elles éliminent une quantité plus importante de sous produits... qui doivent alors être valorisés !

Trois paramètres doivent être pris en considération:

- . le rendement :

$$r = \frac{\text{masse de protéines extraites}}{\text{masse de protéines à extraire}}$$

souvent plus faible dans les protéines végétales sauf pour le soja qui renferme des globulines solubles.

- . La sélectivité caractérisée par le degré de pureté et d'homogénéité: elle est rarement recherchée en industrie alimentaire.

- . Coût d'extraction dépendant:

- .. de la vitesse: masse de protéines/unité de temps
- .. de la concentration de l'extrait

Rendement et sélectivité sont souvent inconciliables. Comme les protéines sont rarement directement solubles (20% dans le cas du poisson), le rendement ne pourra être amélioré que si on accroît la solubilisation par voie chimique ou enzymatique.

a. Mise en solution par voie chimique

Quatre facteurs au moins interviennent simultanément dans la solubilisation: pH, force ionique, température, présence de Ca^{++} .

- . pH: la solubilité est minimale au pHi (entre 4,5 et 6 en général) On préfère les pH alcalins car les maximums de solubilité sont plus élevés qu'en milieu acide et plus proches de la neutralité; cependant, à partir de pH 9, ils provoquent une racémisation des acides aminés, la formation de ponts covalents intra ou inter moléculaires rendant la protéine moins digestible.
- . Force ionique: cet effet est marqué surtout à pH neutre ou proche du pHi. Aux pH extrêmes, l'augmentation de force ionique ferait plutôt baisser la solubilité.
- . Température: les températures basses sont préférées car peu dénaturantes et défavorables aux développements microbiens. Lorsque les protéines sont peu dénaturables, l'extraction à haute température peut être rentable et sélective (protéines d'os extraites à 90°C sans entraînement du collagène). En général l'effet des 2 premiers facteurs est représenté dans des graphiques à 3 dimensions.

Nota

Dans le choix de ces conditions on doit tenir compte du type de procédés utilisés pour la récupération; s'il s'agit d'une précipitation isoélectrique, l'ajustage de pH entraîne la formation, parfois importante, de sels et risque de perturber la précipitation

elle-même (solubilité améliorée par les sels au pHi). S'il s'agit d'échange d'ions ou de filtration sur gel, on cherchera à éviter les dilutions et à adapter le pH aux contraintes imposées par les supports.

b. Mise en solution par voie enzymatique

C'est une méthode assez coûteuse, intéressante pour solubiliser les protéines de poisson ou les protéines végétales, mais elle serait valable si l'hydrolyse était limitée. En fait, on obtient des hydrolysats aux goûts parfois amers très solubles et dont il est difficile d'éliminer les autres constituants solubles; les enzymes résiduels doivent être, par ailleurs recyclés.

c. Purification - récupération des protéines solubles par précipitation.

. Précipitation enzymatique

La coagulation du lait par la présure est une étape de purification de caséinate sous forme de caillé de fromagerie. La phase liquide exsude spontanément après tranchage lors de l'égouttage. La coagulation du sang par la thrombine est également une séparation spontanée des hématies du sérum liquide, par formation d'un réseau de fibrine.

. Précipitation isoélectrique des protéines dénaturées

Une protéine préalablement dénaturée (par traitement thermique ou acide) précipite presque quantitativement au pHi. Cette précipitation aura un rendement variable selon les prétraitements éventuellement appliqués (électrodialyse, ultrafiltration...). Ce procédé est classiquement utilisé pour la récupération de protéines du lactosérum et leur réincorporation dans le caillé de fromagerie (procédé Centriwhey Alfa-Laval).

D'autres types de dénaturation, autres que thermiques, peuvent être appliquées: alcool (soja), acide (caséine).

Les précipitations après dénaturation thermique donnent des produits aux propriétés fonctionnelles parfois médiocres sauf si certains prétraitements sont appliqués.

. Coprécipitation avec différents agents adsorbants puis élution de la protéine du support

Elle nécessite une:

- . utilisation à toutes les concentrations de protéines
- . une récupération possible
- . et aucun traitement ultérieur du produit

Divers agents de précipitation peuvent être utilisés: (Tableau 1).

. L'hexametaphosphate précipite plus de 90% des protéines du lactosérum si on applique une déminéralisation préalable à pH 3; il est ensuite nécessaire d'éliminer les phosphates par échange d'ions, filtration sur gel ou solubilisation à pH 3.

. Le polyéthylène glycol peut être utilisé pour fractionner les protéines du sang à différents pH (4,6; 6 et 7) et avec des poids moléculaires allant de 6000 à 20 000.

. L'acide polyacrylique permet d'obtenir à partir de lactosérum un concentré protéique aux propriétés similaires à celles du blanc d'oeuf. Les protéines sont d'abord précipitées à pH 4 en présence d'acide polyacrylique, puis après solubilisation à pH 6,5 on élimine l'acide par le carbonate de magnésium.

. D'autres agents de précipitation ont été essayés à l'échelle du laboratoire: Bentonite, Chitosane, Chlorure ferrique, Lignosulfonates.

d. Purification par ultrafiltration

Cette technique permet de séparer les macromolécules selon leur taille par une membrane semi perméable (tamisage moléculaire).

On obtient deux phases:

. Le rétentat contenant les macromolécules retenues et à l'état plus ou moins concentré.

. Le perméat constitué d'une grande partie de la phase aqueuse et des petites molécules (sucres simples, sels..). Il faut noter que ces petites molécules sont à la même concentration dans le rétentat, le perméat et le milieu d'alimentation soumis à l'ultrafiltration.

Selon la porosité de la membrane, il est possible d'opérer en:

. Microfiltration : très grosses molécules retenues pouvant constituer une couche de polarisation jouant un rôle ultrafiltrant (utilisation de membranes en alumine type CEREVER ou en acétate de cellulose).

. Ultrafiltration: macromolécules (PM allant de 10 000 à plusieurs centaines de mille) retenues et pouvant être modifiées: membranes organiques (ABCOR, ROMICON) ou minérales en oxyde de zirconium (SFEC) ou alumine (CEREVER).

Différentes configurations géométriques peuvent être adoptées:

- . plane : Rhône Poulenc, Pasilac
- . tubulaire : SFEC, ABCOR, CEREVER
- . fibre creuse: ROMICON
- . spirale : ABCOR

Le débit de l'ultrafiltration dépend de nombreux facteurs d'autant plus complexes que des interactions entre protéines et supports filtrants peuvent intervenir.

Le facteur limitant est le taux de concentration volumique du rétentat.

(x = rapport des volumes rétentat/initial).

L'ultrafiltration a un effet de purification et le degré de pureté du rétentat en protéines est donné par:

π_0 = pureté initiale des protéines avant ultrafiltration.

$$\pi = \frac{x \cdot \pi_0}{(x - 1) \pi_0 + 1}$$

L'effet de polarisation des protéines limite la concentration en extrait sec total du rétentat à environ 25 - 30%. Pour poursuivre l'opération, on est amené à diluer avec de l'eau (opération de diafiltration: débit d'eau = débit de perméat).

Si on utilise l'ultrafiltration dans un but de purification, il faut:

- que les méthodes de précipitation ne conviennent pas
- que l'extrait ne contienne pas de macromolécules non protéïques, ce qui limite l'utilisation au lactosérum, au sang ou aux isolats végétaux
- que l'extrait sec soit pauvre en peptides et acides aminés, ce qui exclut les hydrolysats.

Enfin, si on désire n' éliminer que l'eau, on utilise des membranes à très faible porosité: c'est l'osmose inverse,

technique encore chère et peu utilisable à grande échelle en Industrie Alimentaire.

e. Purification par chromatographie d'échange d'ions

Deux procédés sont actuellement utilisables à l'échelle industrielle:

. Le procédé Vistec qui utilise des celluloses échangeuses d'anions faibles (DEAE).

. Le procédé Sphérosil (Figure 4) qui utilise comme support une silice greffée par des groupes échangeurs d'anions ou de cations forts ou faibles. C'est la seule technique suffisamment sélective qui permette une séparation fine des fractions protéïques. (Tableau 2).

L'inconvénient majeur réside dans:

. La contamination de l'éluat par des ions qu'il faut éliminer par traitements d'évaporation, de concentration et de séchage souvent dénaturants.

. La nécessité dans le cas d'échantillons à pH neutre d'utiliser 2 échangeurs successifs (cas du lactosérum doux).

3. APPLICATIONS AUX PRINCIPALES SOURCES DE PROTEINES

3.1. Protéïnes animales

3.1.1. Protéïnes myofibrillaires (Figure 5)

L'extraction est peu réalisée sur les viandes sauf pour des sous-produits,; de plus, il est difficile d'obtenir des concentrats de qualité du fait de la grande oxydabilité de la myoglobine et de sa grande sensibilité au brunissement.

En ce qui concerne les poissons, les farines sont souvent très insolubles si une délipidation efficace n'a pas été effectuée. Une bonne valorisation des poissons peu consommés à l'état frais passe par la confection de concentrés tels que le surimi (Figure); il s'agit d'une pâte insipide, inodore, très visqueuse et élastique mais instable à la congélation en absence de cryoprotecteurs tels que le sorbitol ou le glucose. Par une texturation telle que le filage il est possible d'obtenir des analogues de chair de crustacés.

3.1.2. Sang et cinquième quartier (Figure 6)

Le sang peut être valorisé après centrifugation sous forme de plasma utilisé en alimentation animale ou de cruor; dans ce cas, une décoloration de celui-ci est nécessaire de façon à produire une globine blanche douée de propriétés émulsifiantes et moussantes et utilisable aussi bien en alimentation animale qu'humaine.

3.1.3. Protéïnes du lait

- Caséïnes et caséïnates (Figure 7)

Leurs excellentes propriétés émulsifiantes et liantes sont exploitées pour des utilisations alimentaires (charcuterie, plats cuisinés...) et non alimentaires (colles, glues...). Leur isolement peut être obtenu par acidification jusqu'à pH 4,6 par un acide minéral (HCL, H₂SO₄..) ou organique (fermentation lactique) ou par coagulation par la présure (caséïnate de calcium). Si le lait a été préalablement chauffé une partie du précipité provient de protéïnes dénaturées de lactosérum.

- Protéïnes de lactosérum de fromagerie ou de caséïnerie

Les protéïnes peuvent être récupérées par plusieurs techniques (ultrafiltration, échange d'ions, thermocoagulation...).

Selon la méthode retenue et le prétraitement appliqué (chauffage, déminéralisation par électrodialyse, ultrafiltration associée au chauffage...) on obtient toute une gamme de concentrés protéïques aux propriétés fonctionnelles très variées. Ceux-ci peuvent aussi accroître les rendements fromagers (procédé Centri Whey) ou enrichir des préparations à base de céréales déficientes en certains acides aminés essentiels (tortilla à base de maïs: figure 8).

3.2. Protéïnes végétales

3.2.1. Protéïnes de graines (céréales, légumineuses)

. Protéïnes de légumineuses

- Soja et graines oléagineuses (figure 9)

Par extraction de l'huile (pressage ou à l'hexane) on obtient des tourteaux deshuilés qu'on transforme en farine.

L'obtention d'isolat ou de concentrat s'obtient par une succession de:

- . Précipitation à pH 4,5 et de solubilisation à pH neutre ou alcalin,
- . Précipitation à l'alcool
- . Précipitation à la chaleur

On est amené souvent à extraire des constituants hydrosolubles ou alcoosolubles ou à utiliser d'autres agents de précipitation. (Tableau 3).

Utilisations très variées: succédanés de viande après texturation, introduction dans des produits carnés.

L'intérêt de ces isolats réside dans leurs bonnes propriétés de viscosité gélifiantes et liantes.

Parfois, certains tourteaux tels que ceux de colza et tournesol, de coton et d'arachide renferment des substances antinutritionnelles (substances goitrigènes, polyphénols...) qu'il convient d'éliminer.

Pour parfaire la purification des isolats, les techniques d'ultrafiltration et d'échanges d'ions sont de plus en plus utilisées.

- Fèverole et autres protéagineux non oléagineux (Figure 10)

Les techniques de précipitation s'appliquent mais les rendements sont souvent faibles. On préfère souvent utiliser la turboséparation pour obtenir des concentrés protéiques à 65%. Les coproduits sont très riches en amidon et peu valorisables (alimentation animale).

Cependant, le problème de la persistance de substances antinutritionnelles (glucides fermentescibles, β -galactosides) n'est pas résolu. Les concentrés sont doués d'excellentes propriétés fonctionnelles, mais des goûts amers persistent.

. Protéines de céréales (figure 11)

Le principal exemple d'extraction de protéines de céréales réalisé industriellement concerne l'extraction du gluten à partir de farine de blé. Cette opération a pour but d'appauvrir la farine du gluten pour un usage diététique soit d'extraire du gluten destiné à améliorer la valeur boulangère de certaines farines de blé tendre (farines faibles).

L'extraction consiste essentiellement à former un pâton (0,6 à 1 l d'eau/kg de farine) puis à le lever en présence d'eau dure pour éliminer l'amidon qu'on doit ensuite valoriser.

Dans le cas du maïs, le gluten extrait est un coproduit de la préparation de l'amidon. Après traitement humide appliqué directement aux grains mis à gonfler, on broie et on extrait les protéines par centrifugation.

3.2.2. Protéines de feuilles (figure 12)

Les luzernes avant séchage sont pressées; le jus ainsi obtenu contient des protéines qu'on peut et doit valoriser car son rejet est très polluant.

Leur purification fait appel aux techniques de précipitation par solvant et pH acide à chaud. Au cours du pressage (presse à vis) il est nécessaire d'ajouter des sulfites pour éviter l'oxydation. Le jus contient 10 % de MS dont 30-40% de protéines (3 à 4 g/l). Après thermocoagulation (80°C) et centrifugation, on obtient des isolats à 85 % de protéines.

3.2.3. Protéines de microorganismes

Leur extraction est difficile à cause de la résistance des parois (levures en particulier); des broyeurs à marteaux ou à billes doivent être utilisés et les rendements d'extraction restent médiocres.

C O N C L U S I O N

Tout enrichissement ou extraction de protéines entraîne la formation d'un coproduit appauvri qui doit trouver son utilisation pour être rentable économiquement.

Peu d'exemples de systèmes intégrés peuvent être cités, celui du lactosérum excepté.

Aussi, avant toute élaboration et utilisation de concentré protéique il convient de se poser les questions suivantes:

- Quel niveau d'enrichissement protéique apporte un "plus" du point de vue nutritionnel et fonctionnel ?
- Les coproduits sont-ils valorisables seuls ou doit-on les traiter pour générer d'autres sous produits ?
- Du point de vue économique le prix du concentré est-il concurrentiel avec les protéines qu'on désire remplacer (protéines animales trop chères et trop gaspilleuses d'énergie) ?

Cette question est la plus difficile à traiter du fait des prix fluctuants des cours mondiaux des céréales et du soja et des prix soutenus tels que ceux de la CEE (caséinates bon marché).

Souhaitons que ces freins d'ordre économique ne découragent pas tous ceux qui consacrent beaucoup d'efforts à l'amélioration de la production mondiale en protéines et à une meilleure utilisation de celles-ci.

Tableau 1 : COMPARAISON DES COMPOSITIONS DE DIVERS CONCENTRES DE LACTOSERUM

	% Récupération	Protéïnes	Cendres	Cendres*
CM cellulose	68,9	60,7	1,7	-
Chlorure ferrique	88,7	79,1	18,3	1,4
Ferripolyphosphate	91,7	69,5	28,4	4,7
Acide polyacrylique	63,3	82	12,9	-
Hexamétaphosphate	75,5	84	12,8	1,1

* Après dessalage sur Sephadex G 25 pH 2

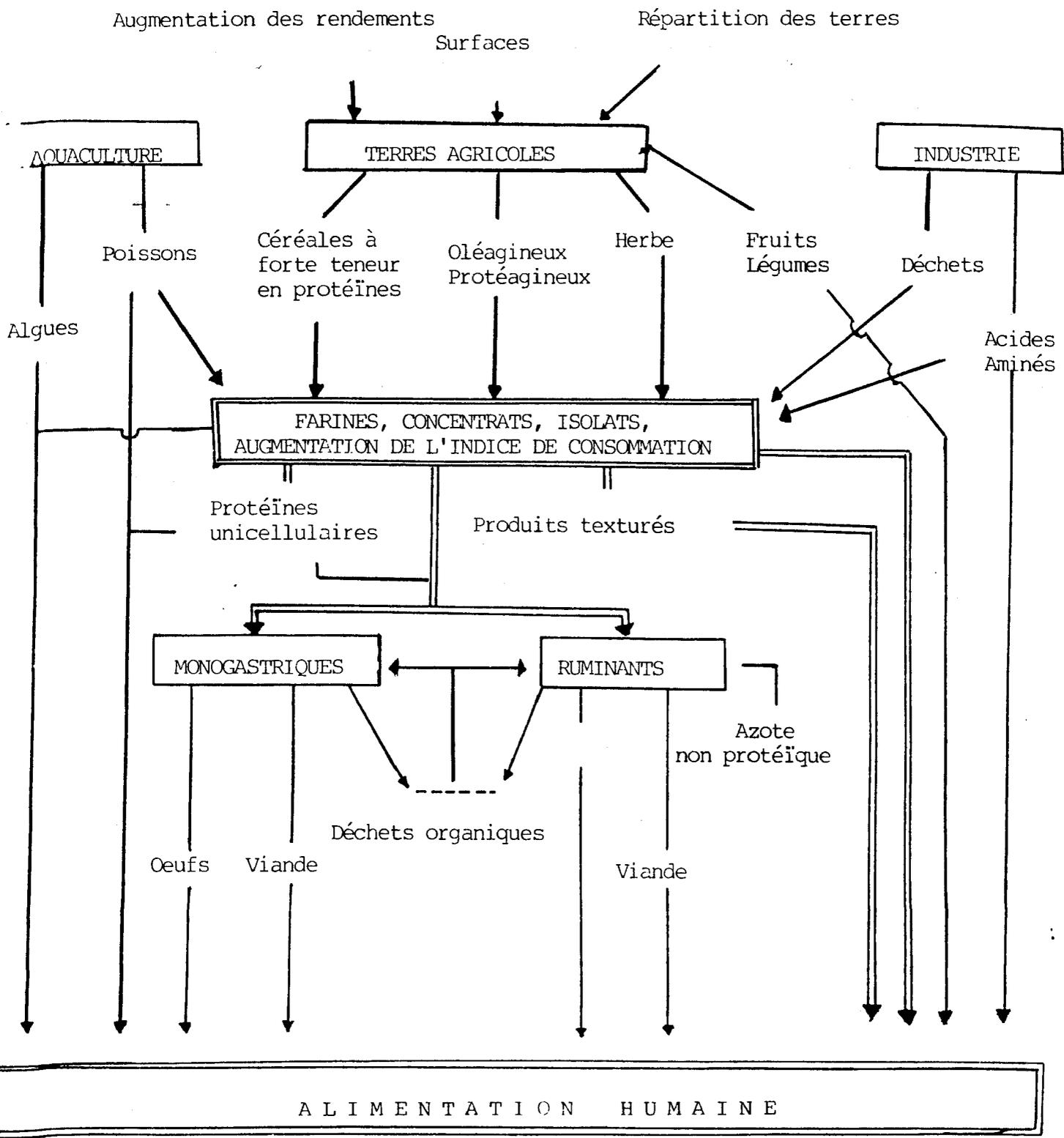
Tableau 2: CARACTERISTIQUES DES ISOLATS OBTENUS PAR LE PROCEDE SPHEROSIL

	Soja	Colza	Luzerne	P.de terre
Protéines N x 6,25	103,2	99,3	87,1	91,3
Cendres	3,4	3,0	0,3	1,2
Thioglucosides		0,2		
Couleur	blanc	beige	blanc	blanc crème
Odeur	-	-	légère agréable	-

Tableau 3: COMPOSITION DE CONCENTRATS PROTEIQUES DE SOJA
OBTENUS PAR DIVERS TRAITEMENTS (MEYER)

	MODE D'EXTRACTION		
	Ethanol	Acide	H ₂ O + chaleur
Protéine	70,7	70,7	72,2
Matières grasses	0,3	0,3	1,2
Fibres	3,7	3,6	4,5
Cendres	6,0	5,1	3,8
Solubilité de l'azote	5,0	69,0	3,0

Figure 1: Circuit amélioré de production des protéines destinées à l'alimentation humaine (OCDE, 1975)



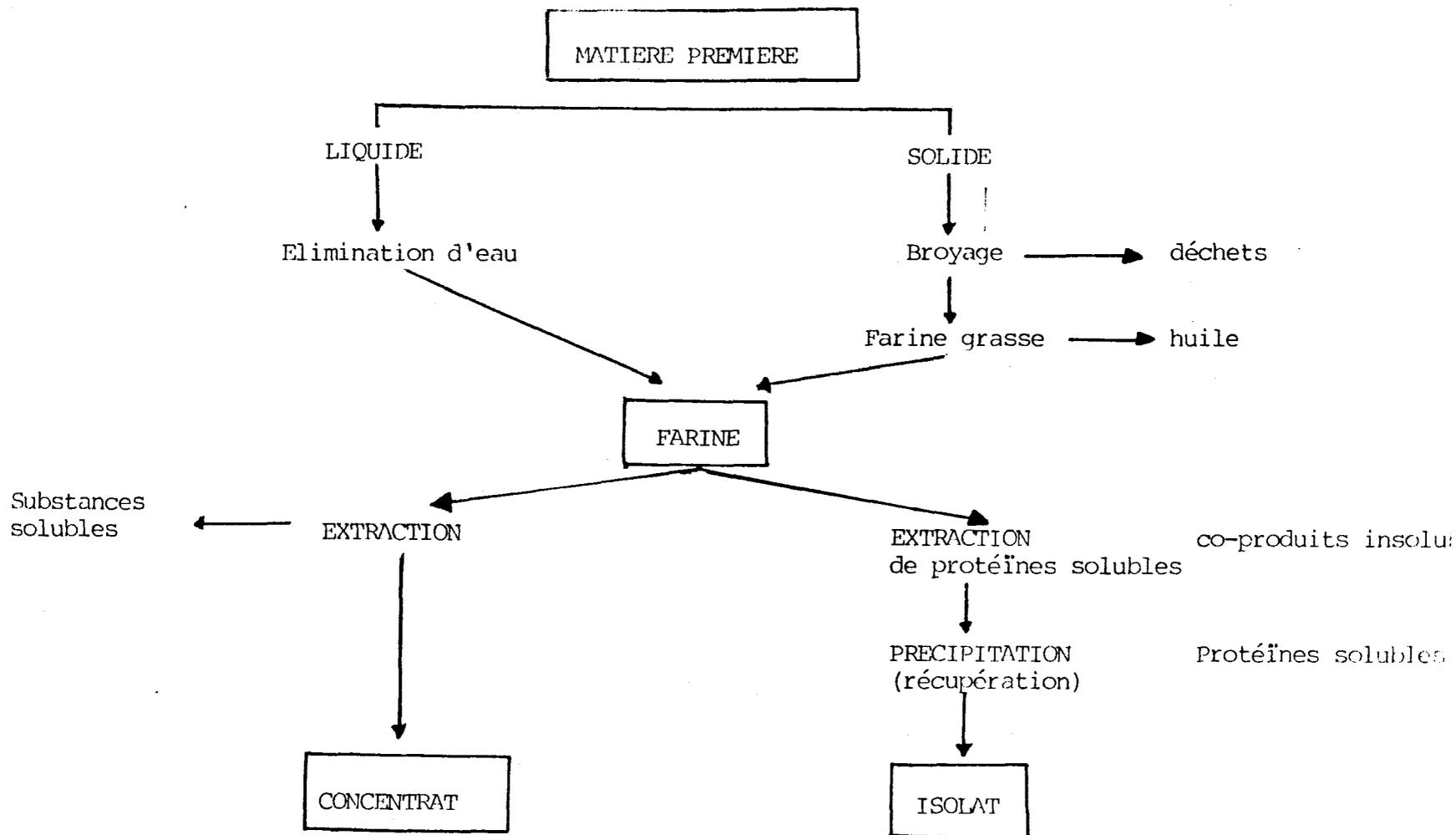


Figure 2: Différentes formes d'extraits protéiques

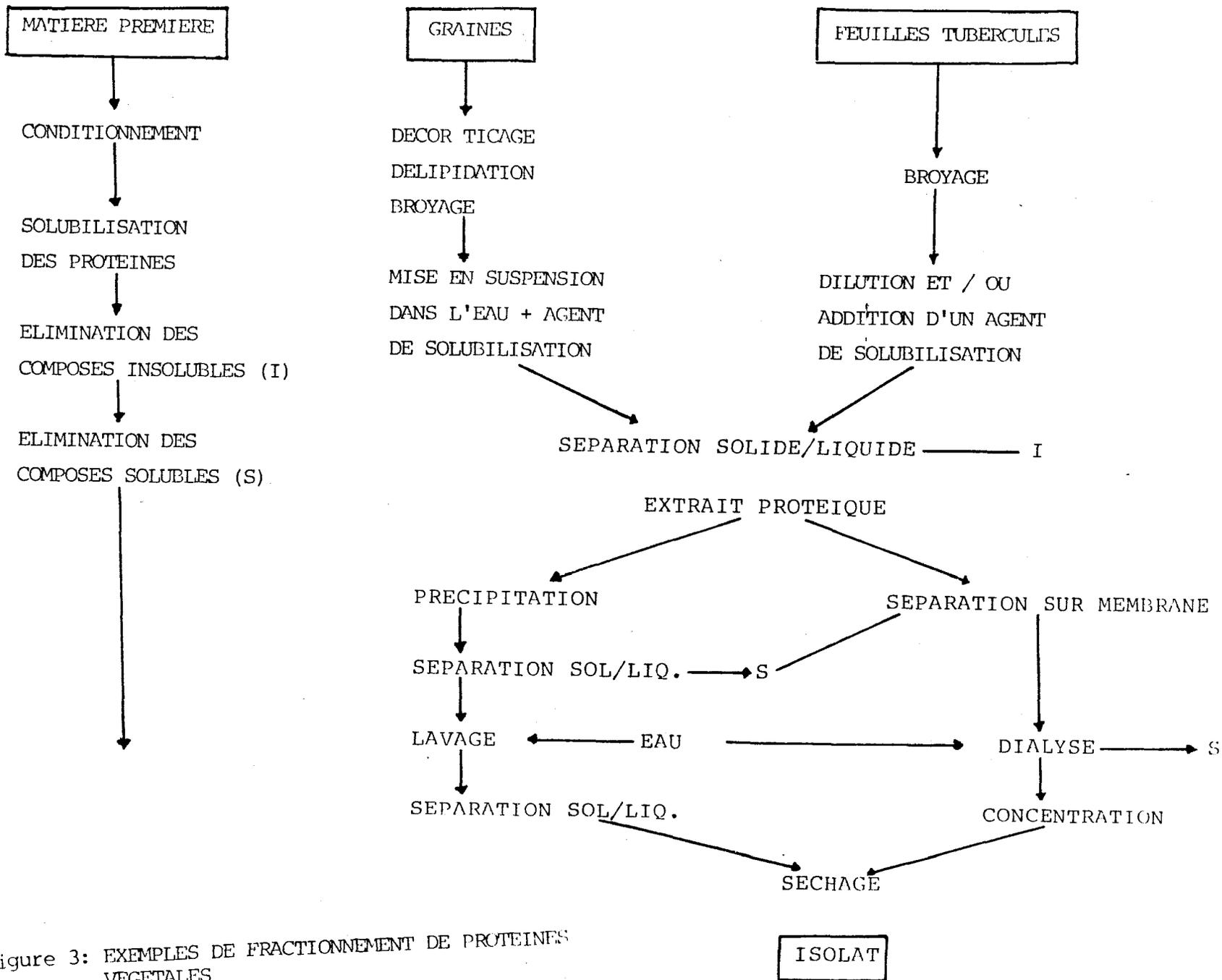


Figure 3: EXEMPLES DE FRACTIONNEMENT DE PROTEINES VEGETALES

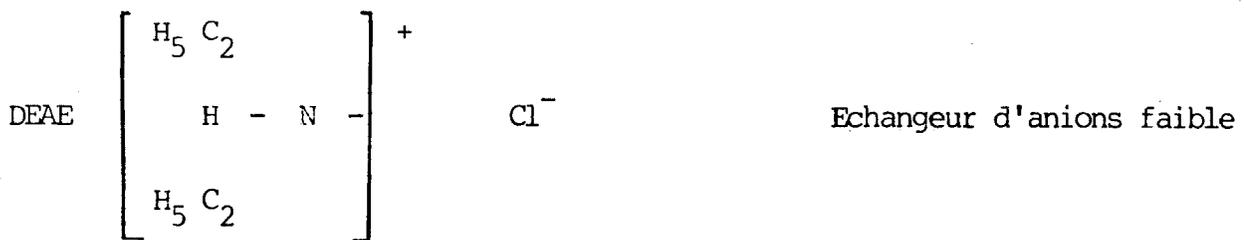
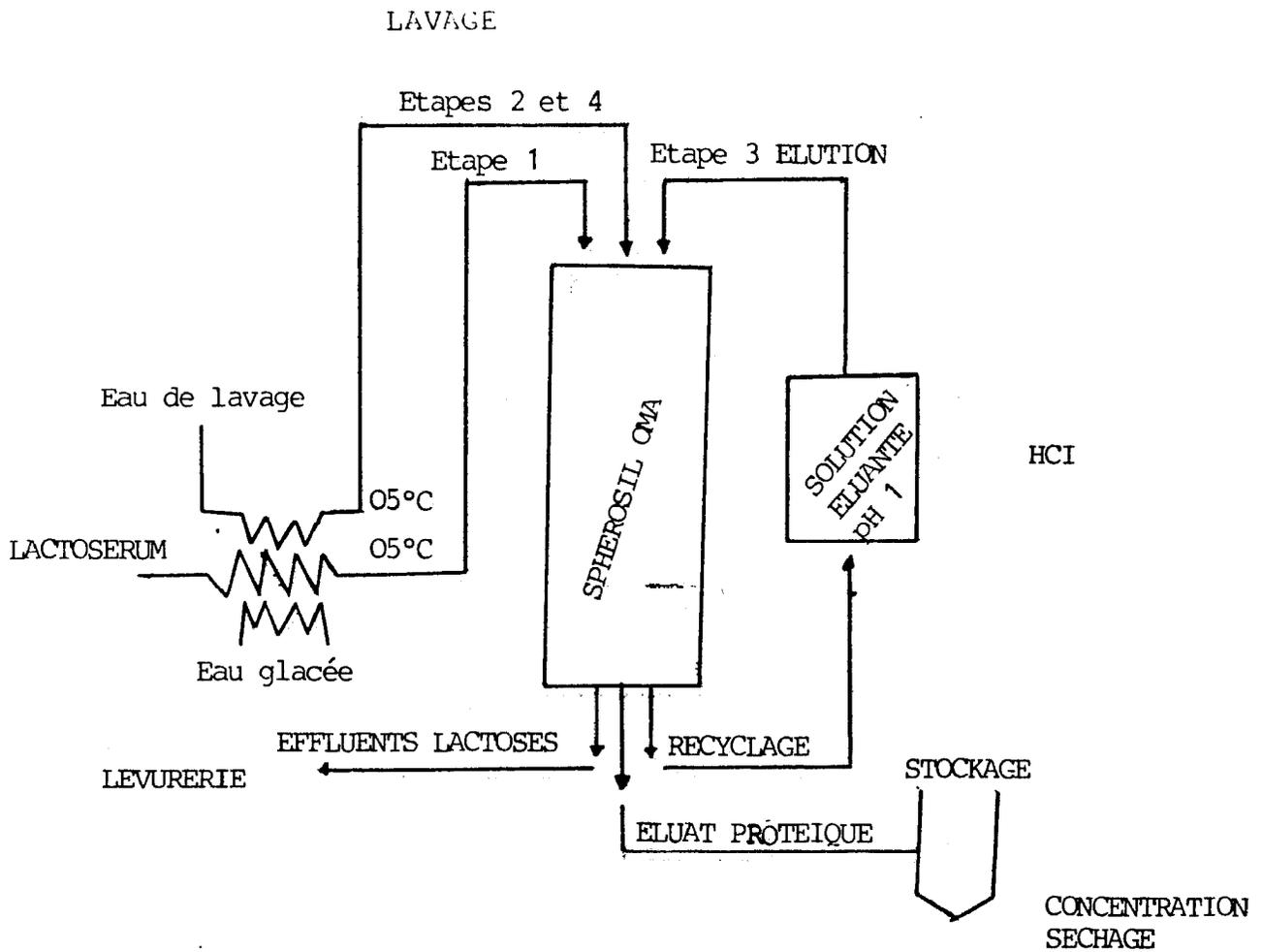


Figure 4: Extraction par échangeurs d'ions (Procédé Sphérosil)

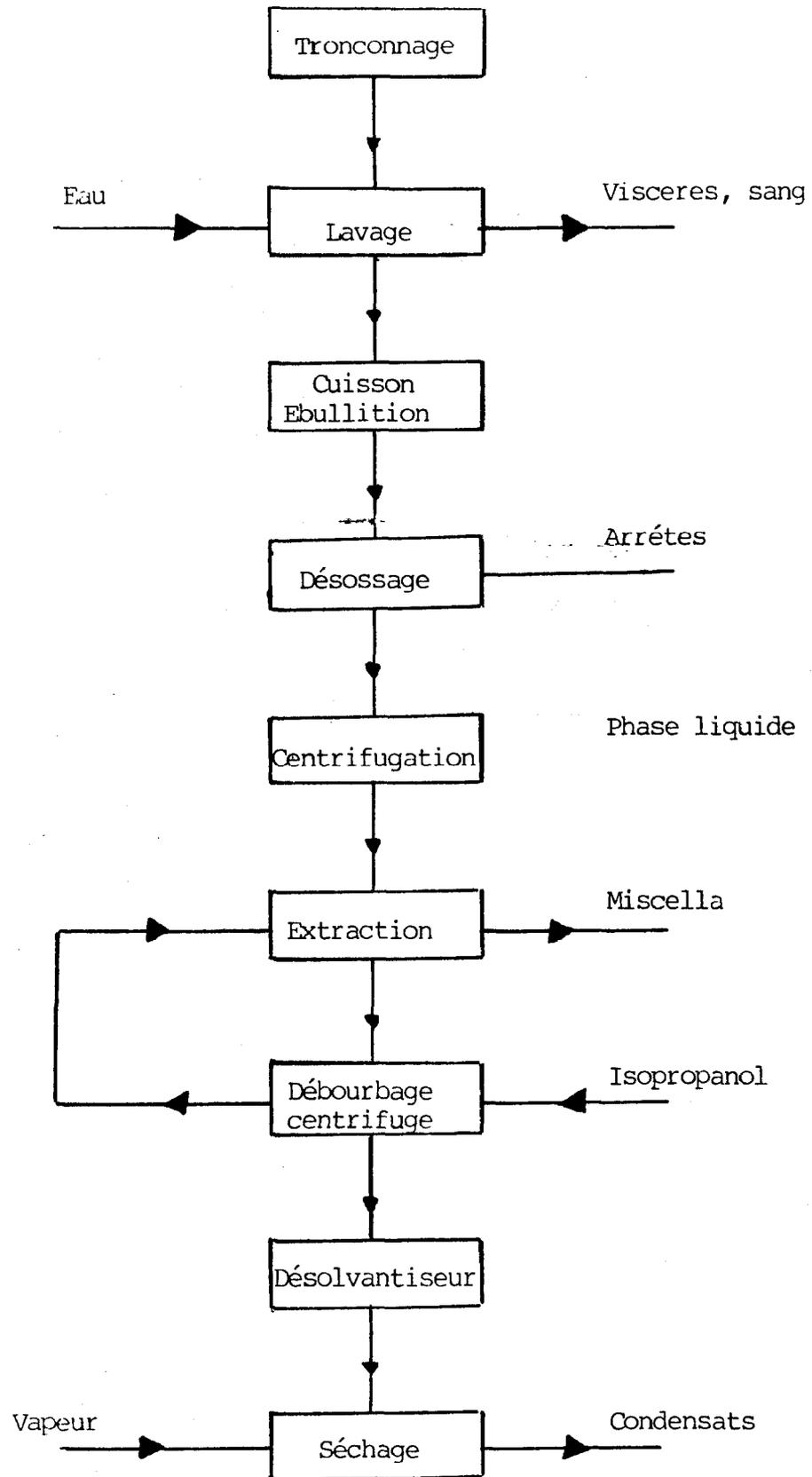
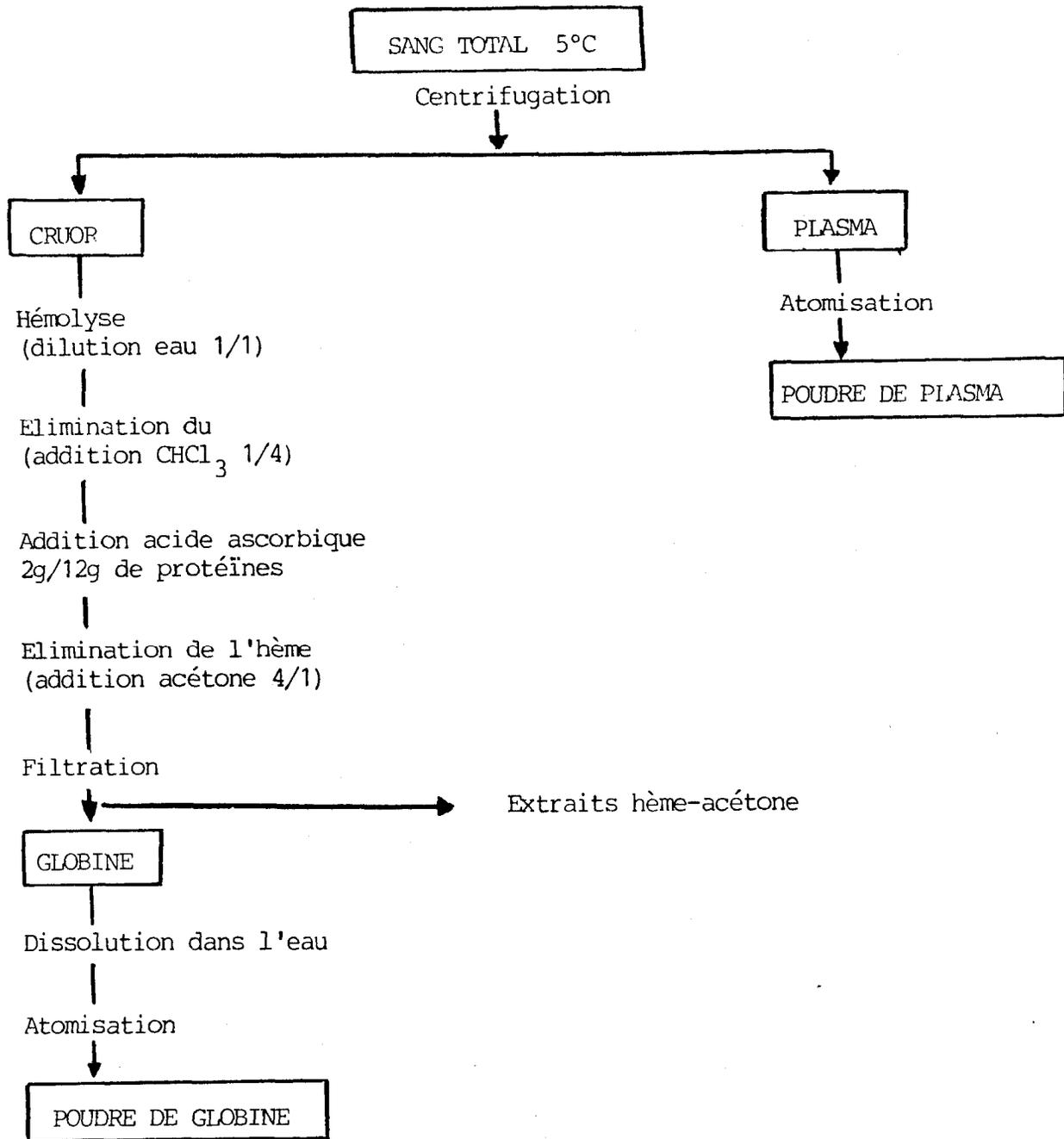


Figure 5: Extraction de protéines myofibrillaires de poissons



D'après TYBOR (1973)

Figure 6: Fractionnement du sang

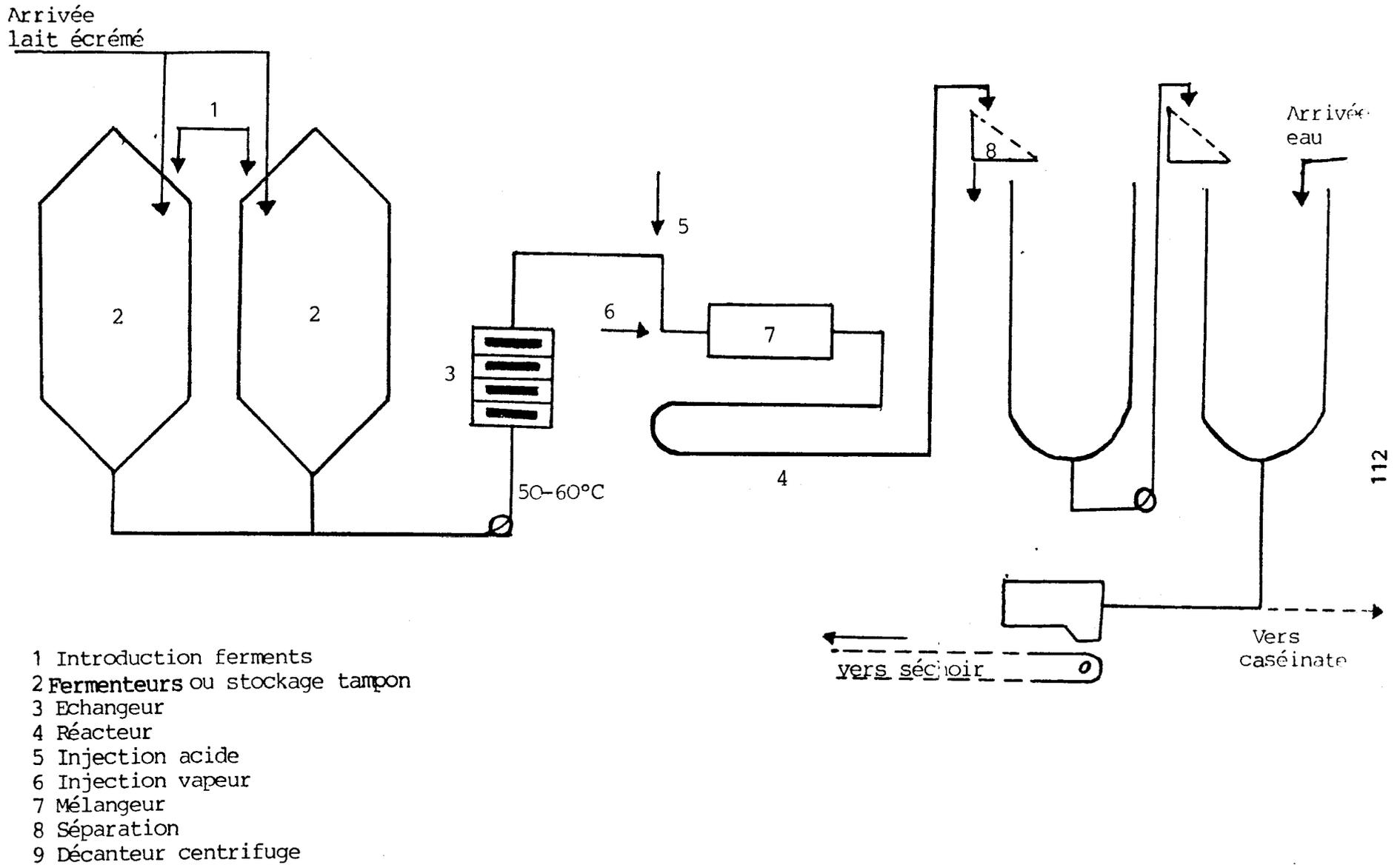


Figure 7 : Fabrication de caséine en continu

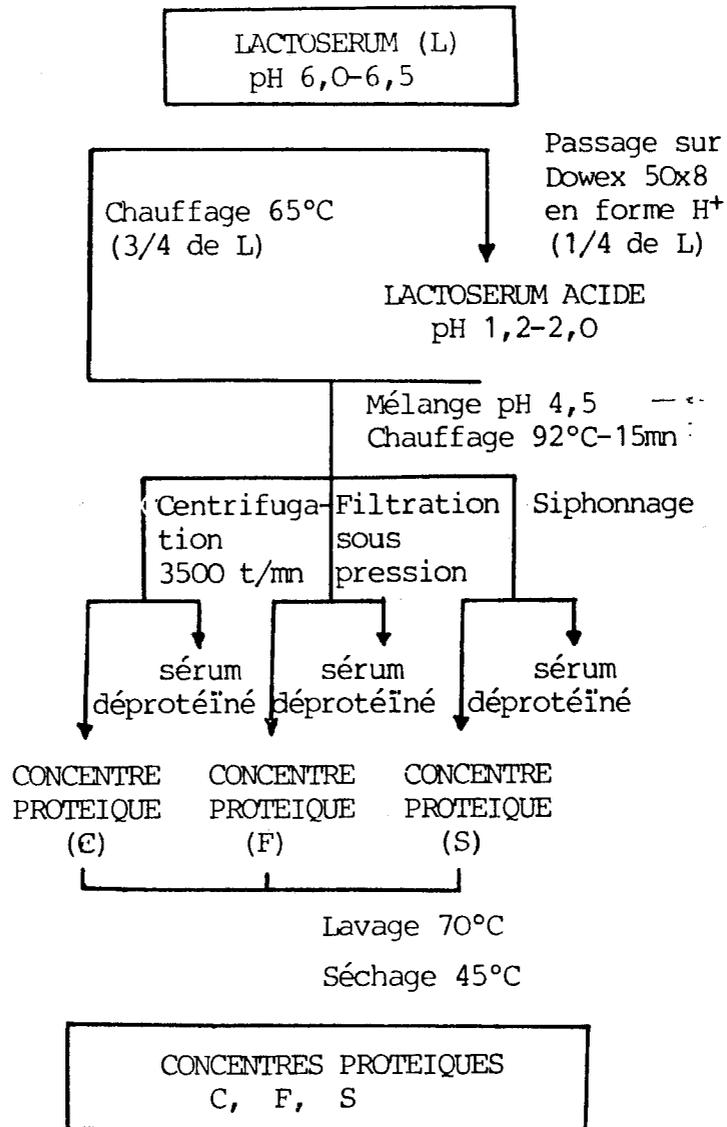
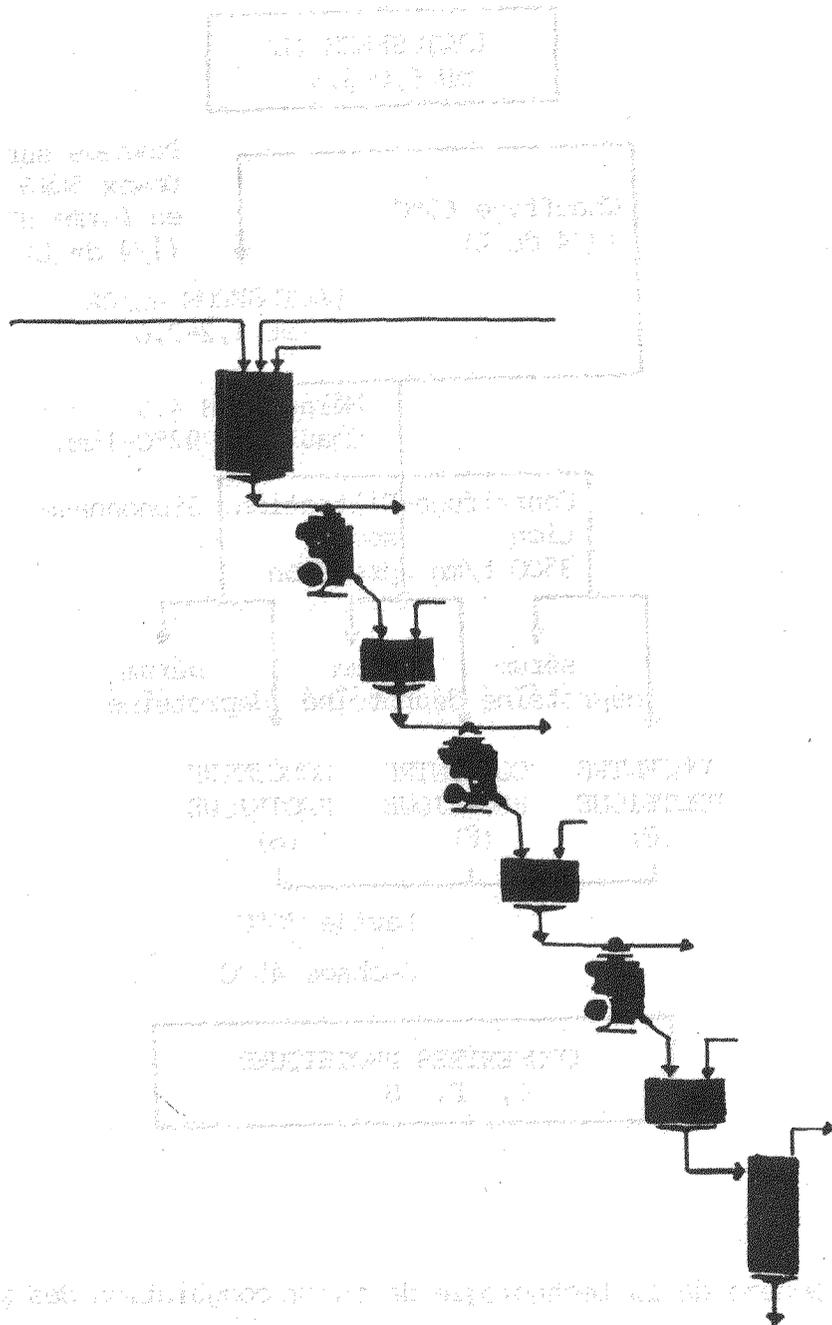
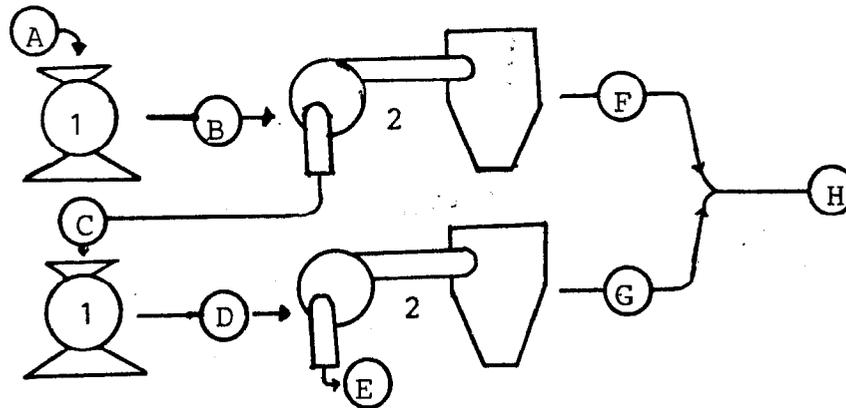


Figure 8: Schéma de la technologie de thermocoagulation des protéines du lactosérum

(D'après RACOTTA et al., 1978)





- 1 Broyeurs à broches; 2. Sélecteurs. à courant d'air en spirale
- A Cotylédons débarrassés de leurs téguments
- B Farine brute
- C Particules grossières recyclées
- D Particules grossières broyées
- E Fraction amylacée; 18 à 24 % M.S. de protéines (N x 6,25)
- F, G, H Fractions protéiques; 50 à 70 % de protéines (N x 6,25)

Figure 10: Diagramme de fabrication des concentrés protéiques par turbo-séparation.

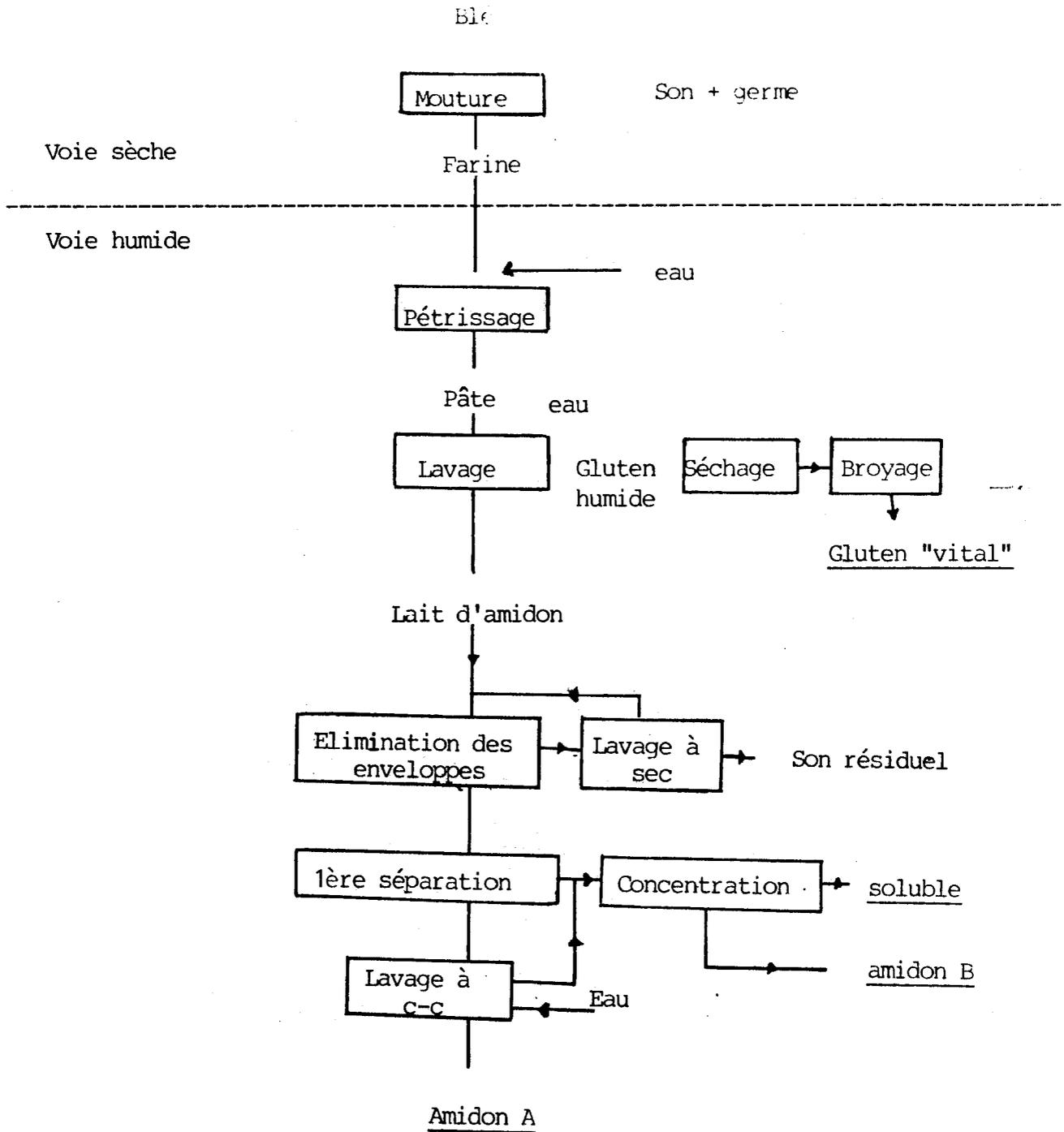


Figure 11: Extraction du gluten (procédé Martin)

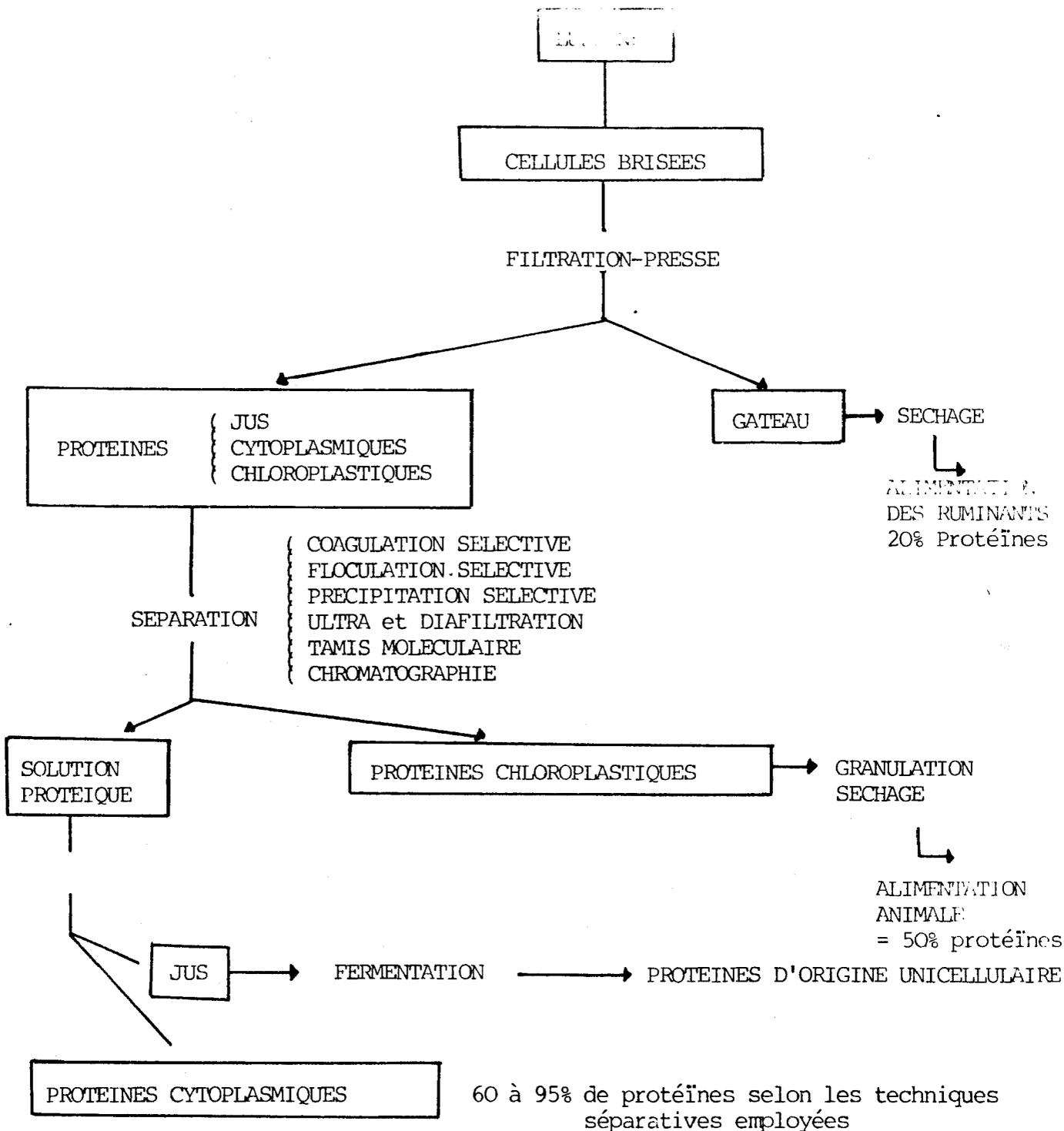


Figure 12: Extraction de protéines de feuilles

(D'après DRONNE et PICAT)