



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada



Cultivons l'avenir :

Contributions de la recherche en génie alimentaire

Sébastien Villeneuve & Martin Mondor

Carrefour Plein-Sud: Le retour du gros bon sen\$ en agroalimentaire –
Vendredi 17 septembre 2010 – Hôtel Sandman, Longueuil

Canada 

Plan de la présentation

- **Présentation du CRDA d'AAC;**
- **L'expertise disponible au CRDA;**
- **Les priorités nationales de recherche d'AAC;**
- **Le Plan d'action stratégique 2009-2013 d'AAC;**
- **Rôle de l'ingénieur en agroalimentaire;**
- **Transformation des aliments et composés bioactifs;**
- **Nouveau défi pour l'ingénieur : biodisponibilité;**
- **Conclusion**

Présentation du CRDA d'AAC



Le CRDA en bref



Mission:

Approfondir la connaissance des systèmes alimentaires et favoriser l'innovation et la croissance de l'industrie alimentaire:

- en lui donnant accès à ses sources documentaires, ses infrastructures et ses ressources humaines;
- par le transfert de connaissances et de technologies.

**140 employés et 200 personnes
chaque jour**

Quatre façons d'épauler l'industrie:

	Nb projets / année	\$
■ Information	1500	
■ Infrastructure	75	400K\$
■ Expertise	35	5.3M\$
■ Incubateurs pour le démarrage d'entreprises		

Depuis 1987...

- Plus de 1500 projets de recherche;
- Près de 1000 entreprises clientes;
- Plus de 75 000 heures d'utilisation de l'usine pilote.

Façon 1: Information

- La plus importante **collection de livres et de publications** sur la transformation alimentaire au Canada;
- Un **service de repérage** et d'analyse de l'information est offert, sous l'égide de Initia (Initia poursuit la mission de la Fondation des gouverneurs);
- **Séminaires techniques et scientifiques** destinés à l'industrie alimentaire (Auditorium de 94 places et une salle multifonctionnelle pour conférence ou exposition).

Façon 2: Infrastructure

- Notre **programme industriel** permet la réalisation de projets de R&D dans un environnement confidentiel;
- **Usine pilote** de transformation alimentaire de 3,500 m²;
- Éventail complet d'**équipement de transformation**;
 - Technologues expérimentés;
- Carrefour de l'innovation technologique alimentaire;
 - **4 laboratoires** pour entreprises émergentes;
 - **4 usines** pour la production;
 - Bureaux;

Façon 2: Infrastructure (suite)

- **Cuisine expérimentale** avec laboratoire d'analyse sensorielle;
- Laboratoires spécialisés de niveau de **confinement "2"** (Virologie, bactériologie);
- Laboratoire spécialisé pour le travail sur les **allergènes**;
- Laboratoire spécialisé sur les **nanotechnologies**;
- Laboratoire spécialisé en **microscopie**.

Façon 3: Expertise

- **Recherche stratégique** (fondamentale et de biens publics);
- Programme de **partage des frais** pour l'investissement en R&D d'Agriculture et Agroalimentaire Canada;
 - Projets de recherche industrie – gouvernement;
 - Cultivons l'avenir (Cadre stratégique);
 - Initiative des grappes agro-scientifiques canadiennes;
 - Développement de produits agricoles innovateurs.

L'expertise disponible au CRDA



28 équipes de recherche - Multidisciplinaire

- Allergie alimentaire;
- Biochimie;
- Biologie;
- Biophysique;
- Chimie;
- Ingénierie;
- Microbiologie;
- Nutrition;
- Sciences animales;
- Sociologie;
- Virologie.



Expertise par secteur d'activité

- Fruits et légumes transformés;
- Jus et boissons;
- Lait et fromages;
- Oléagineux et légumineuses;
- Produits céréaliers;
- Viandes et produits carnés.



Expertise "transversale"

- Analyse spectrale;
- Analyse sensorielle;
- Génie des procédés;
- Indicateurs d'éco-performance;
- Microscopie à balayage électronique;
- Microscopie à force atomique;
- Nanotechnologies;
- Production d'enzyme;
- Structure moléculaire;
- Traçabilité.

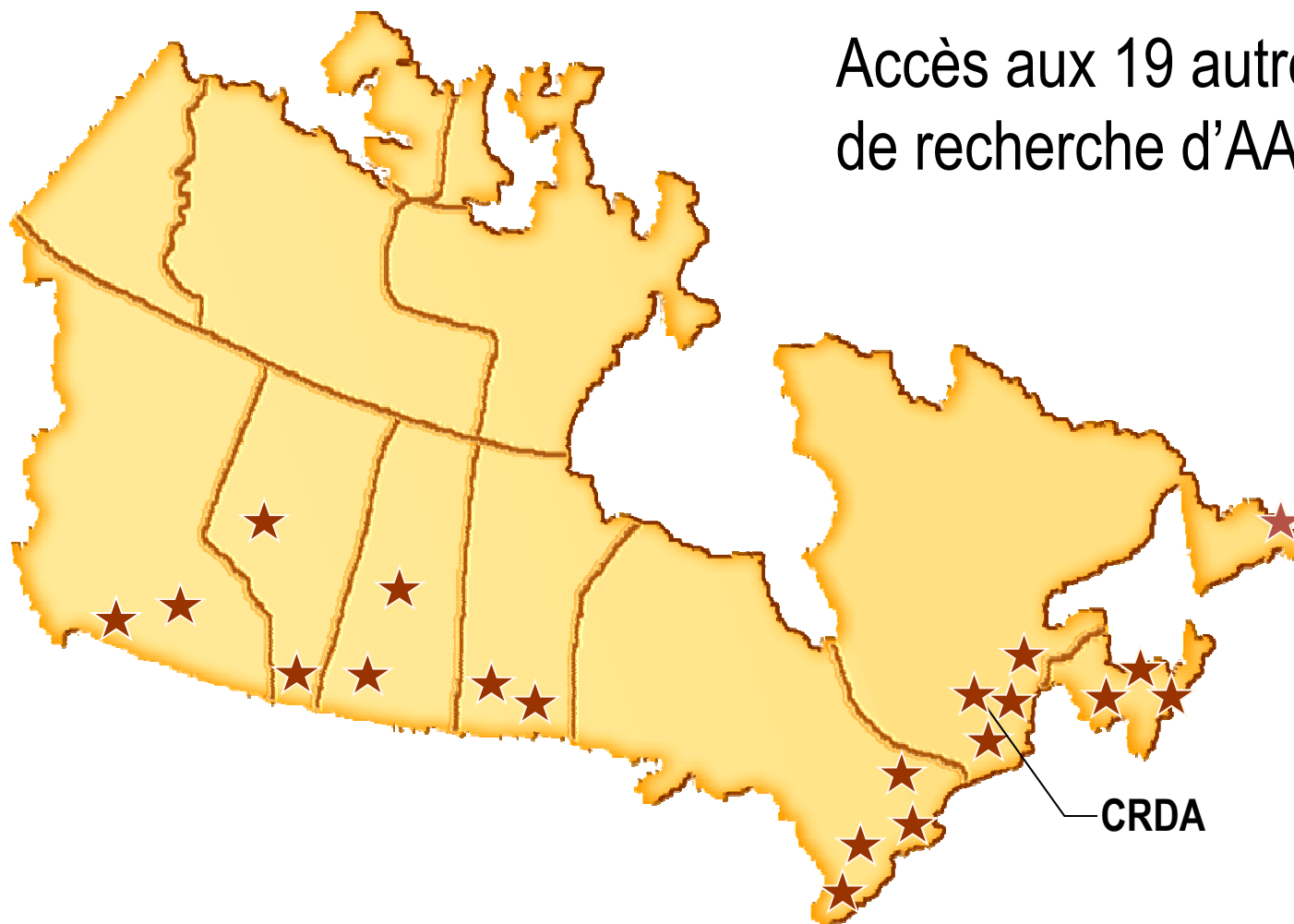


Les priorités nationales de recherche d'AAC



Une équipe nationale

Accès aux 19 autres centres
de recherche d'AAC



CRDA

Priorités nationales de recherche d'AAC

1. Amélioration de la santé et du mieux-être humains grâce à la nutrition, à l'alimentation et à des produits novateurs;
2. Amélioration de la qualité des aliments et de la sécurité (salubrité) du système alimentaire;
3. Amélioration de la sécurité (vulnérabilité) et de la protection de l'approvisionnement alimentaire;
4. Amélioration des avantages économiques pour tous les intervenants;
5. Amélioration de la performance environnementale du système agricole canadien;
6. Amélioration de la compréhension des bioressources canadiennes et de la protection de la conservation de la diversité génétique;
7. Élaboration de nouvelles possibilités pour l'agriculture à partir des bioressources.

Priorités nationales de recherche d'AAC

1. Amélioration de la santé et du mieux-être humains grâce à la nutrition, à l'alimentation et à des produits novateurs;
2. Amélioration de la qualité des aliments et de la sécurité (salubrité) du système alimentaire;
3. Amélioration de la sécurité (vulnérabilité) et de la protection de l'approvisionnement alimentaire;
4. Amélioration des avantages économiques pour tous les intervenants;
5. Amélioration de la performance environnementale du système agricole canadien;
6. Amélioration de la compréhension des bioressources canadiennes et de la protection de la conservation de la diversité génétique;
7. Élaboration de nouvelles possibilités pour l'agriculture à partir des bioressources.

Le Plan d'action stratégique 2009-2013 d'AAC

Cultivons l'avenir



Priorité #1 - Santé et mieux-être des humains

Résultats attendus: 2009-2013

1. L'**identification** par criblage de **nouveaux éléments bioactifs** pour l'alimentation humaine/animale présentant des bénéfices pour la santé et le bien-être; **caractérisation complète** de ces éléments et démonstration préliminaire de leur efficacité.
2. L'identification de **produits alimentaires à haute teneur en éléments bioactifs** et la **production** de ces éléments et évaluation de leur **efficacité** sur certains problèmes de santé ciblés (maladies) et états de bien-être.
3. Les données scientifiques générées dans le cadre de l'atteinte des résultats sont utilisées pour **soutenir les allégations de bénéfices pour la santé**, d'aliments nouveaux et d'ingrédients en soutien au processus réglementaire canadien.

Recherche au CRDA

- Élaboration de méthodes et de techniques de caractérisation des substances bioactives.
- Mise au point de technologies d'extraction pour séparer et concentrer les substances bioactives.
- Mise au point de technologies de stabilisation des substances bioactives.
- Démonstration de l'efficacité des substances bioactives à titre d'ingrédients alimentaires fonctionnels ou de nutraceutiques en utilisant des modèles *in vitro*.
- Mise au point de technologies de protection et d'incorporation de substances bioactives dans des formulations ou des matrices alimentaires.

Priorité #2 - Qualité et salubrité des aliments

Résultats attendus: 2009-2013

1. Le développement de nouvelles connaissances scientifiques en **collaboration avec le secteur agro-alimentaire canadien** pour aider à produire et mettre sur le marché de nouveaux produits alimentaires répondant aux attentes des consommateurs en matière de **qualité**.
2. Le développement de nouvelles connaissances scientifiques et d'outils permettant l'**atténuation proactive** de l'impact des **risques biologiques ou chimiques** sur le système de production alimentaire; leur transfert aux agriculteurs et transformateurs d'aliments canadiens.

Recherche au CRDA

- Recherches fondamentales visant à comprendre les facteurs clés déterminant la qualité des aliments.
- Élaboration de procédures d'échantillonnage et de détection afin de permettre l'identification des principales menaces à la salubrité de la filière alimentaire (bactéries, virus, allergènes, etc.).
- Caractérisation des agents pathogènes d'origine alimentaire, détermination du mécanisme et des points d'entrée dans la filière alimentaire, enquête sur la survie et la neutralisation des menaces alimentaires de la ferme à l'assiette.
- Élaboration de mesures, de pratiques et de processus d'intervention afin d'atténuer les risques et d'élaborer des méthodologies de validation des procédés de transformation des aliments.

Priorité #3 - Sécurité et protection de l'approvisionnement alimentaire

Résultats attendus: 2009-2013

1. La compréhension accrue des répercussions particulières entourant la **contamination intentionnelle du système d'approvisionnement alimentaire** par l'introduction d'agents biotiques ou abiotiques en vue d'améliorer les outils et les stratégies d'analyse permettant de lutter contre la contamination des aliments.

Recherche au CRDA

- Cerner et définir les points vulnérables du système alimentaire à la contamination délibérée au moyen d'agents anthropopathogènes afin de mieux comprendre les points d'entrée probables et les méthodes de distribution potentielles.
- Conception d'outils analytiques avancés pour cerner la contamination et retracer la propagation et le développement des agents pathogènes (bactéries, virus) dans les produits horticoles frais ou les aliments transformés.

Rôle de l'ingénieur en agroalimentaire



Rôle de l'ingénieur

Ingénieur en général :

Design des structures stables et durables à long terme (bâtiment, avion, électronique, etc.)



Ingénieur en transformation alimentaire :

Design des structures, non perceptibles à l'œil nu, stables à court terme (jusqu'à la consommation) mais déstructurables par le système digestif humain



Rôle de l'ingénieur alimentaire

20^e siècle :

Reproduire à l'échelle industrielle, par le concept d'opérations unitaires, des procédés de transformation artisanaux en maintenant le caractère nutritif, attrayant et sécuritaire de l'aliment.

21^e siècle :

Produire à l'échelle industrielle des aliments qui contribueront à la **santé et au mieux-être des consommateurs**, tout en maintenant le caractère nutritif, attrayant et sécuritaire de l'aliment.

Rôle de l'ingénieur alimentaire

21^{ème} siècle : Comment y arriver?

- Par l'enlèvement de facteurs anti-nutritionnels (allergènes, acide phytique, inhibiteurs trypsiques, etc.);
- Par l'ajout de composés bioactifs;
- Par la stabilisation de composés bioactifs.

Transformation des aliments et composés bioactifs



Quelques composés bioactifs ...

ACIDES AMINÉS

acide alphaalipoïque
acide aspartique
acide glutamique
alanine
arginine
asparagine
cystéine
glucosamine
glutamine
glycine
histidine
isoleucine
leucine
lysine
méthionine
phénylalanine
proline
sérine
thréonine
tryptophane
tyrosine
valine

PROTÉINES VÉGÉTALES

gluten de blé
protéines d'avoine
protéines de canola
protéines de lin
protéines de légumineuses

GRAS HUILES ET ACIDES GRAS ESSENTIELS

acide docosahexanoïque (DHA)
acide eicosapentanoïque (EPA)
acide gamma-linolénique
acide gras oméga-3
acide gras oméga-6
acide gras oméga-9
esters de stérols
huile de bourrache
huile de cannelle de Chine
huile de chanvre
huile de lin
huile de poisson
huile végétale
ponticum
sinum

ANTIOXYDANTS

caroténoïdes
composés organosulfurés
flavonoïdes
isothiocyanates
lutéine
lycopène
monoterpènes
palmitate d'ascorbyle
resvératrol
zéaxanthine

PRÉBIOTIQUES

fructooligosaccharides (FOS)
inuline

PROTÉINES

chondroïtine
collagène
protéines d'ufs
protéines de soya
protéines de viande
protéines lactières
tofu
éphédrine

ENZYMES

amylase
cellulase
chymotrypsine
lactase
papaïne (protéase)
trypsine

PROBIOTIQUES

Bifidobacterium lactis
Exopolysaccharide (EPS)
Lactobacillus acidophilus
Lactobacillus reuteri
Streptococcus thermophilus

SUBSTANCES PHÉNOLIQUES VÉGÉTALES

acides phénoliques
anthocyanines
catéchines
esters de phytostérols/phytostanols
flavonoïdes
glucosinolates
isoflavones
lignanes
phytoestrogènes
saponines
tanins
terpénoïdes

FIBRES ALIMENTAIRES

bêta-glucane
cellulose
extrait de chicorée
fibres de fenugrec
fibres de soya
fibres dérivées de l'amidon
glucomannane
guar
inuline
oligosaccharides
psyllium
son d'avoine

AUTRES

algue
carnitine
cartilage de requin
chitosane
Déhydroépiandrostérone (DHEA)
glucosamine
mélatonine
seaweed

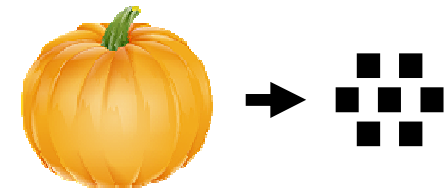
Quelques uns de leurs effets « santé » ...

- Aide à prévenir les lésions cellulaires; peut réduire le risque de certains types de cancer
- Peut réduire le risque de cancer de la prostate, de maladie cardiaque et de dégénérescence maculaire (maladie oculaire grave)
- Peuvent améliorer la santé gastro-intestinale et l'immunité systémique (selon la souche bactérienne)
- Peuvent contribuer au maintien d'un tube digestif en santé et réduire le risque de certains types de cancer
- Peuvent contribuer au maintien de la santé cardiaque, de la santé mentale et de la vision
- Peut réduire le taux de cholestérol et le risque de maladie cardiaque
- Peut contribuer au maintien de la santé du cœur, des fonctions mentales et de la vision
- Prévient les lésions cellulaires et peut favoriser à la santé du système immunitaire
- Peuvent améliorer la santé gastro-intestinale et favoriser l'absorption du calcium
- Peut contribuer au maintien des fonctions du cerveau
- Peuvent contribuer au maintien de la santé des os, du cerveau, du système immunitaire et de celle des femmes à la ménopause

Pour l'ingénieur - deux étapes cruciales

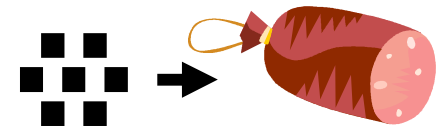
Séparation/stabilisation des composés bioactifs :

- Méthode de caractérisation
- Choix d'un procédé
- Prétraitement
- Quantité et degré de pureté



Incorporation dans la matrice alimentaire :

- Choix d'une technologie
- Maintien des qualités organoleptiques, nutritionnelles et sécuritaires de la matrice alimentaire
- Stabilité, jusqu'à la digestion, du composé bioactif dans la matrice alimentaire



Étape 1 - Séparation des composés bioactifs

Mécanismes :

- Extraction : Méthode par affinité chimique (ex. : solvant)
- Technologies membranaires et filtration : Procédé barométrique (ΔP) et granulométrique
- Échanges ioniques : Méthode basée sur la charge des particules
- Adsorption : Méthode par contact fluide-dynamique/solide-statique
- Centrifugation et décantation : Méthode mécanique ($\Delta \rho$)
- Cristallisation : Méthode par changement de phase liquide/solide
- Distillation : Méthode basée sur la différence des points d'ébullition

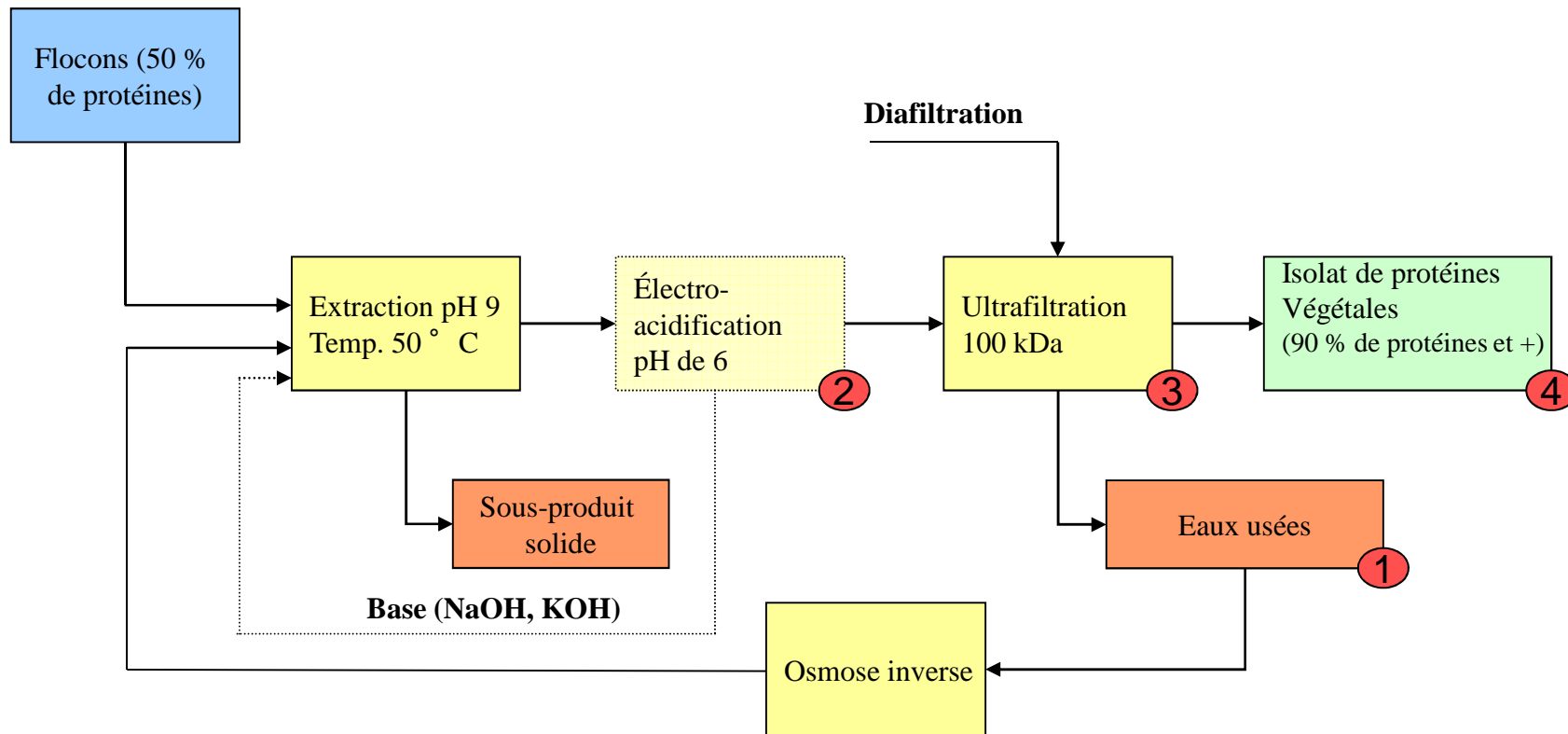
Mécanismes vs composés bioactifs

	AGL	ω -3	β -glucanes	Phytostérols et stanols	Polyphénols	Polysaccharides	Probiotiques	Protéines et peptides
Extraction	Procédé utilisable	Procédé utilisable	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé utilisable	Procédé utilisable	Procédé utilisable	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé utilisable
Technologies membranaires et filtration	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé utilisable	Procédé utilisable
Échanges ioniques	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé utilisable
Adsorption	Procédé utilisable	Procédé utilisable	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé utilisable
Centrifugation et Décantation	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé utilisable	Procédé utilisable	Procédé utilisable	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé utilisable	Procédé utilisable
Cristallisation	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé utilisable	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé utilisable	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié
Distillation	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé utilisable	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé utilisable	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié	Procédé non utilisable ou non encore étudié

 Procédé utilisable

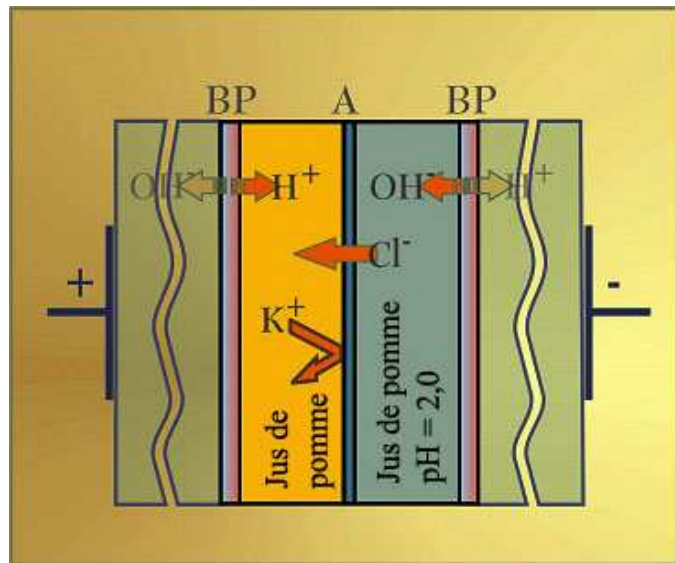
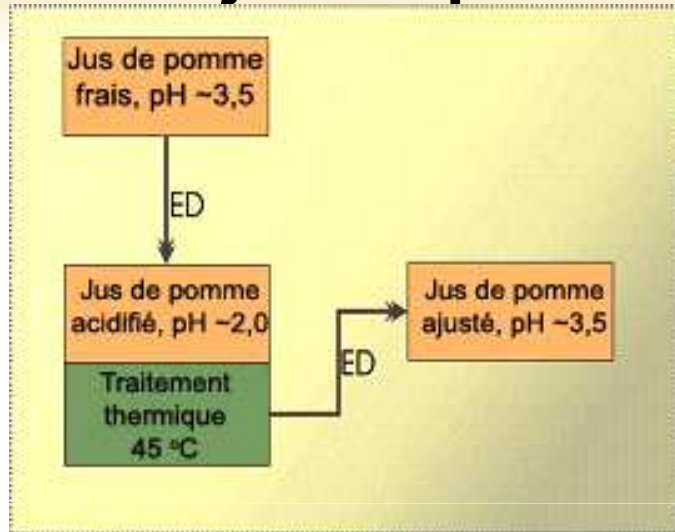
 Procédé non utilisable ou non encore étudié

Isolats de protéines végétales avec un faible contenu en acide phytique

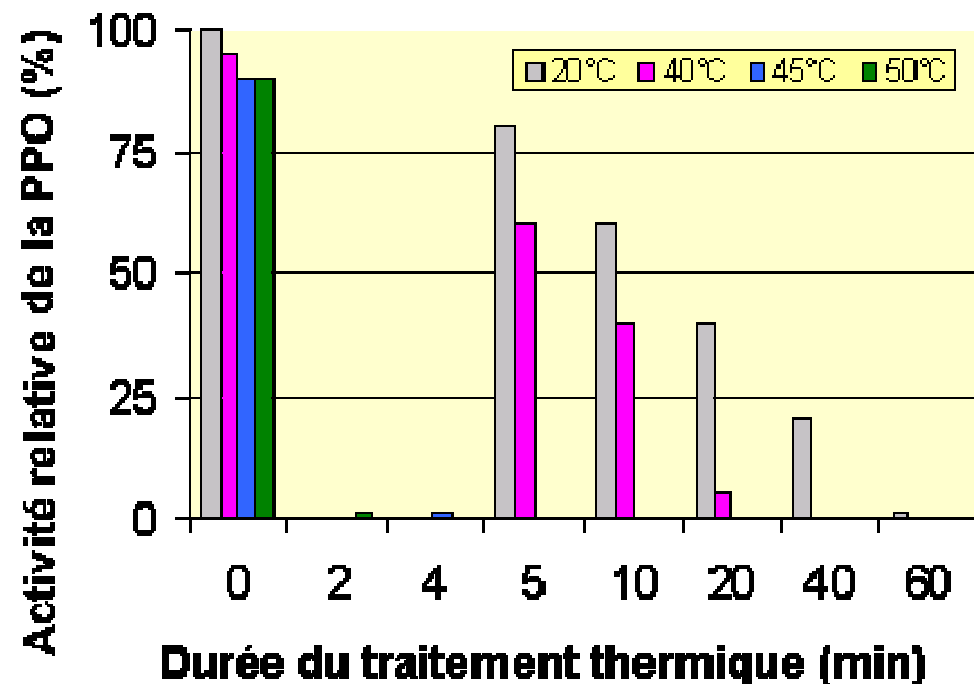


- ① Réduction du volume d'effluents (20 %)
- ② Teneur plus faible en cendres
- ③ Réduction des facteurs antinutritionnels
- ④ Solubilité améliorée en pH acide

Stabilisation des polyphénols contenus dans un jus de pomme opalescent par EDMB



Activité de la PPO à pH 2,0 pour différents traitements thermiques légers



Étape 2 - Incorporation dans la matrice alimentaire

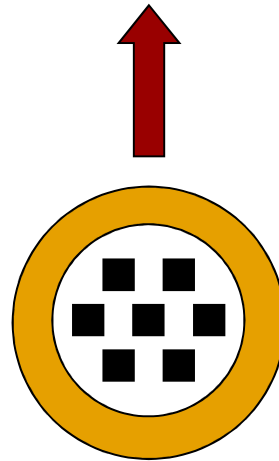
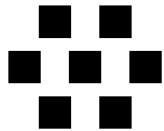
Mise en œuvre de l'incorporation :

- Protection des composés bioactifs (encapsulation);
- Formulation de la matrice alimentaire;
- Procédé de transformation et opération unitaires;
- Emballage et conservation;
- Transformation domestique.

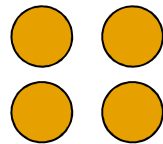
Encapsulation des composés bioactifs

Minimiser les pertes du composé bioactif
par volatilisation, diffusion, etc.

Composé bioactif



Ingrédient(s) protecteur(s)



Minimiser la pénétration de l'oxygène,
de l'eau, des réactifs, etc.

Quelques technologies d'encapsulation

Séchage par atomisation : Évaporation de l'eau par contact avec l'air chaud et formation de la couche protectrice qui prévient l'évaporation du composé bioactif.

Refroidissement par atomisation : Formation d'une couche lipidique protectrice entourant le bioactif par atomisation dans un courant d'air froid.

Lit fluidisé : Le bioactif est mis en suspension dans le lit dans un courant d'air ascendant. L'ingrédient protecteur est introduit par atomisation par le haut du lit et il se dépose sur le bioactif en se déplaçant vers le bas du lit.

Quelques technologies d'encapsulation (suite)

Cocrystallisation : Le bioactif est introduit dans une solution concentrée de sucrose liquide, le sucrose est refroidi ce qui permet la cristallisation du mélange.

Extrusion : Le composé bioactif est dispersé dans un carbohydrate liquéfié et par extrusion le mélange est mis en contact avec une solution d'isopropanol. La déshydratation du carbohydrate permet la formation de la couche protectrice.

Lyophilisation : Principe similaire au séchage par atomisation à l'exception que l'eau est enlevée par sublimation permettant la formation de la couche protectrice autour du bioactif.

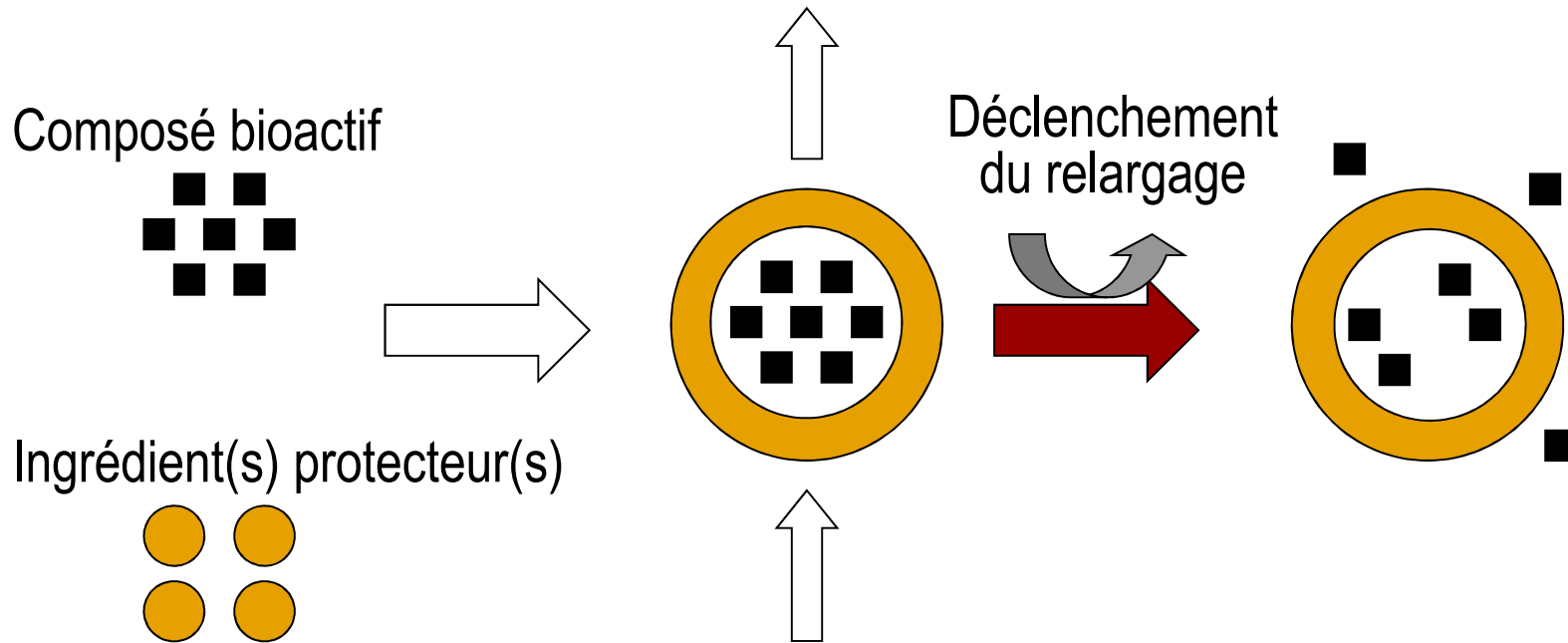
Quelques technologies d'encapsulation (suite)

Coacervation : Dissolution d'une protéine gélifiante dans l'eau, émulsification du bioactif dans la solution de protéines et formation de la couche protectrice (coacervate) par changement de température, pH ou ajout d'une solution de sel concentrée.

Microfiltration : Le composé bioactif est dispersé dans une phase huile tandis que les molécules d'encapsulation sont dissoutes dans l'eau. La phase huile est forcée de perméer une membrane de microfiltration dans la phase aqueuse ce qui résulte en la formation de gouttelettes d'huile enrobées par les molécules d'encapsulation.

Encapsulation des composés bioactifs

Minimiser les pertes du composé bioactif
par volatilisation, diffusion, etc.



Minimiser la pénétration de l'oxygène,
de l'eau, des réactifs, etc.

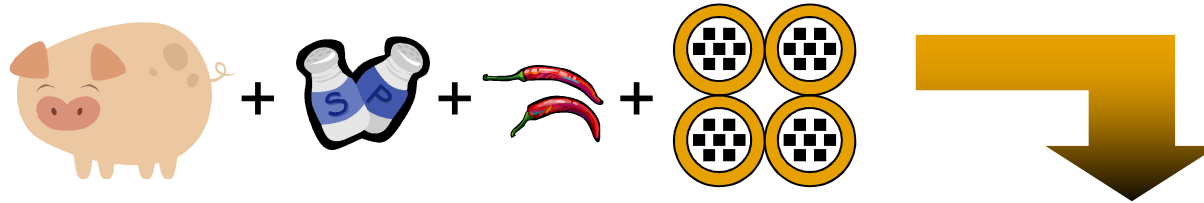
Déclenchement du relargage

Mécanismes :

- Diffusion (1) : Migration au travers un système poreux
- Diffusion (2) : Δ concentration au travers une barrière
- Pression : Bris mécanique de la barrière protectrice
- Gonflement : Affinité chimique (aucune diffusion)
- Osmose : Gradient de potentiel chimique
- pH : Relargage à un pH spécifique
- Température : Contrôle par le transfert thermique
- Fusion : Contrôle par le changement de phase

Transformation de la matrice alimentaire

Formulation

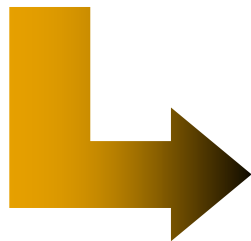


Procédé de structuration
(extrusion, émulsification,
cuisson, congélation, etc.)

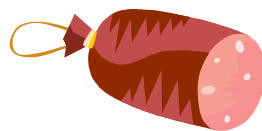
Procédé de conversion
(fermentation, hydrolyse,
estérification, etc.)

Procédé de séparation
(séchage, lyophilisation,
distillation, etc.)

Procédé de stabilisation
(Traitement thermique,
haute pression, PEF, etc.)



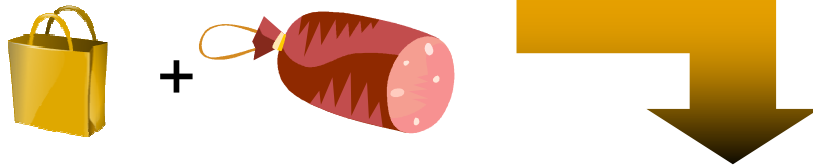
+



Emballage et conservation

Transformation domestique

Emballage et conservation



Entreposage et conservation

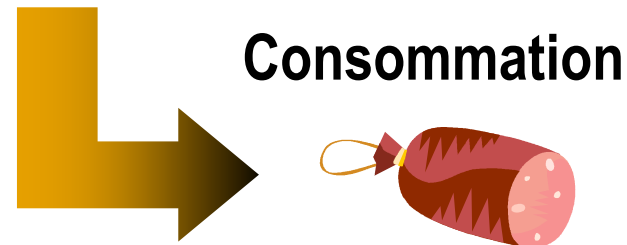
(Température, durée, emballage, etc.)

Transformation

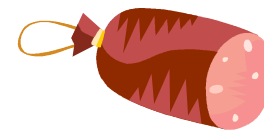
(Découpe, mélange, assaisonnement, etc.)

Cuisson

(Ébullition, friture, vapeur, micro-ondes, etc.)



Consommation



Nouveau défi pour l'ingénieur



Nouveaux concepts pour l'ingénieur

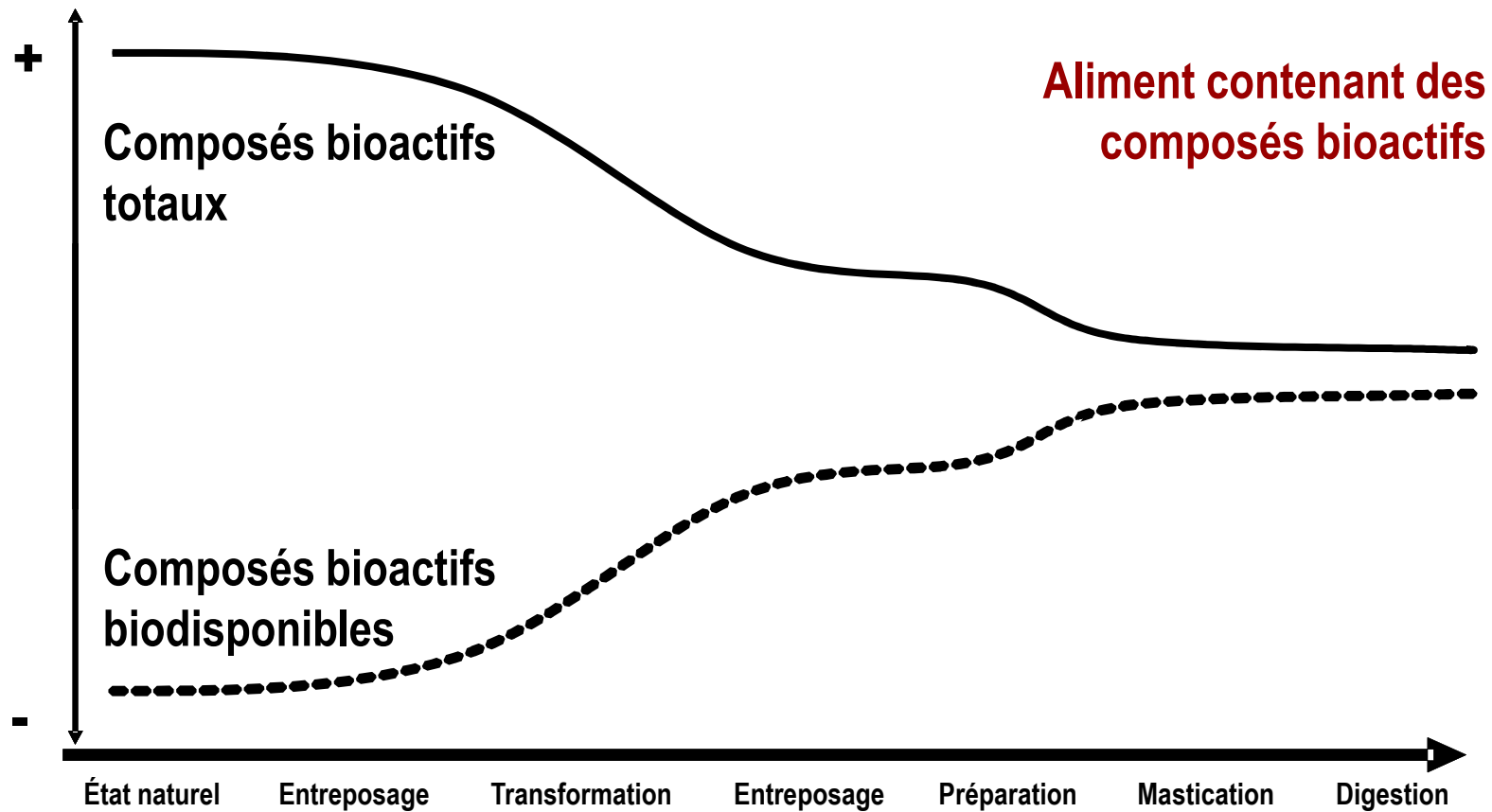
Bioaccessibilité :

La fraction des composés bioactifs qui est relâchée par la matrice alimentaire et qui devient disponible pour l'absorption par la paroi intestinale.

Biodisponibilité :

La fraction des composés bioactifs qui devient disponible, après absorption par la paroi intestinale, pour un usage physiologique immédiat ou futur.

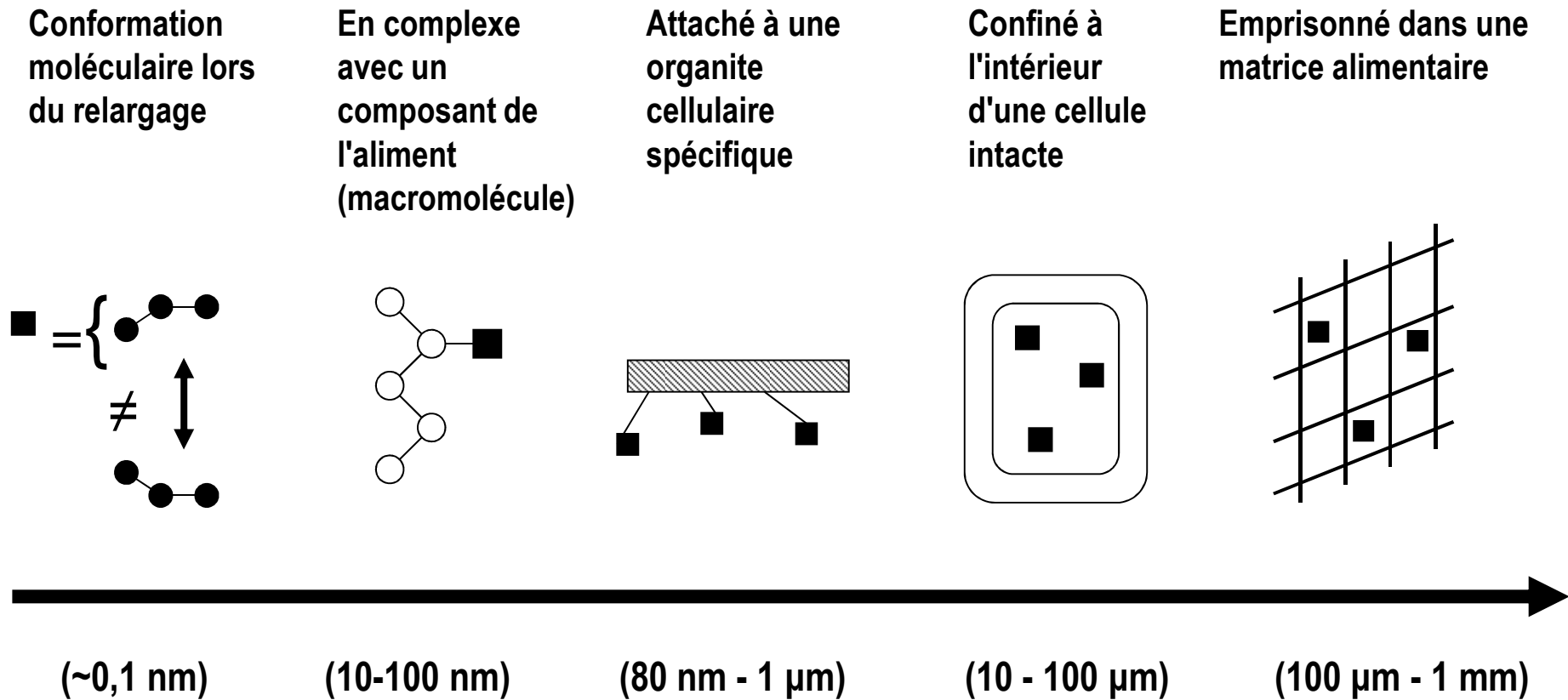
Nouveau concept pour l'ingénieur



Exemple d'un aliment où la teneur en composés bioactifs totaux diminuerait avec le procédé mais, où la teneur en composés bioactifs biodisponibles augmenterait par la suppression des effets de matrice.

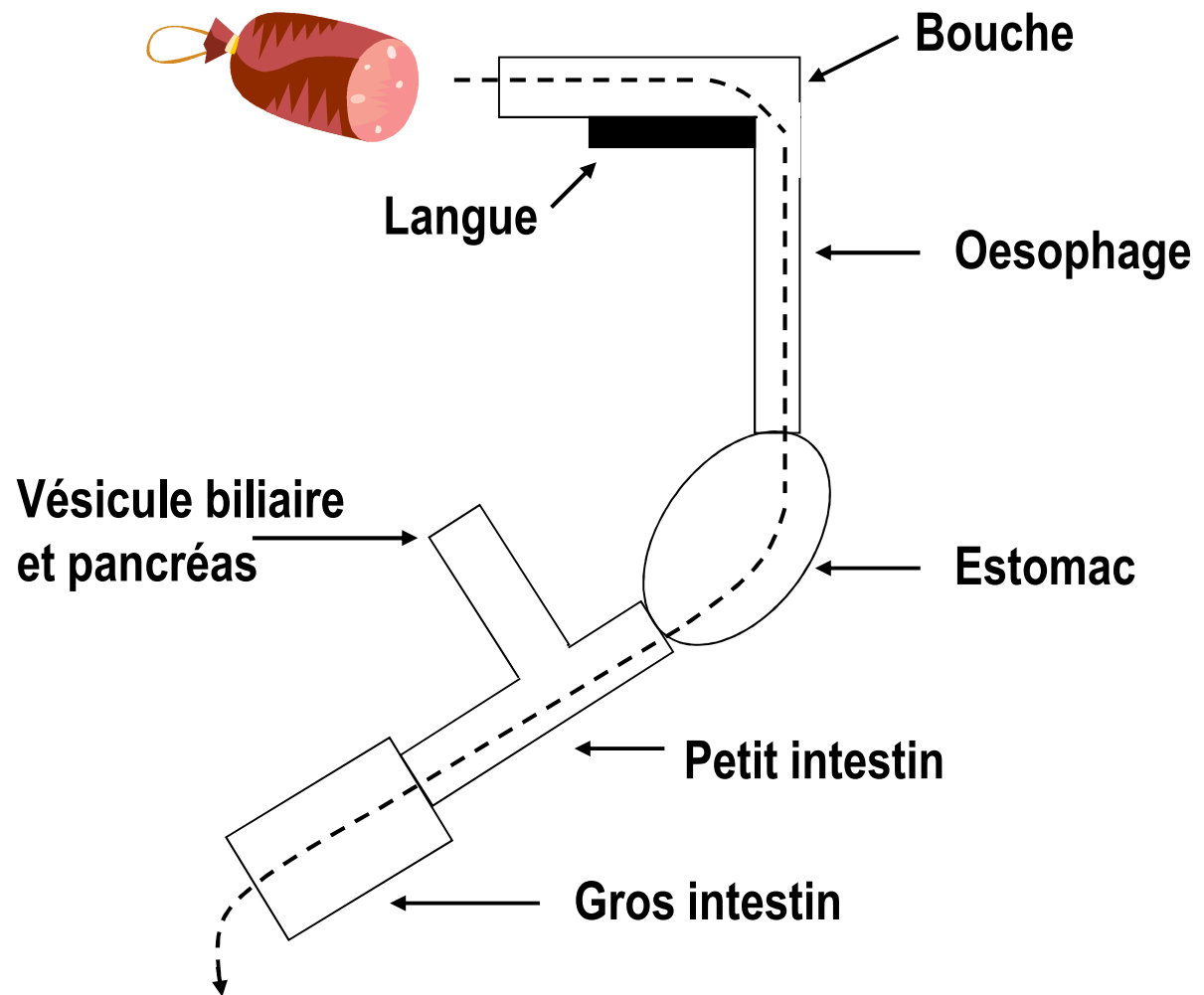
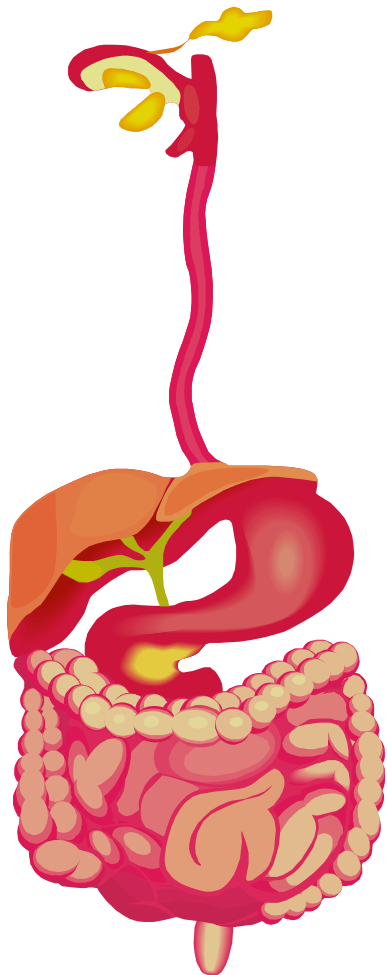
(Adapté de Parada & Aguilera, Journal of Food Science, 2007).

Mécanismes affectant la biodisponibilité

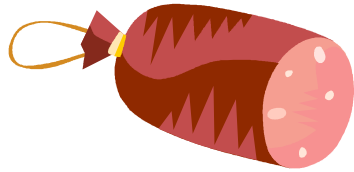


(Source : Parada & Aguilera, Journal of Food Science, 2007)

Systeme digestif humain



Bouche



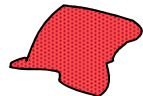
↓
Croquer

↓
Mastiquer

↓
**Former le bol
alimentaire (bolus)**

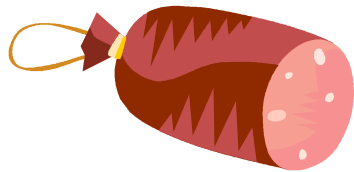
↓
**Transport vers
le pharynx**

↓
Avaler →



Procédé en cinq opérations

Bouche



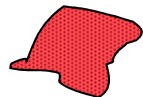
Croquer

Mastiquer

Former le bol
alimentaire (bolus)

Transport vers
le pharynx

Avaler



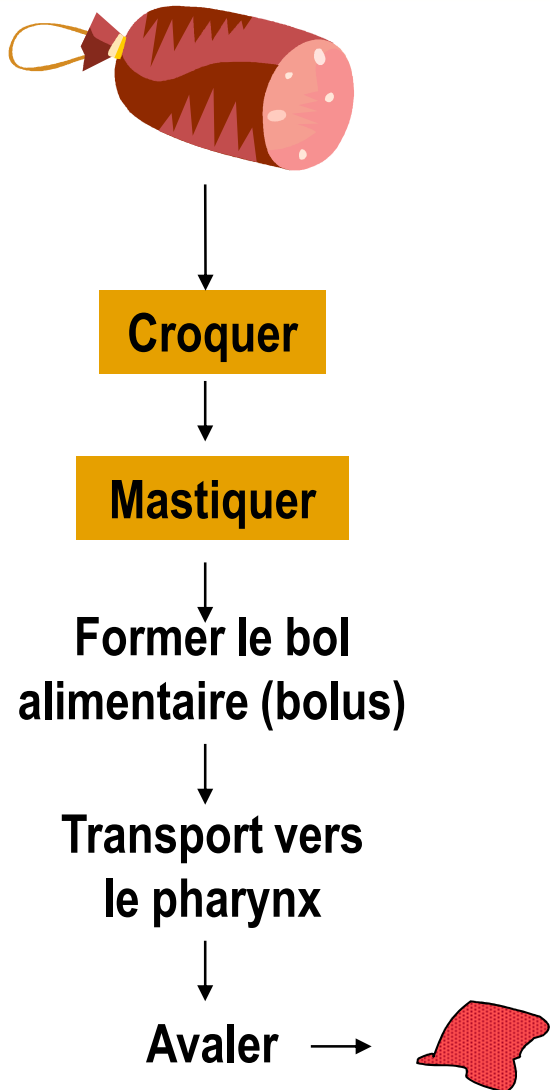
Capacité orale variable selon l'aliment

Arachide : Homme = $5,5 \pm 2,3$ g
Femme = $3,6 \pm 1,4$ g

Banane: Homme = 18 ± 5 g
Femme = 13 ± 4 g

Elle dépend des caractéristiques
physiques des aliments.

Bouche



Dentition complète = 32 dents

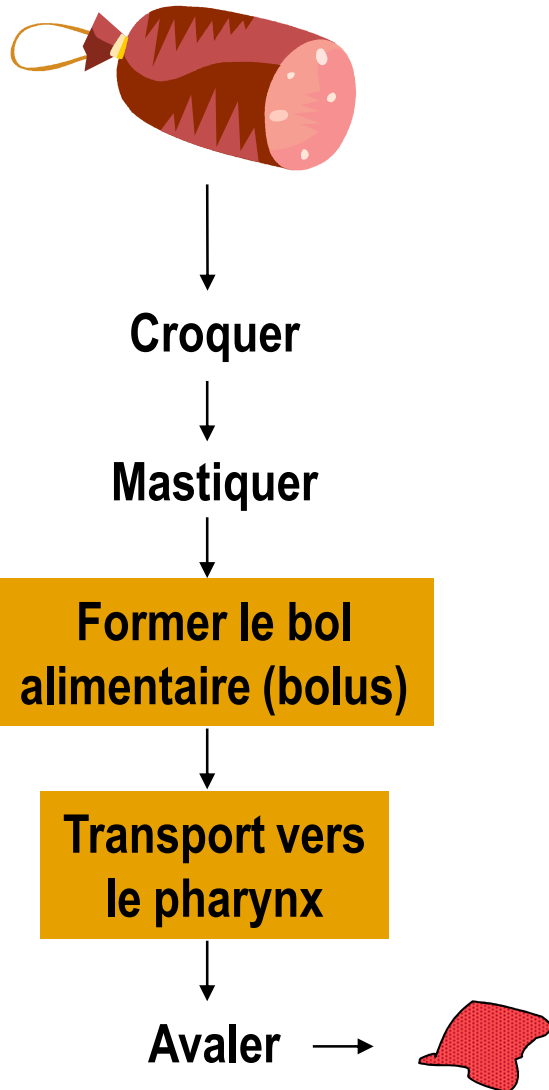
Incisives : Rôle = croquer
Force < 150 N

Canines : Rôle = déchirer
Force < 300 N

Molaires : Rôle = écraser
Force = 500-800 N

La langue participe au mouvement de la mastification.

Bouche



Salive = 98 % eau - 2 % subst. organiques et inorganiques (incluant amylase et lipase)

Non stimulée = $0,45 \pm 0,25$ mL/min
(0,42-1,83 mL/min)

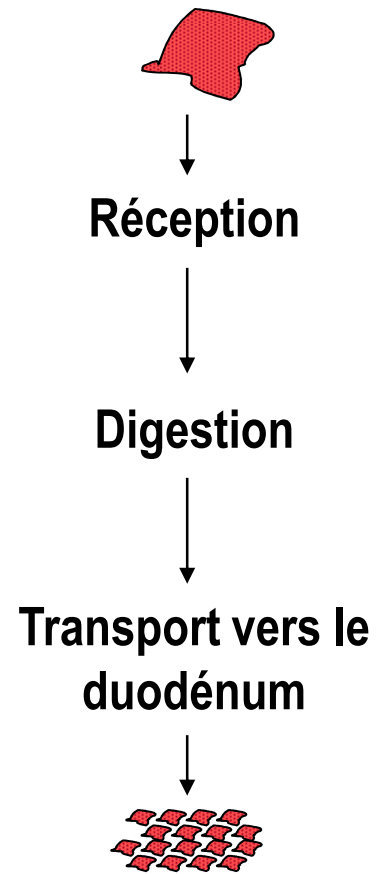
Stimulée = $1,25 \pm 0,67$ mL/min
(0,77-4,15 mL/min)

pH : 6,75 (5,6 -7,6)

Lubrifiant

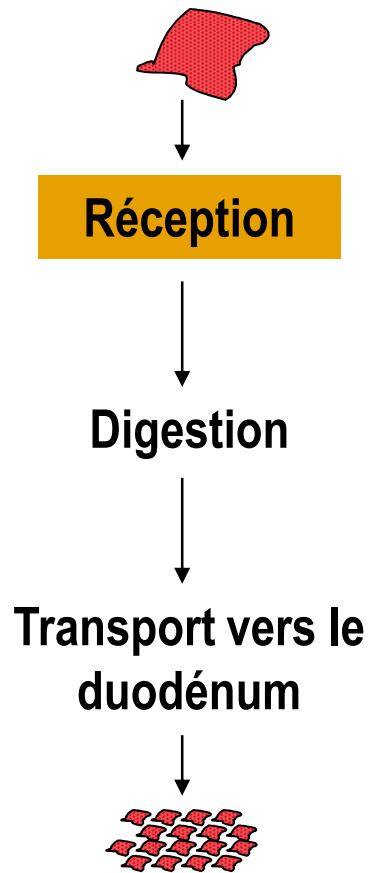
La langue participe à la perception de la texture du bol alimentaire (bolus) et à son transport

Estomac

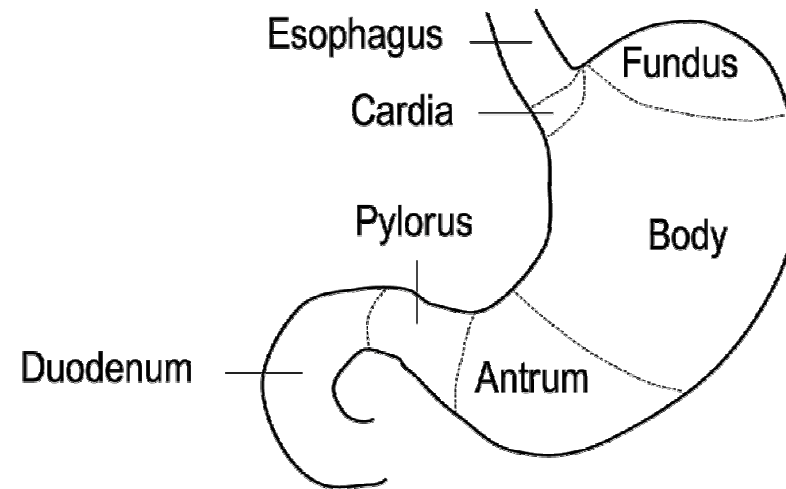


Procédé en trois opérations

Estomac

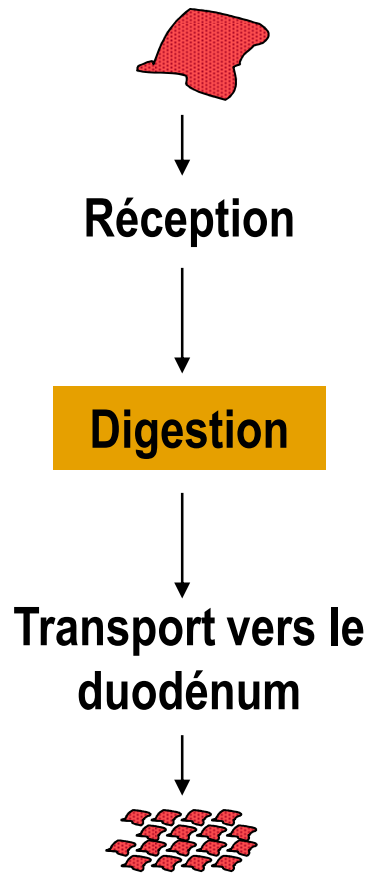


Volume = Jusqu'à 4 L



Différentes régions de l'estomac

Estomac



Sécrétion des sucs gastriques (≈ 3 L/jour)

HCL, pepsinogènes, mucus et eau

Au repos

Débit = 1 mL/min et pH intragastrique = 1,3-1,5

Après ingestion

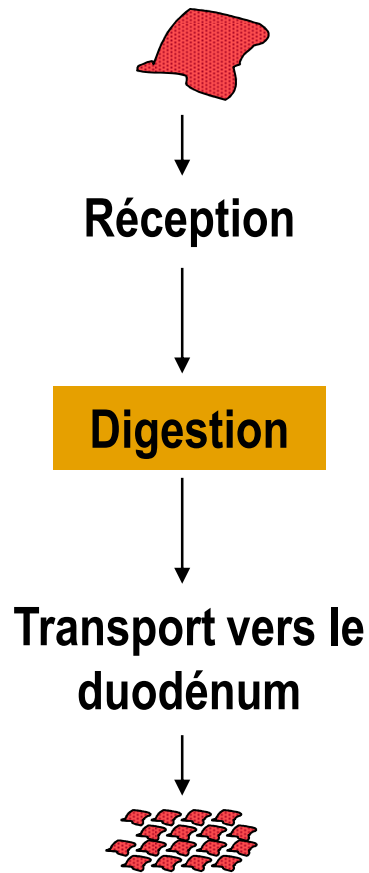
Débit = 10-50 mL/min

- pH = 4,5 - 5,8

- pH après 60 min = 3,1

Brassage = 1/120 min (4 Étapes)

Estomac



Caractéristiques des sucs gastriques

Tension de surface = 28-51 mN/m

Osmolarité = 191-200 mOsm/kg

Viscosité = 0,01-2 Pa s

Masse volumique = Proche de H₂O

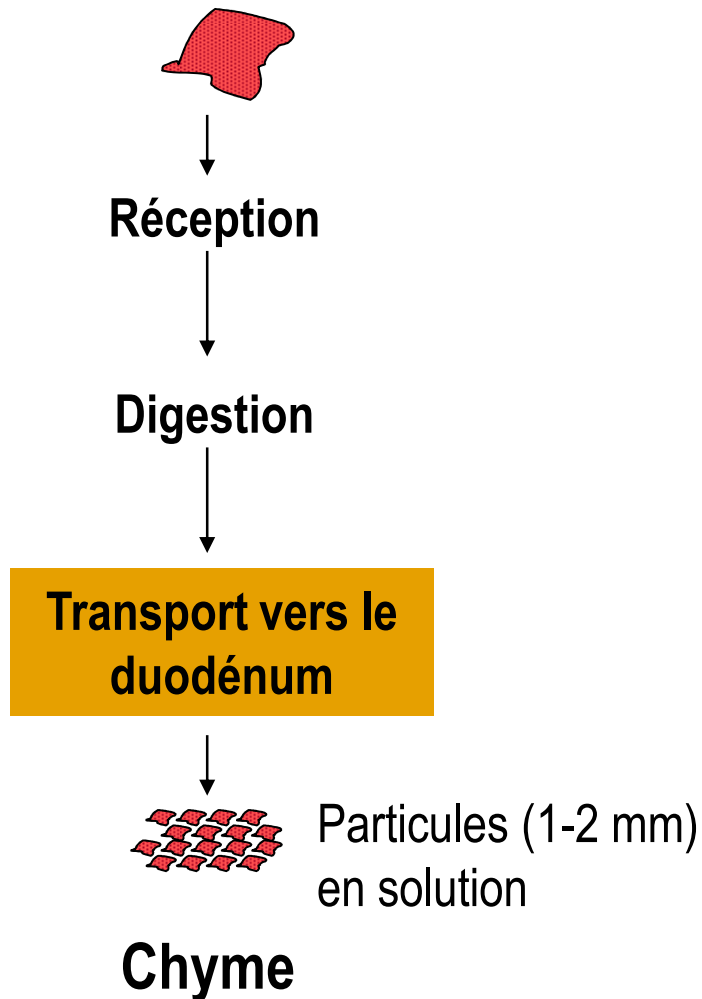
Fluide pseudo-plastique

Principaux ions : Cl⁻ = 100 mM

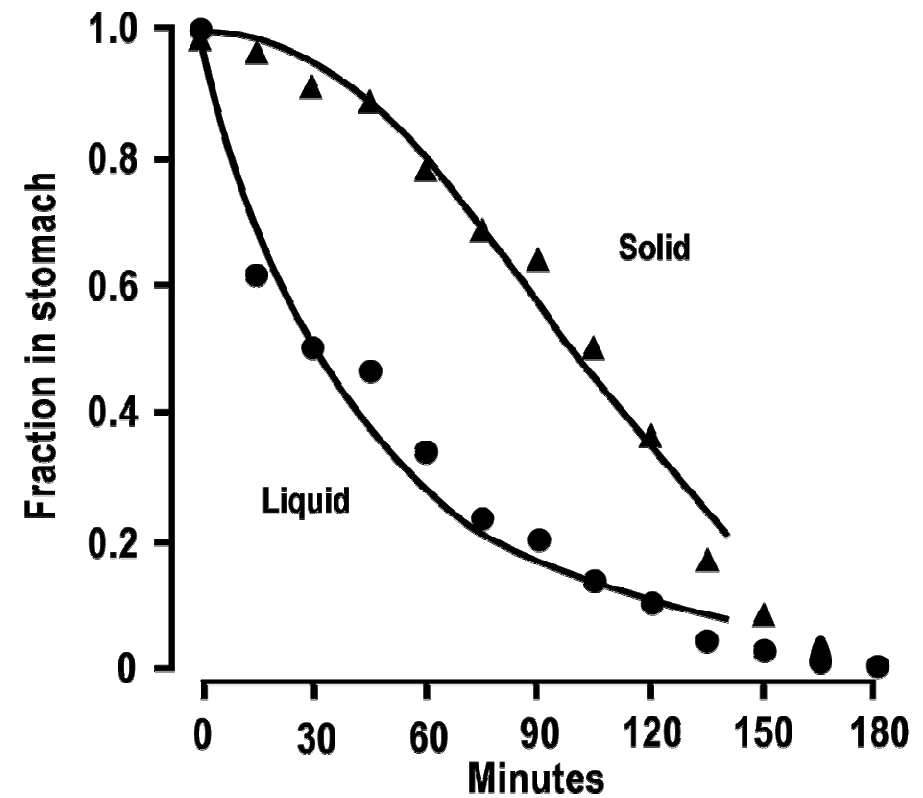
Na⁺ = 70 mM

K⁺ = 15 mM

Estomac



Temps de séjour jusqu'à 4 heures



(Kong & Singh, Journal of Food science, 2008)

Petit intestin



Hydrolyse enzymatique
(pancréas)



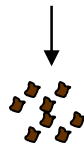
Hydrolyse enzymatique
(membrane cellulaire)



Absorption

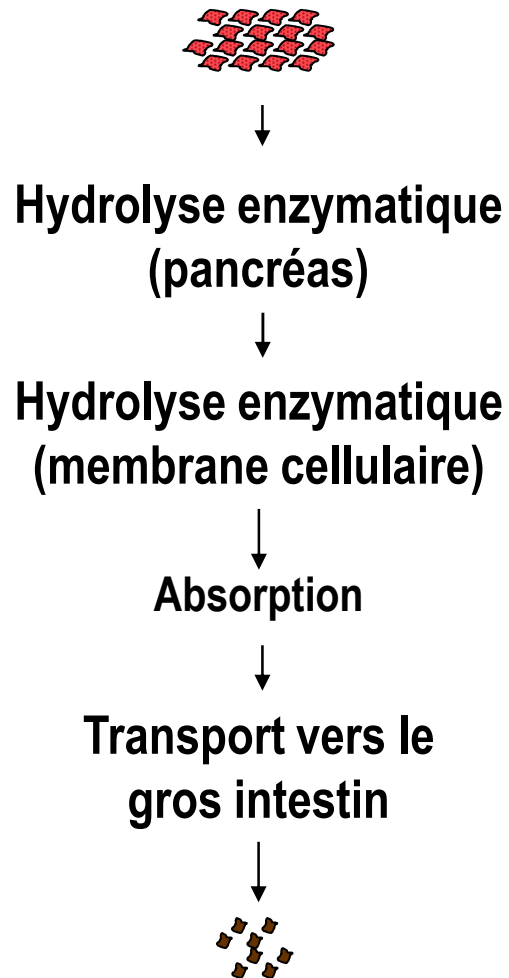


Transport vers le
gros intestin



Procédé en quatre opérations

Petit intestin



Caractéristiques

Duodénum = 0,25 m

Jéjunum = 2,00 m

Iléum = 2,75 m

Diamètre = 0,04 m

Si cylindre lisse = 0,6 m²

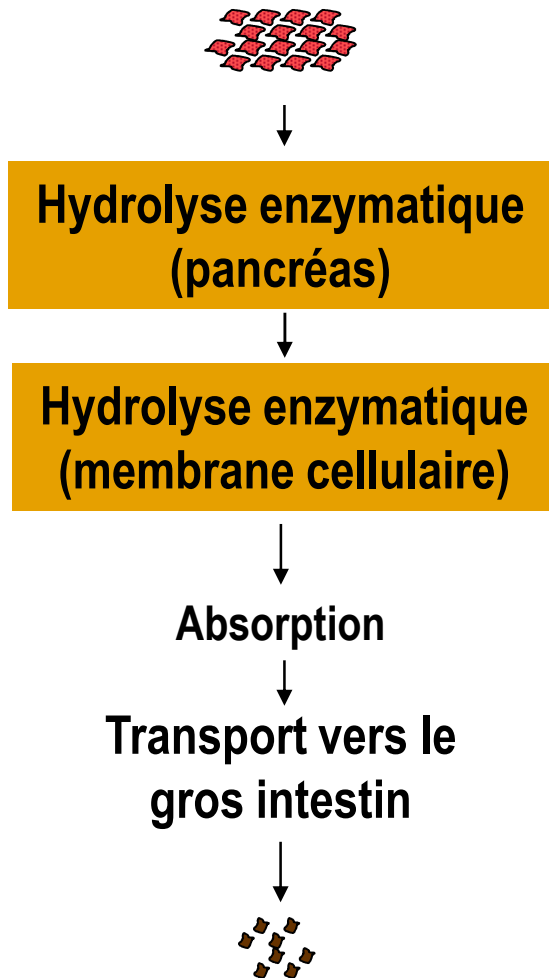
Réalité = 250 m² (Court de Tennis)

pH = 6,5-7,0

Temps de séjour ≈ 2 heures

Brassage = 9-12/min (péristaltique)

Petit intestin



Lumen

Protéines → Oligopeptides

Tri- → di- + mono- glycérides (lipides)

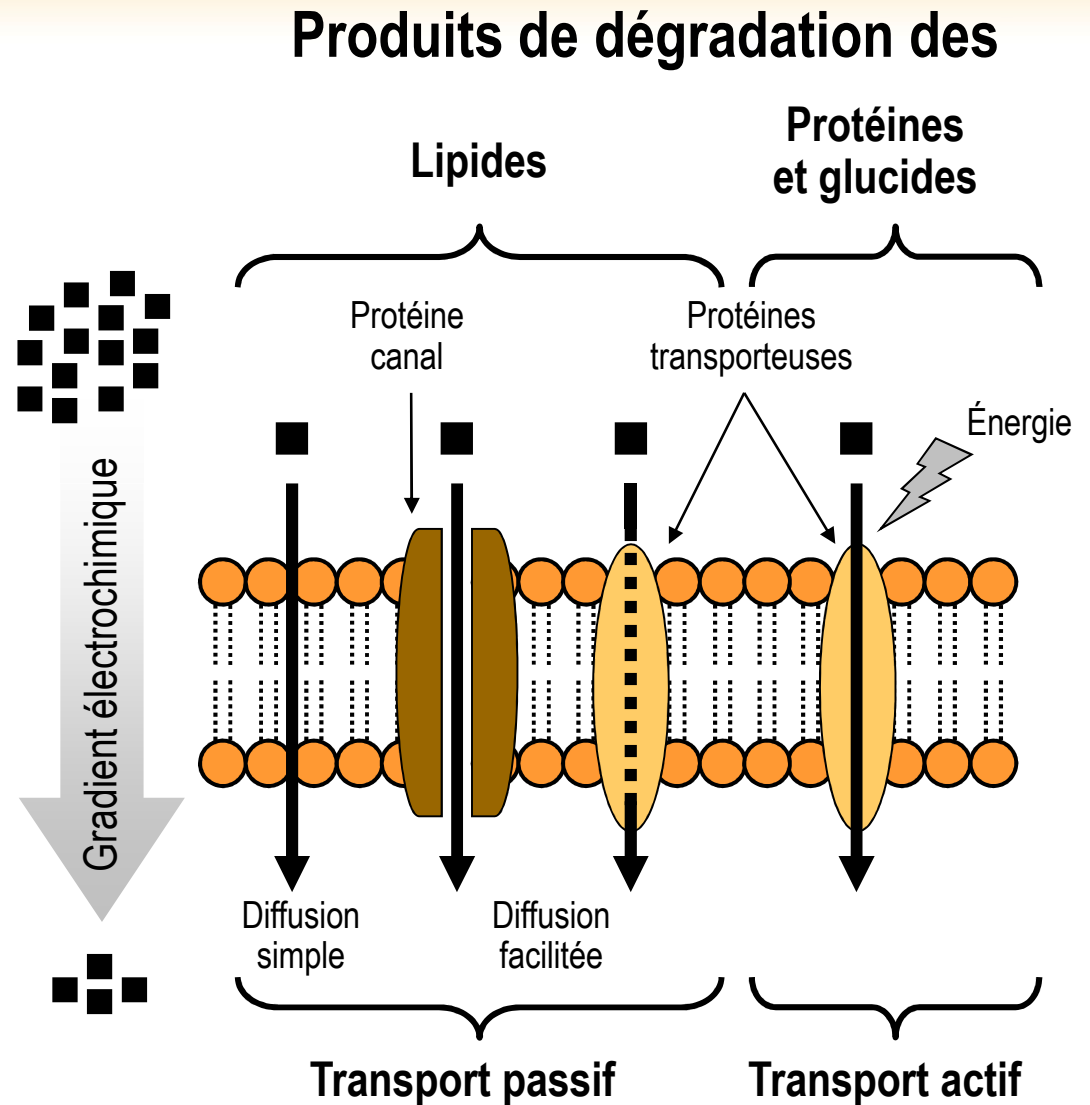
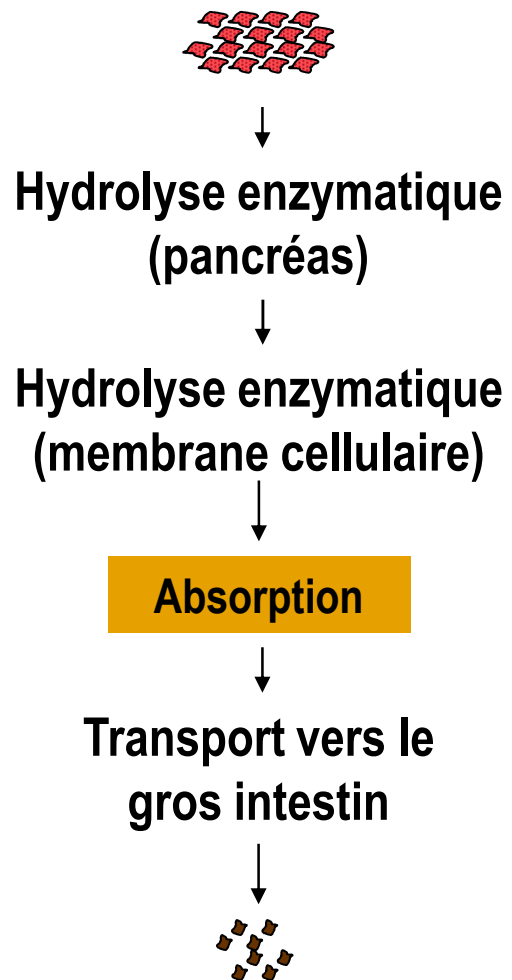
Amidon → Di- + oligo- saccharides

Membrane cellulaire

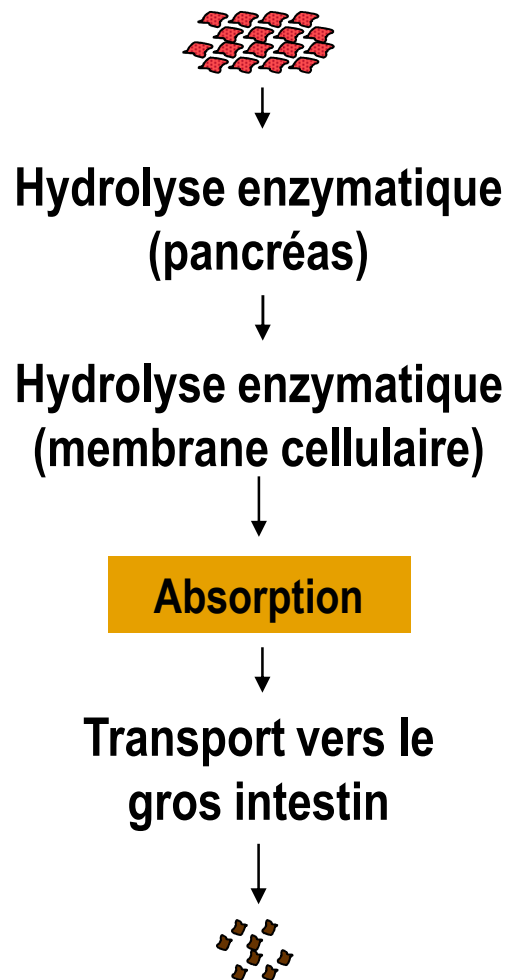
Oligopeptides → Acides aminés

Di- + Oligo- → Mono- saccharides

Petit intestin

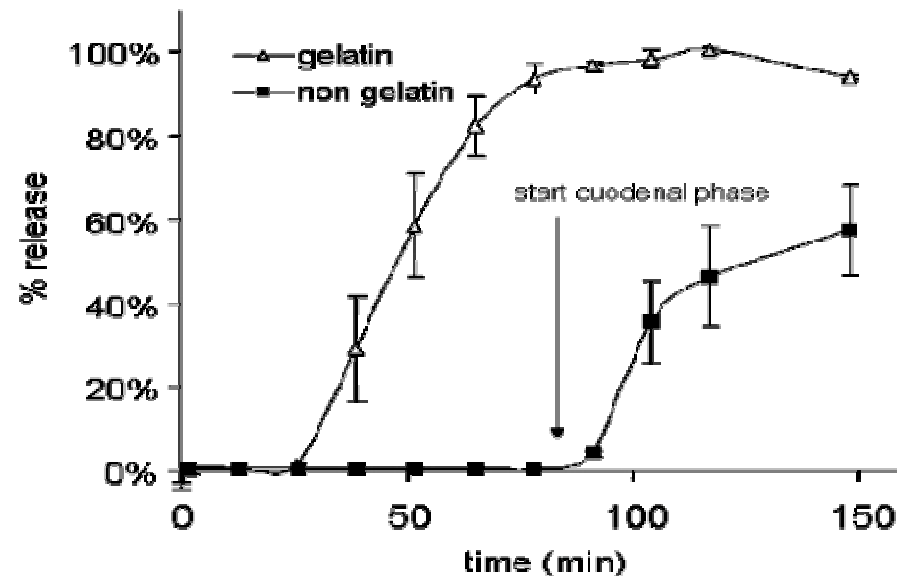


Petit intestin



Exemple des caroténoïdes

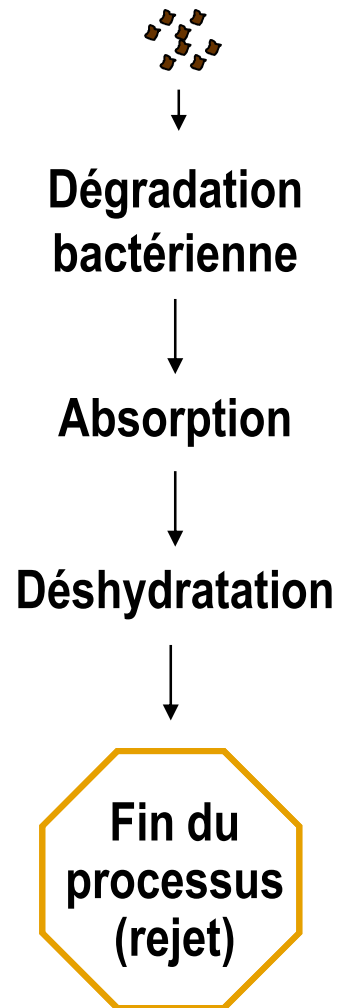
Besoin des lipides pour être absorbés



Relargage des caroténoïdes purs encapsulés

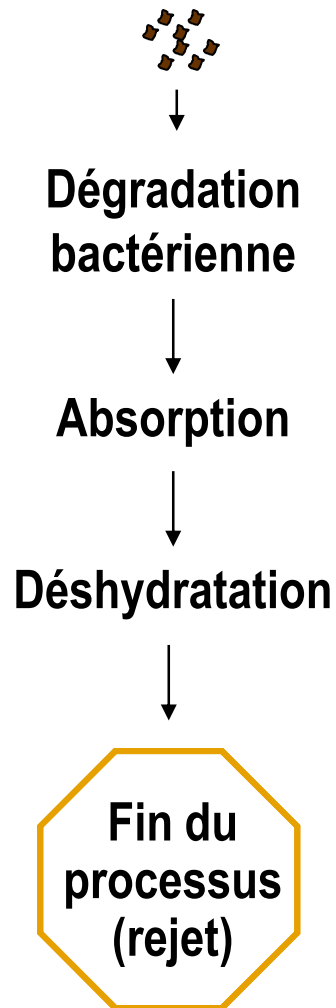
(Guus *et al.*, Food Biophysics, 2008)

Grand intestin



Procédé en trois opérations

Grand intestin



Caractéristiques

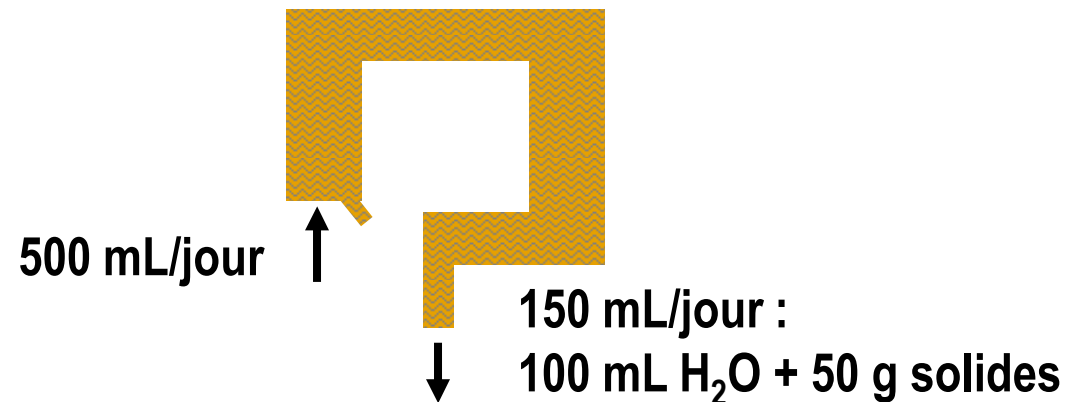
Caecum (Appendice) - Côlon – Rectum

Longueur = 1,5 m

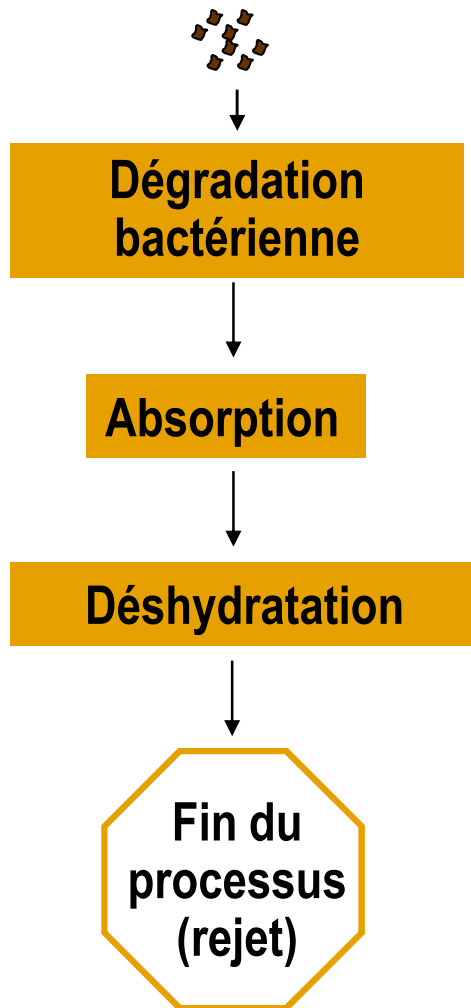
Diamètre = 0,05 m

Temps de séjour \approx 12-24 heures

Brassage = 1/30 min (Non péristaltique)



Grand intestin



- 10^{14} bactéries, 500-1000 espèces, (1,5 kg)
- Synthèse de produits (ex : Vitamine K)
- 500 mL/jour de gaz (azote, anhydride carbonique, hydrogène, méthane et sulfure d'hydrogène)

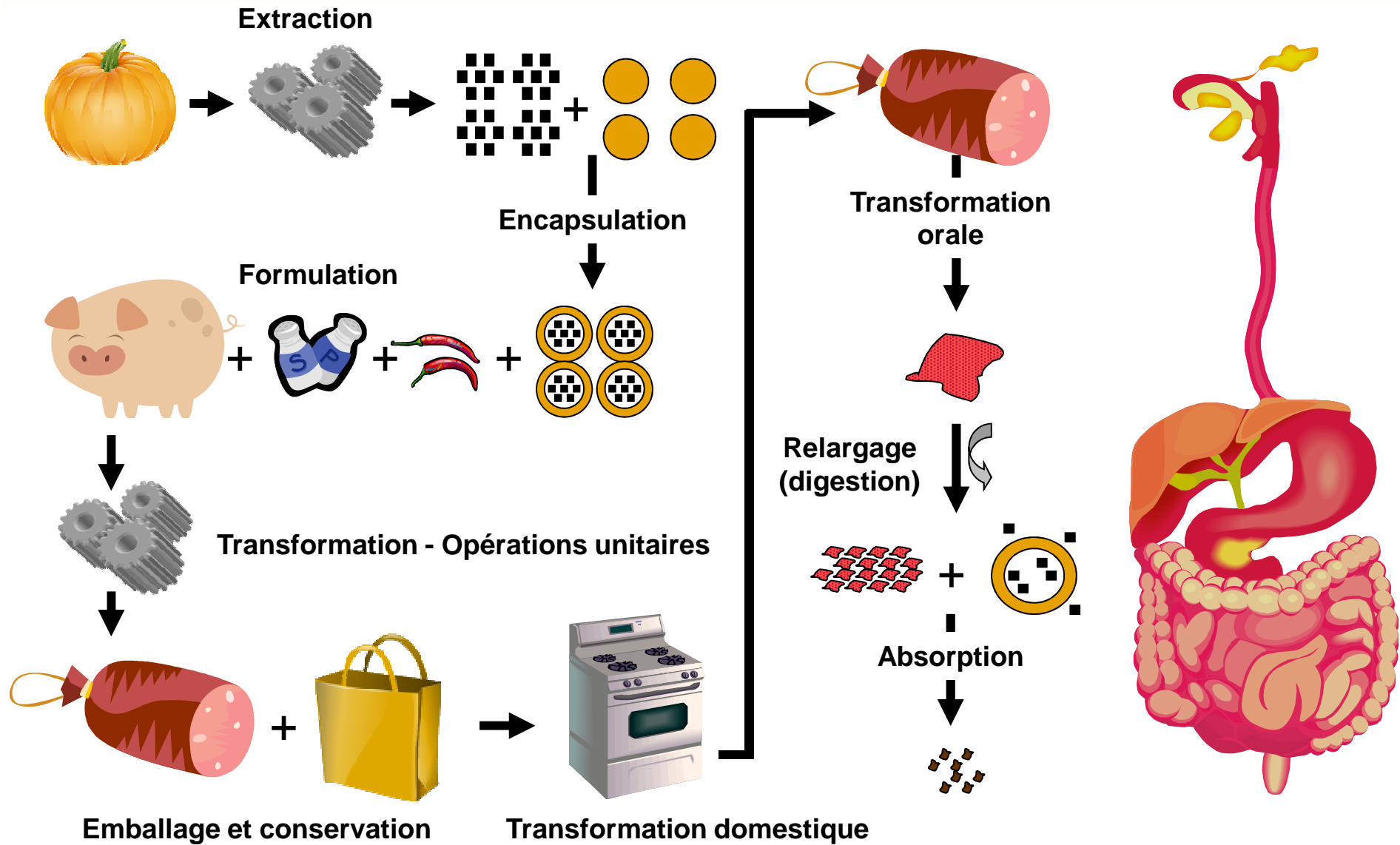
Même cellules d'absorption (surtout vitamine)

Absorption de l'eau des matières non digérées (surtout les électrolytes)

Conclusion



Le gros bon sens en agroalimentaire - Approche intégrée





Site web : www.agr.gc.ca/CentredeRecherche/StHyacinthe

Contacts : - Sébastien Villeneuve, Sebastien.Villeneuve@agr.gc.ca
- Martin Mondor, Martin.Mondor@agr.gc.ca

Canada 