

Chapitre 12

Digestion

1. Digestion des glucides
2. Digestion des lipides
3. Digestion des protéines

La digestion est la **transformation** des aliments en molécules **capables de passer de la lumière du tube digestif dans le milieu intérieur**.

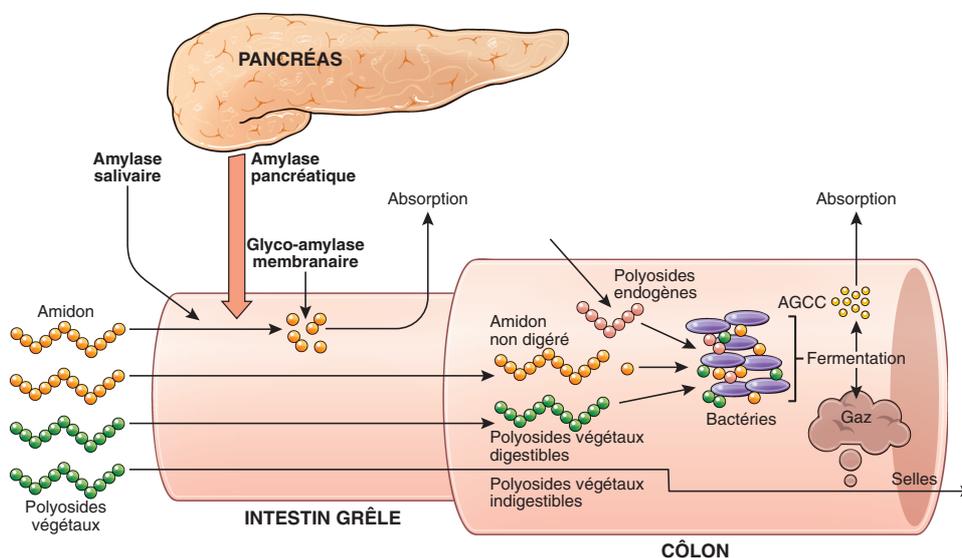
Digestion des glucides

Les sucres alimentaires sont ingérés principalement sous forme **d'amidon (polymères de molécules de glucose** liées par les liaisons alpha 1-4 et alpha 1-6), de sucres simples disaccharidiques (**sucrose** [glucose-fructose], **lactose** [galactose-glucose]) et monosaccharidiques (**fructose** et sorbitol des fruits) et de polyosides (surtout **cellulose**) contenus dans les **fibres végétales**. **La digestion des amidons est amorcée par la salive et se déroule essentiellement dans l'intestin grêle (figure 12.1), conduisant à l'absorption du glucose par transport actif**. Les polyosides végétaux traversent intacts l'intestin grêle. Les polyosides végétaux non digestibles traversent aussi intacts le côlon et sont expulsés dans les selles. Les polyosides végétaux digestibles, les amidons et le lactose ayant résisté à la digestion dans l'intestin grêle, ainsi que certains polyosides endogènes (provenant de cellules desquamées) sont partiellement ou totalement fermentés par les bactéries coliques. L'hydrolyse de ces substrats conduit à la formation d'acides gras à chaînes courtes (acides acétique, propionique et butyrique) et de gaz.

Figure 12.1 : Schéma général de la digestion des glucides

AGCC : acides gras à chaîne courte

Illustration : Carole Fumat



Amorce salivaire

L'alpha-amylase salivaire amorce la digestion des amidons alimentaires hydratés, et pour la plupart cuits, par hydrolyse des liaisons glucidiques alpha 1-4. **L'action de l'alpha-amylase salivaire est mineure** et de courte durée, car l'enzyme est inactivée par le pH acide de l'estomac après déglutition.

Digestion et absorption dans l'intestin grêle (voir chapitre 3 « Jéjunum – Iléon »)

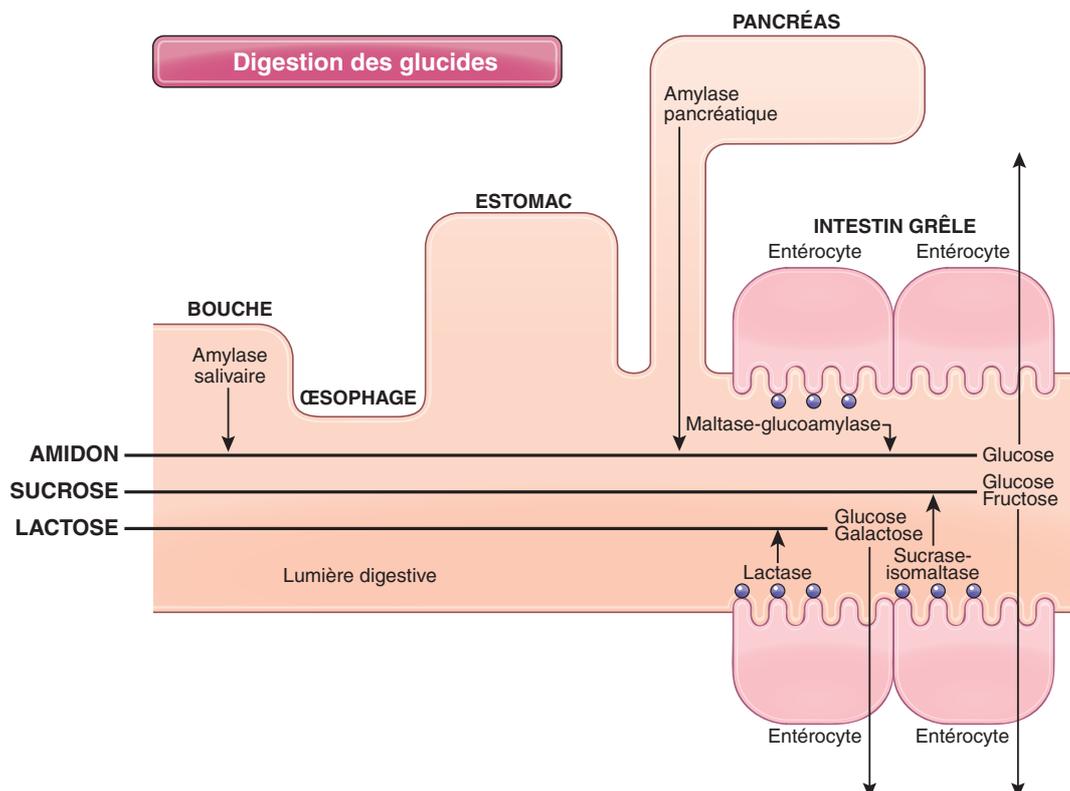
L'alpha-amylase pancréatique hydrolyse les amidons en sucres simples (glucose, maltose (glucose-glucose)) et en dextrines.

La digestibilité des amidons dépend de leur organisation structurale native (proportion des polymères d'amidon et d'amylopectine) ou après traitement culinaire. Les amidons sont d'autant plus digests qu'ils sont cuits et hydratés.

Cette hydrolyse est complétée par l'action de la **maltase-glucoamylase membranaire** qui convertit les dextrines et le maltose en glucose, directement absorbable (figure 12.2). La **sucrase-isomaltase** hydrolyse aussi le sucrose en ses deux composants monosaccharidiques (glucose et fructose) directement absorbables. Le lactose ne peut être hydrolysé en ses deux composants directement absorbables (glucose et galactose) que par l'activité de la **lactase** de la bordure en brosse membranaire des entérocytes. Cette activité est souvent basse à l'âge adulte. Le sorbitol est très peu absorbé, par diffusion passive, dans l'intestin grêle.

Figure 12.2 : Digestion de l'amidon et des glucides simples

Illustration : Carole Fumat



Fermentation colique (voir chapitre 4 « Côlon »)

Les bactéries coliques (surtout du côlon droit) fermentent tout ou partie de la fraction digestible des fibres alimentaires, qui ont toutes traversé intactes l'intestin grêle. Les volumineuses molécules polysaccharidiques non digestibles des fibres exercent dans le côlon un rôle de lest. **Les bactéries coliques fermentent aussi la partie (minoritaire) des amidons dits résistants et FODMAPs** (acronyme anglais : fermentable oligosaccharides [fructanes, galactanes]), disaccharides [lactose], monosaccharides [fructose] and polyols [sorbitol, xylitol, maltitol]) **qui a échappé à la digestion dans l'intestin grêle** (voir figure 12.1). Les produits de fermentation sont essentiellement des gaz (dont l'hydrogène et le dioxyde de carbone) et des acides gras volatils (acides acétique, butyrique et propionique), dont une partie est absorbée, participant au métabolisme de l'épithélium colique (acide butyrique) ou de l'organisme, avec un rendement énergétique d'environ 2 kcal par gramme. Les **acides gras volatils** non absorbés jouent un rôle d'hydratation des selles via leur pouvoir osmotique. Les principaux glucides susceptibles d'être fermentés dans le côlon sont détaillés dans le **tableau 12.1**.

Chez certains individus, la fermentation bactérienne colique des glucides non absorbés dans l'intestin grêle est présumée responsable d'un inconfort digestif, consistant en une flatulence (ballonnement et/ou excès d'expulsion de gaz par l'anus) et/ou des spasmes abdominaux. Ces symptômes sont souvent améliorés par la réduction des apports alimentaires en substrats glucidiques de la fermentation bactérienne (régime pauvre en lactose, apports réduits en FODMAPs). Une diarrhée peut compléter ce tableau, surtout en cas d'apports importants et sur une courte période de FODMAPs ; dans cette situation, les capacités fermentaires de la flore bactérienne colique sont dépassées. Les glucides non digérés, surtout lorsqu'ils sont de petite taille (mono- et disaccharides) exercent alors leur pouvoir osmotique, contribuent à la diarrhée, et sont anormalement présents dans les selles.

Tableau 12.1 Substrats glucidiques alimentaires de la fermentation colique

Glucides	Aliments les contenant	Quantité ingérée par jour	Proportion délivrée au côlon	Fermentation bactérienne colique
Fibres végétales Insolubles (celluloses hémicelluloses) Solubles (dont pectines)	Céréales (son) Pépins et zestes de fruits (pomme, agrumes)	5 à 30 g	100 %	Incomplète
Amidons	Blé (pain, pâtes) Pommes de terre	300 g	5 %	Complète
Oligosaccharides Fructanes (dont inuline) Galactanes	Artichauts, oignons, asperges Légumes secs	Variable	Notable	Le plus souvent complète
Disaccharides Lactose	Lait, fromage blanc, yaourts, fromages à pâtes fermentées	< 50 g	Variable	Le plus souvent complète
Monosaccharides Fructose	Fruits	Variable	Minoritaire	Le plus souvent complète
Polyols Sorbitol, Sorbitol, xylitol, maltitol	Fruits (prunes, poires) Avocats, champignons Édulcorants artificiels d'aliments dits « sans sucre »	Variable	Majoritaire	Complète sauf ingestion rapide d'une grande quantité

Digestion des lipides

Les lipides alimentaires représentent la source calorique la plus concentrée possible. Ils apportent également des acides gras essentiels et des vitamines liposolubles (A, D, E, K). **Les processus permettant la digestion et l'absorption des lipides alimentaires sont complexes car les lipides sont ingérés majoritairement sous une forme moléculaire insoluble dans l'eau.**

Amorce gastrique

Les mouvements de brassage des aliments dans l'estomac permettent **l'émulsion des lipides alimentaires en gouttelettes dispersées dans l'eau. Cette émulsification va favoriser l'action des enzymes pancréatiques et des sels biliaires dans le duodénum.**

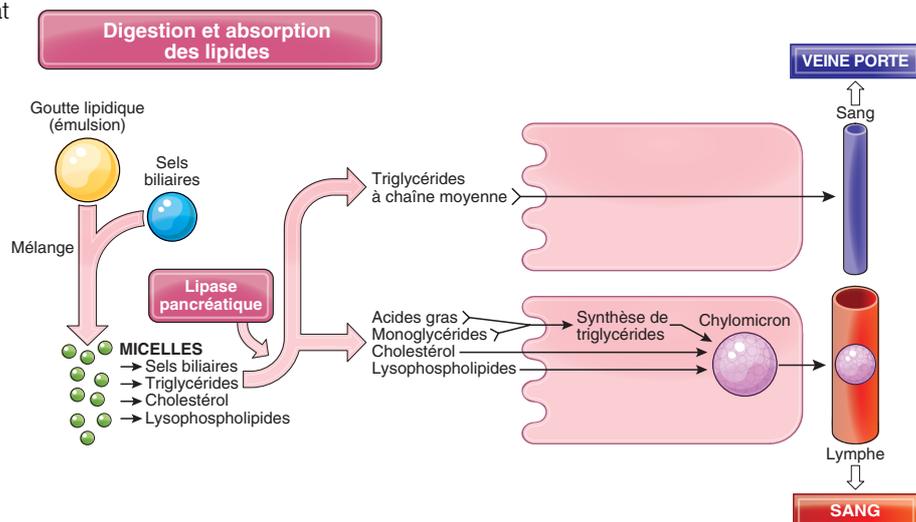
Digestion et absorption dans le duodénum et l'intestin grêle

Les gouttelettes lipidiques et les sels biliaires se mélangent pour former des micelles. Les lipases pancréatiques hydrolysent les molécules lipidiques contenues dans les micelles. Grâce aux micelles qui les contiennent, les produits de dégradation des lipides gagnent la membrane apicale des entérocytes (figure 12.3). La traversée de la membrane apicale par les produits lipidiques de dégradation enzymatique (surtout acides gras, monoacylglycérol, cholestérol) se fait par diffusion et par l'intermédiaire de protéines de transport. Dans le cytosol entérocytaire, les lipides sont dirigés vers le réticulum endoplasmique pour **une reconstitution de triglycérides, de phospholipides et d'esters de cholestérol.** L'élaboration de lipoprotéines se fait de façon progressive au sein du réticulum endoplasmique puis de l'appareil de Golgi. Les principales lipoprotéines élaborées par l'entérocyte sont les **chylomicrons**, qui quittent l'entérocyte au pôle basal par exocytose. Le diamètre des chylomicrons les exclut d'un passage dans les vaisseaux sanguins des villosités intestinales. **Les chylomicrons quittent donc l'intestin grêle par le système lymphatique et regagnent la circulation sanguine via le canal thoracique. Seuls les triglycérides à chaînes moyennes sont absorbés intacts et gagnent directement le système sanguin porte.**

Lorsque le drainage lymphatique de l'intestin grêle est défectueux, comme par exemple au cours de la maladie de Waldmann, l'apport alimentaire au moins partiellement sous forme de triglycérides à chaînes moyennes permet de limiter la maldigestion des lipides.

Figure 12.3 : Digestion des lipides

Illustration : Carole Fumat



Digestion des protéines

Amorce gastrique

Les besoins nutritionnels de l'organisme humain en acides aminés, indispensables pour la croissance et le renouvellement tissulaire, sont assurés par la digestion des protéines alimentaires dans le tube digestif. La digestion est amorcée dans l'estomac par l'acide chlorhydrique (hydrolyse acide) et l'action de la pepsine. Cette enzyme est sécrétée sous forme d'un précurseur inactif, le pepsinogène, sécrété par les cellules principales des glandes gastriques. L'activation du pepsinogène en pepsine se fait à pH acide, donc idéalement dans la lumière gastrique. La pepsine agit, lorsque le pH est acide, sur le pepsinogène inactif et sur les protéines alimentaires, en produisant plus de pepsine active (autocatalyse) et des polypeptides de grande taille.

Digestion et absorption dans l'intestin grêle

La vidange du chyme gastrique dans le duodénum déclenche la sécrétion de sécrétine (facteur déclenchant : ions H⁺) et de cholécystokinine (facteurs déclenchant : polypeptides et graisses) par les cellules endocrines duodénales. Il en résulte une stimulation de la sécrétion pancréatique riche en bicarbonates et en enzymes, et une vidange de la vésicule biliaire. Le chyme duodéal est donc rapidement mélangé avec les sécrétions pancréatique et biliaire, pour optimiser le processus de digestion. Plusieurs enzymes pancréatiques sont actives sur les chaînes polypeptidiques : trypsine, chymotrypsine, élastase, carboxypeptidases. L'activation des précurseurs inactifs pancréatiques se fait dans le duodénum, de façon séquentielle, par action de l'entérokinase attachée à la membrane apicale des entérocytes. L'entérokinase active le trypsinogène en trypsine, puis la trypsine active les précurseurs des autres protéases (voir chapitre 7 « Pancréas »).

Ces enzymes pancréatiques produisent à partir des chaînes polypeptidiques des acides aminés et surtout des peptides formés de 6 à 8 acides aminés. Une digestion complémentaire est assurée par les peptidases membranaires des entérocytes, qui vont produire à partir de ces peptides des acides aminés et des petits peptides (di- ou tripeptides). Seuls les acides aminés et les di- ou tripeptides sont absorbés. Une digestion finale des petits peptides prend place sous l'action des peptidases intracellulaires (figure 12.4). Les acides aminés quittent ensuite l'entérocyte vers le foie via le système porte.

Figure 12.4 : Digestion des protéines

Illustration : Carole Fumat

