Caractéristiques physico-chimiques des aliments et devenir digestif des glucides

Martine Champ, Fabienne Guillon, J.L. Barry

▶ **To cite this version:**

Martine Champ, Fabienne Guillon, J.L. Barry. Caractéristiques physico-chimiques des aliments et devenir digestif des glucides. Cahiers de Nutrition et de Diététique, 1998, 33 (5), pp.323-328. hal-02689783

HAL Id: hal-02689783
https://hal.inrae.fr/hal-02689783

Submitted on 1 Jun 2020

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.

Copyright

Inventaire PUB
N° 0000 2438

CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES ALIMENTS ET DEVENIR DIGESTIF DES GLUCIDES*

Martine CHAMP, Fabienne GUILLON, J.-L. BARRY †

Les glucides constituent le principal apport énergétique de l'alimentation. Une fraction importante de ces glucides est assimilable sous forme de glucose dans l'intestin grêle tandis que les oligosaccharides « indigestibles », l'amidon résistant et plus généralement les fibres alimentaires sont disponibles pour la fermentation bactérienne. Les caractéristiques intrinsèques des glucides, leur environnement dans l'aliment et les traitements qu'ils ont subis pendant la préparation de l'aliment ont des répercussions importantes sur leur biodisponiblité.

1. Devenir digestif des glucides en fonction de leur biodisponibilité

Les glucides alimentaires forment un groupe de substances très diverses par leurs caractéristiques physicochimiques. Ils présentent en outre des propriétés physiologiques variées et plus ou moins importantes pour la santé *(tableau I)* [1, 2]. Les glucides sont généralement classés en fonction de critères à la fois chimiques (nombre d'unités osidiques par molécule) ou physiologiques (digestion et absorption ou pas avant la fin de l'intestin grêle).

Les oses sont des unités monosaccharidiques (hexose ou pentose). Les oses majeurs de notre alimentation sont absorbés au niveau de l'intestin grêle par un mécanisme de transport actif (glucose et galactose) ou passif (fructose). Parmi les diholosides ou disaccharides alimentaires, les plus répandus, le saccharose et le lactose sont hydrolysés au niveau de la muqueuse intestinale. Les oligosaccharides (degré de polymérisation (DP) compris entre 3 et 10) incluent des dextrines (dérivées de l'amidon) qui sont digestibles mais également des composés qui parviennent intacts au côlon et qui sont plus ou moins rapidement fermentés. Parmi eux, les α-galactosides (raffinose, stachyose et verbascose) sont supposés être à l'origine des flatulences liées à la consommation de légumes secs [3]. D'autres oligosaccharides de poids moléculaire un peu plus élevé sont obtenus par des traitements enzymatiques (hydrolyse, isomérisation ou trans-fructosylation). Ce sont par exemple les β-fructo-oligosaccharides [4].

Tableau I
Propriétés physiologiques des glucides alimentaires (d'après Cummings *et al.* [1]).

Source énergétique (potentiellement pour tous les glucides)	
Augmentation de la satiété	
Contrôle de la glycémie et de l'insulinémie	
Glycosylation des protéines	
Abaissement du cholestérol	
Déshydroxylation des acides biliaires	
Effet laxatif	
A travers les fermentations :	production d'hydrogène et de méthane
	augmentation de la biomasse bactérienne
	contrôle de la fonction cellulaire épithéliale
Stimulation sélective de la croissance microbienne, par exemple des bifidobactéries	

* *Texte d'un exposé de novembre 1997 aux Journées Francophones de Nutrition, Paris-La Villette.*

Institut National de la Recherche Agronomique, Centre de Recherche de Nantes, BP 71627, F-44316 Nantes Cedex 3.

† *Cet article est dédié à J.-L. Barry, directeur du laboratoire, décédé en juillet 1998.*

Enfin, seuls les polymères du glucose (liaisons α-1-4 et 1-6, uniquement) sont des polysaccharides « digestibles » (amidon, maltodextrines, glycogène). Tous les autres polysaccharides sont « indigestibles » dans l'intestin grêle (constituants des fibres alimentaires et amidon résistant [5]). Ces derniers parviennent jusqu'au gros intestin où ils servent de substrat aux bactéries coliques.

Les substrats « digestibles » sont hydrolysés jusqu'au stade monomérique (glucose, galactose, fructose, principalement) et absorbés au niveau de l'intestin grêle. Ces oses sont essentiellement métabolisés au niveau du foie ; le glucose est partiellement utilisé par la muqueuse digestive mais surtout au niveau périphérique par le cerveau, les globules rouges, les muscles et de nombreux autres organes.

Les glucides fermentés au niveau du côlon sont à l'origine de production de gaz (CO_2, H_2 et CH_4), d'acides gras à chaîne courte (AGCC) (principalement acétate, propionate et butyrate) mais également d'autres molécules organiques telles que le lactate. Si les gaz sont sans intérêt au niveau nutritionnel car excrétés dans l'air expiré et par voie rectale, les acides gras à chaîne courte participent au métabolisme énergétique de l'organisme.

L'acétate est métabolisé à plusieurs niveaux dont le foie, le propionate est surtout métabolisé au niveau hépatique, enfin le butyrate est le substrat énergétique privilégié du colonocyte et seule une petite fraction de cet AGCC parvient jusqu'au foie [6].

En dehors, de cette distinction majeure concernant le devenir digestif des glucides, le métabolisme des nutriments peut être influencé par le site au niveau duquel ils sont absorbés mais également par la vitesse à laquelle ils sont produits. L'exemple le plus connu concerne les glucides lents et les glucides rapides dont la digestion génère une secrétion d'insuline plus ou moins importante.

La structure de la molécule glucidique

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, les principaux oses libres de l'alimentation sont absorbés au niveau de l'intestin grêle par des mécanismes soit actifs soit passifs. Très peu d'oses libres parviennent donc dans le gros intestin mais, comme le montrent l'étude de Barry *et coll.* [7], la nature même des oses influence leur utilisation *(fig. 1)*. Cependant cette composition osidique ne suffit pas à expliquer les différences de fermentescibilité (vitesse et taux de dégradation par les bactéries coliques et nature des produits de fermentation) de certaines fibres alimentaires. Ainsi, l'amidon qu'il soit très « biodisponible » ou beaucoup plus faiblement fermenté génère beaucoup plus de butyrate (cf. § 4) au cours de sa fermentation que le polydextrose (résultats du laboratoire non publiés).

L'arrangement des oses au sein de la molécule glucidique conditionne aussi sa biodisponibilité au niveau de l'intestin grêle. En effet, le système digestif possède un nombre limité d'enzymes susceptibles de dégrader les glucides. Les principales sont les α-amylases d'origine salivaire et pancréatique qui hydrolysent les liaisons α1-4 et α1-6 caractéristiques de l'amidon et de ses dérivés, les maltodextrines. La muqueuse intestinale secrète des enzymes capables de terminer l'action des α-amylases : maltase, isomaltase et 1,6-glucosidase qui hydrolysent les différentes dextrines et diholosides en glucose. Ces enzymes hydrolysent soit la liaison α1-4 soit la liaison α1-6 des dextrines. D'autres enzymes produites également au niveau de la muqueuse intestinale, l'invertase (hydrolyse la liaison entre le glucose et le fructose du saccharose) et la lactase (hydrolyse la liaison entre le glucose et le galactose du lactose), permettent chez la plupart des êtres humains, l'hydrolyse des deux principaux disaccharides alimentaires : le saccharose et le lactose [8]. Toutes les autres molécules composées de plus d'un ose ne peuvent être hydrolysées dans l'intestin grêle et parviennent jus-

2. Caractéristiques physicochimiques des aliments susceptibles d'influencer la biodisponibilité des glucides

Les caractéristiques physicochimiques des aliments concernent plusieurs niveaux d'organisation. Ces niveaux susceptibles de jouer un rôle sur le devenir des glucides alimentaires sont :

- **la structure chimique de la molécule glucidique** incluant sa composition osidique, la nature des liaisons impliquées, le degré de branchement des chaînes et la présence éventuelle de substituants (groupements méthyle, sulfates, etc.),
- **au niveau supramoléculaire :**
  - l'arrangement des macromolécules entre elles qui définit notamment la cristallinité et la microporosité,
  - les interactions qu'elles ont avec l'environnement qui influencent en particulier la capacité d'hydratation, la porosité du substrat considéré ou de l'aliment,
  - enfin la taille des particules alimentaires.

Ces caractéristiques sont mesurables par des techniques plus ou moins sophistiquées.

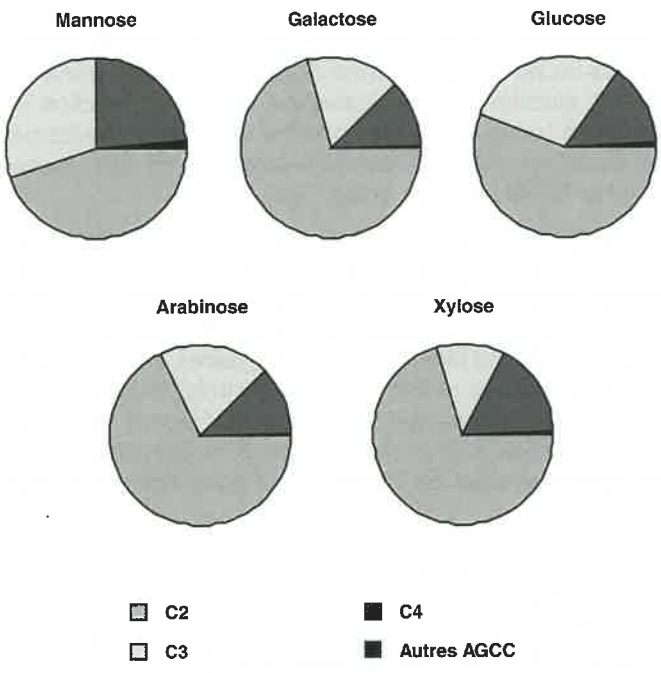

Figure 1
Profil fermentaire de différents oses (Barry *et al.*, 1989) [7].

qu'au côlon dont la population bactérienne très importante possède un équipement enzymatique beaucoup plus varié. Les seuls oses qui sont donc absorbés en quantité significative sont le glucose, le galactose et le fructose.

La composition osidique est facilement déterminée par des techniques chromatographiques. La nature des liaisons supposée peut être confirmée par les méthodes de dosage enzymatique qui supposent cependant d'avoir identifié les oses présents dans la molécule.

En dehors de la nature même des liaisons, l'arrangement des molécules dans l'espace, influence leur dégradabilité. Le degré de ramification de la molécule peut ainsi être un facteur limitant son hydrolyse (exemple : le glycogène, dont la formule générale et la nature des liaisons sont identiques à celles de l'amidon).

L'organisation supramoléculaire

– Cristallinité et microporosité

La cristallinité de la macromolécule influence également l'accessibilité de l'enzyme dans sa partie « interne ». L'amidon natif (= cru) est ainsi beaucoup moins digestible qu'un amidon cuit. La structure pseudo-cristalline de l'amidon est ainsi détruite par la cuisson en milieu hydraté. En revanche, un amidon cuit qui a été conservé à + 4 °C pendant plusieurs heures aura partiellement rétrogradé. Les molécules d'amylose (molécules non branchées présentes dans l'amidon) se sont réarrangées en une nouvelle structure cristalline souvent plus résistante que celle préexistant dans l'amidon natif. La cellulose représente également une structure cristalline mais les traitements susceptibles de diminuer cette cristallinité ne peuvent être appliqués en alimentation humaine.

La cristallinité se détermine par diffraction des rayons X. Le spectre caractéristique des amidons crus les plus digestibles (amidons de céréales, d'une façon générale) est dit de type A. Le type B caractérise les amidons les moins digestibles à l'état cru : les amidons de pomme de terre et de plusieurs autres tubercules, ceux de la banane (immature) [9], du pois ridé ou de l'amidon riche en amylose. Enfin le type C se rencontre essentiellement chez les amidons de légumineuses, il est intermédiaire entre le type A et le type B [10].

La microporosité au sein d'un aliment (concerne des pores dont la taille est comprise entre 0,8 et 50 nm) est influencée par les traitements appliqués à l'aliment. Cette microporosité concerne également l'accession des enzymes au « cœur » de la molécule. La solubilisation des substances pectiques au cours de traitements hydrothermiques ou du passage dans le tractus digestif augmente la microporosité des parois cellulaires favorisant ainsi la dégradation par les enzymes bactériennes coliques des autres constituants de la paroi végétale.

D'une façon générale, une destruction de la structure cristalline accroît la microporosité de la molécule et par là de la particule alimentaire. Cette caractéristique peut être déterminée par des méthodes physiques : adsorption gazeuse, porosimétrie à mercure en mileu anhydre et enfin des méthodes basées sur le principe de l'exclusion stérique en milieu hydraté.

– Capacité d'hydratation et macroporosité

Très généralement, lorsqu'on s'intéresse à la capacité d'hydratation, celle ci est déterminée non plus sur une macromolécule mais sur une matière première de composition éventuellement complexe ou même un aliment réalisé à partir de plusieurs ingrédients. Ce terme recouvre plusieurs paramètres, la capacité d'absorption, la capacité de gonflement, la capacité de rétention d'eau. Ces différents paramètres sont très largement influencés par les traitements appliqués à l'aliment, certains ayant tendance à les augmenter (cuisson-extrusion, par exemple), d'autres à les réduire (séchages drastiques, à haute température). Ces propriétés vis-à-vis de l'eau conditionnent la perception en bouche des aliments et donc leur acceptabilité par le consommateur et peut également influencer leur digestion. Bien évidemment, les enzymes ayant besoin d'eau pour diffuser dans leur substrat, une faible capacité d'hydratation limite leur action.

Les propriétés d'hydratation d'un substrat sont déterminées par des techniques simples. La capacité de gonflement représente le volume occupé par une suspension de l'aliment dans un excès de solvant dans des conditions de température et de pH définies. La capacité d'absorption d'eau est mesurée par des isothermes de sorption, par des méthodes colligatives (abaissement du point de congélation) ou par détermination de l'eau absorbée par capillarité. La capacité de rétention d'eau correspond à la quantité d'eau retenue par l'aliment lorsque celui ci est soumis à une force extérieure, le plus communément, une force centrifuge [11].

La macroporosité concerne non plus la seule accession de l'enzyme au substrat mais celle de la bactérie (taille de pore comprise entre 0,3 et 10 µm). Un substrat est d'autant plus dégradable et donc plus fermentescible que la surface d'attaque par les bactéries est plus grande et bien sûr, celle-ci est directement liée à la macroporosité de la matière première considérée [12].
La macroporosité se détermine en général par mesure de la quantité d'eau retenue par le matériel contre un gradient de pression. L'intensité avec laquelle l'eau est retenue dans les pores est inversement proportionnelle au diamètre des pores et donc, chaque pression appliquée correspond à un diamètre théorique de pore. La courbe obtenue représente alors le volume poreux (quantité d'eau retenue) en fonction du diamètre des pores.

– L'environnement des molécules glucidiques au sein de l'aliment

Dans la plupart des aliments, les molécules glucidiques sont environnées de macromolécules de natures diverses. Elles peuvent être éventuellement emprisonnées dans un réseau protéique ou dans des cellules végétales ou liées par des interactions chimiques fortes à d'autres composants de l'aliment (lipides ou minéraux, par exemple).

En ce qui concerne l'amidon, les deux exemples les plus connus d'encapsulation sont :
– les pâtes alimentaires dans lesquelles le réseau de gluten piège littéralement les grains d'amidon qui gardent leur structure granulaire au cours de la pastification,
– les légumes secs (haricots, lentilles...) qui sont consommés en général après cuisson de la graine entière et dont l'amidon demeure prisonnier des cellules végétales restées

intactes pendant le traitement thermique en raison de leur résistance importante.

Ces deux formes d'inaccessibilité physique du substrat aux enzymes amylolytiques expliquent aisément la nature de « glucides lents » de ces deux aliments et même celle d'aliments riches en amidon résistant des légumes secs.

Parmi les exemples d'interaction entre nutriments, deux sont particulièrement illustratifs :

– la complexation de l'amidon (la fraction amylose, plus particulièrement) à des monoglycérides lors de traitements tels que la cuisson-extrusion, par exemple. Cette complexation peut impliquer des lipides préexistant dans le grain (maïs, par exemple) ou ajoutés pour des raisons technologiques (lipides ajoutés au pain de mie pour éviter son rassissement, par exemple),

– la contribution du calcium dans la gélification de certaines pectines.

D'un caractère plus anecdotique, au moins jusqu'à présent, est le rôle des substances visqueuses présentes dans un aliment sur la biodisponibilité des glucides et en particulier de l'amidon. C'est le cas des gommes de guar qui diminuent la réponse glycémique à un repas amylacé [13]. En fait, sans application immédiate dans l'alimentation « ordinaire », cette observation est exploitée dans le domaine de l'alimentation entérale.

Au niveau des parois végétales, il a été montré depuis longtemps que les polysaccharides pariétaux peuvent être associés entre eux mais également à un polymère non fermentescible, la lignine. Les hémicelluloses ou les substances pectiques qui pourraient, une fois isolées, être très fermentescibles sont en fait beaucoup plus faiblement dégradées en raison de ces interactions.

– *La taille des particules alimentaires*

Cette caractéristique macroscopique de l'aliment ou même du digesta est également très importante pour expliquer son devenir digestif et même son effet physiologique potentiel.

Il est aisé de comprendre intuitivement que plus une particule est fine plus elle est accessible, dans son entier, aux enzymes digestives ou bactériennes, en effet la surface accessible tend à augmenter. La mastication permet, si elle est efficace, de préparer l'aliment à la digestion et en particulier de réduire la taille des particules les plus grossières. D'autre part un mécanisme de régulation bien connu, permet à l'estomac de retenir les particules alimentaires jusqu'à ce quelles atteignent une taille de 0,3 mm de diamètre environ [8]. Seulement ensuite, ces particules peuvent accéder à la digestion intestinale.

La taille des particules joue également un effet au niveau colique. Logiquement également les particules les plus fines sont les plus vites fermentées, en particulier dans le cas où les particules présentent une faible porosité (exemple : téguments de pois) [14].

Au niveau physiologique, les répercussions de la taille des particules sont particulièrement importantes en ce qui concerne le transit digestif. Le son de blé n'est efficace pour réguler le transit digestif que lorsque les particules sont grossières. En effet, il paraît très probable que l'effet mécanique soit prédominant dans ce cas.

3. Biodisponibilité des glucides et valeur énergétique

Les glucides qui sont absorbés sous forme d'hexose (glucose, fructose, galactose, principalement) ont une valeur calorique de 3,75 Kcal/g (15,7 KJ/g) et leur catabolisme cellulaire produit environ 38 moles ATP/mole [1]. Cependant les fibres alimentaires ont une valeur énergétique moindre due à leur conversion partielle en acides gras à chaîne courte au cours de la fermentation colique. Cette valeur calorique est comprise entre 0 et 2,4 Kcal/g (0-10 KJ/g) en fonction de leur fermentescibilité mais également du mode de calcul utilisé. Via le catabolisme des AGCC absorbés, ils produisent 10-17 moles ATP/mole d'unité osidique fermentée.

En dehors de cette valeur énergétique propre, certaines fibres alimentaires semblent être capables de diminuer la biodisponibilité des autres nutriments et par conséquent la valeur énergétique de l'aliment qui les contient. Pour cette raison, au niveau de l'étiquetage des aliments, il est généralement recommandé de donner une valeur énergétique de 1,5 Kcal/g (6,3 KJ/G) aux glucides parvenant au niveau colique [1].

4. Importance de la vitesse et du site de digestion des glucides dans l'intestin grêle

La biodisponibilité de l'amidon s'estime par des méthodes *in vitro* mais également par une technique *in vivo* devenue très classique : la détermination de l'index glycémique de l'amidon, de l'aliment ou du repas *(fig. 2)*. Cette méthode a été proposée à l'origine par Jenkins *et coll.* [15] pour classer les aliments en fonction de la réponse glycémique qu'ils induisaient et ceci essentiellement pour faciliter les conseils nutritionnels aux diabétiques *(tableau II)*. Il s'agissait à l'origine de déterminer la cinétique de réponse glycémique, au niveau périphérique, à une charge de glucose de 50 grammes puis d'étudier à une semaine d'intervalle environ, la réponse glycémique à un aliment apporté en quantité correspondant à l'apport de 50 grammes d'équivalent glucose. L'index glycémique est alors le rapport multiplié par 100 entre les aires sous les courbes aliment/glucose.

Les réponses glycémiques au glucose présentent un pic très précoce (environ 30 minutes) puis une chute rapide de la glycémie qui tend à passer sous la valeur basale environ

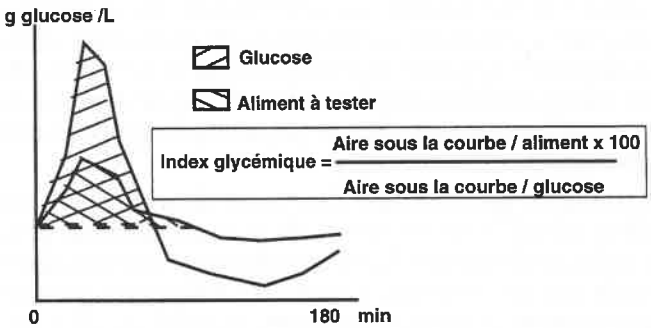

Figure 2
Détermination de l'index glycémique d'un aliment.

Tableau II
Index glycémiques de quelques aliments amylacés
(Source : Foster-Powell & Brand Miller [12].

Aliment	Index glycémique
Glucose	100
Cornflakes	84
Pain blanc	70
Pommes de terre (bouillies)	56
« Baked beans » (conserve)	48
Riz précuit (parboiled)	47
Pois	47
Spaghetti (blanc)	41
Pois chiche	33
Lentilles (rouges)	26

2 heures après la prise du glucose puis un lent retour à la valeur basale au bout de 3 heures environ. Dans le cas d'un aliment contenant un amidon « rapide », la courbe peut être proche de celle du glucose avec toutefois rarement d'hypoglycémie réactionnelle. Dans le cas d'un amidon lent, la courbe s'élève moins haut et moins vite et le retour à la glycémie basale est plus lent. En général, les réponses insuliniques ont un aspect très proche de celui de la réponse glycémique sans jamais toutefois présenter de valeurs inférieures à la valeur basale en phase post-prandiale.

Il est de plus en plus admis que la consommation de glucides lents est favorable dans la prévention d'un certain nombre de pathologies métaboliques telles que l'obésité [16], le diabète de type II ou les maladies cardiovasculaires. Une étude récente sur modèle animal démontrerait en outre des répercussions des glucides rapides sur l'apparition de cancers du côlon. Une insulinorésistance acquise à la suite d'une consommation excessive de glucides rapides semble jouer un rôle dans l'apparition de ces maladies.

5. Importance du profil fermentaire, de la vitesse et du site de fermentation des glucides dans le côlon

Les glucides qui parviennent au gros intestin sont soumis à la fermentation par les bactéries coliques. Cette fermentation donne naissance à des gaz (gaz carbonique, hydrogène et méthane, principalement) et à des acides organiques dont les principaux sont les acides gras à chaîne courte (AGCC). Une production de gaz intra-colique importante tend à accélerer le transit digestif des aliments. Ce cas de figure est particulièrement observé lors de l'ingestion des substrats les plus fermentescibles tels que certains disaccharides (lactose, par exemple) ou oligosaccharides (α-galactosides, fructooligosaccharides à courte chaîne). Une production excessive de gaz est plutôt considérée comme un inconvénient pour le consommateur car source de flatulence et plus généralement d'inconfort digestif ou même de douleurs abdominales. Les AGCC sont des nutriments qui sont utilisés par différents organes (intestin, foie ou organes périphériques), notamment comme substrat énergétique. Parmi les principaux AGCC (acétate, propionate et butyrate) formés au cours de la fermentation colique, le butyrate est celui qui suscite le plus l'intérêt des chercheurs et des médecins. En effet, cet AGCC est le nutriment majeur du colonocyte ; il semble jouer un rôle très important dans la santé du côlon et notamment dans la prévention et/ou le traitement de plusieurs maladies atteignant cet organe. Le butyrate est généralement des 3 AGCC majeurs, celui qui est produit en plus faible quantité mais le % butyrate/AGCC totaux peut atteindre 30 % avec certains substrats glucidiques (certains amidons résistants ou des fructooligosaccharides). Les mécanismes qui sont à l'origine de productions plus ou moins importantes de butyrate ne sont pas encore élucidés mais il est évident que la microflore colique doit jouer un rôle primordial. Des études menées au laboratoire démontrent que la seule composition osidique ne suffit pas à expliquer le profil fermentaire des molécules glucidiques.

En dehors de l'aspect profil des AGCC formés, un autre paramètre intéresse fortement la communauté scientifique ; il s'agit du site et de la vitesse de fermentation des glucides. En effet, assez intuitivement, on peut imaginer que les glucides générateurs de butyrate pourront présenter un intérêt majeur dans les pathologies qui touchent le côlon proximal (maladies inflammatoires et certains cancers coliques) ou distal (la plupart des cancers recto-coliques) s'ils sont fermentés préférentiellement au niveau duquel il est souhaitable qu'ils agissent. Des travaux nantais récents montrent en effet des différences de localisation des sites majeurs de fermentation pour un amidon résistant et un fructooligosaccharide à courte chaîne [17].

Conclusion

Les glucides, malgré une composition chimique relativement simple, regroupent une très grande variété de composés, en terme de poids moléculaires et de propriétés physico-chimiques et nutritionnelles. La première de ces classifications est celle qui concerne leur devenir digestif. Les glucides digérés (et absorbés) dans la partie supérieure du tube digestif (principalement l'amidon, le glucose et quelques disaccharides) sont pour la plupart à l'origine d'un nutriment essentiel pour l'organisme : le glucose. Les glucides fermentés au niveau colique sont des sources d'acides gras à chaîne courte, de gaz. Parmi les acides gras à chaîne courte, l'attention se concentre principalement sur le butyrate. Une fraction enfin des glucides n'est que peu fermentescible, elle sert de « ballast » au niveau du côlon permettant la régulation du transit colique.

La composition des glucides mais également leur environnement dans l'aliment voire le repas sont des facteurs prépondérants dans leur devenir digestif puis métabolique. Ainsi les facteurs susceptibles de diminuer la biodisponibilité de l'amidon qu'ils soient liés à la structure même de l'amidon, à une complexation d'une partie de ses chaînes linéaires ou à une encapsulation plus ou moins étanche (par exemple parois végétales intactes ou réseau de gluten) du grain sont recherchés dans le développement de glucides lents. Ces derniers semblent en effet présenter un intérêt majeur en matière de prévention de maladies telles que le diabète de type II, les maladies cardiovasculaires et même peut-être du cancer du côlon.

La connaissance des caractéristiques optimales des glucides fermentescibles en réponse à un problème de santé précis n'est encore que partielle et beaucoup d'effets bénéfiques des « fibres alimentaires » au sens large ne sont pas encore

expliqués. En conséquence, il est difficile de proposer des traitements technologiques susceptibles d'optimiser ces propriétés. Seuls les effets sur le transit digestif, et en particulier le transit colique, commencent à être bien compris et prévisibles même si différents mécanismes peuvent être impliqués en fonction des substrats.

Résumé

Les glucides constituent le principal apport énergétique de l'alimentation. Une fraction importante de ces glucides est assimilable sous forme de glucose dans l'intestin grêle tandis que les oligosaccharides « indigestibles », l'amidon résistant et plus généralement les fibres alimentaires sont disponibles pour la fermentation bactérienne. Les caractéristiques intrinsèques des glucides, leur environnement dans l'aliment et les traitements qu'ils ont subis pendant la préparation de l'aliment ont des répercussions importantes sur leur biodisponiblité.

Mots-clés : Glucides - Amidon - Fibres - Physico-chimie - Digestion - Biodisponibilité.

Abstract

Carbohydrates are the main energy source of our diet. A large part of these carbohydrates are absorbed as glucose in the small intestine whereas "indigestible" oligosaccharides, resistant starch and more generally dietary fibres are available for bacterial fermentation. Intrinsec characteristics of carbohydrates, their environment in the food and treatments they have have been submitted to during food preparation have important impact on their bioavailability.

Key-words : *Carbohydrates - Starch - Dietary fibres - Physico-chemistry - Digestion - Bioavailability.*

Bibliographie

[1] Cummings J.H., Roberfroid M.B., Andersson H. *et al.* - Review - A new look at dietary carbohydrate : chemistry, physiology and health. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 1997, **51**, 417-423.

[2] Cherbut C. - Fibres alimentaires : Que devient l'hypothèse de Burkitt ? État des connaissances et questions non résolues. *Cah. Nutr. Diét.*, 1998, **33**, 95-104.

[3] Champ M., Barry J.L., Bonnet C., Bérot S., Delort-Laval J. - Responsibility of the cell wall polysaccharides in the flatus induced by the consumption of a legume seed (lupin) in the rat. *Sciences des Aliments*, 1990, **10**, 317-323.

[4] Champ M. M.-J. - The analysis of complex carbohydrates : relevance of values obtained *in vitro*. *Proceedings of the Nutrition Society*, 1996, **55**, 863-880.

[5] Champ M., Faisant N. - Resistant starch. *In :* « Carbohydrates as Organic Raw Materials III ». Ed. H. van Bekkum, H. Röper, A.G.J. Voragen. Published by *VCH Verlagsgesellschaft mbH*, Weinheim (FRG) & *VCH Publishers*, New York (USA). 1996, pp. 189-215.

[6] Rémésy C., Demigné C., Morand C. - Metabolism and utilisation of short chain fatty acids produced by colonic fermentation. *In :* « Dietary fiber - A component of food ». *Human Nutr. Rev.*, Schweizer & Edwards Ed, 1994. ILSI Europe, Ed. Springer Verlag, Londres.

[7] Barry J.L., Chourot J.-M., Bonnet C., Kozlowski F., David A. - *In vitro* fermentation of neutral monosaccharides by ruminal and human faecal flora. *Acta Vet. Scand.*, 1989, (Suppl), **86**, 93-95. 1989.

[8] Silbernagl S., Despopoulos A. - Atlas de poche de physiologie. *Éd. Médecine-Sciences, Flammarion*, 1992.

[9] Faisant N., Gallant D.J., Bouchet B., Champ M. - Banana starch breakdown in the human small intestine studied by electron microscopy. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 1995, **49**, 98-104.

[10] Bornet F., Champ M., Slama G. - Importance de la nature physico-chimique des amidons sur leurs effets nutritionnels chez l'homme. *Cah. Nutr. Diét.*, 1990, **25**, 254-264.

[11] Robertson J.A. - Summary of the conclusions of the working group on hydration properties of fibre and resistant starch. *In :* « Functional properties of non-digestible carbohydrates ». INRA Nantes – *Profibre. Publisher* –. Guillon *et al.*, Ed. 1998, pp. 11-15.

[12] Guillon F., Auffret A., Robertson J.A. *et al.* - Relationships between physical characteristics of sugar-beet fibre and its fermentability by human faecal flora. Acceptée pour publication dans *Carbohydrate Polymers*.

[13] Leclère C.J., Champ M., Boillot J. *et al.* - Role of viscous guar gums in lowering the glycemic response after a solid meal. *Amer. J. Clin. Nutr.*, 1994, **59**, 914-921.

[14] Guillon F., Cloutour F., Barry J.-L. - Dietary fibre relations between intrinsic characteristics and fermentation pattern. *In :* « Cost action 92, Dietary fibre and fermentation in the colon ». *Office for Official Publications of the European Communities*, Mälkki Y., Cummings J.H., Ed., 1996, pp. 110-116.

[15] Jenkins D.J.A., Wolever T.M.S., Taylor R.H. *et al.* - Glycemic index of foods : a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1981, **34**, 362-366.

[16] Lerer-Metzger M., Rizkalla S.W., Luo J. *et al.* - Effects of long-term low-glycaemic index starchy food on plasma glucose and lipid concentrations and adipose tissue cellularity in normal and diabetic rats. *Brit. J. Nutr.*, 1996, **75**, 723-732.

[17] Perrin P. - Modulation du phénotype de cellules cancéreuses coliques chez le rat par le butyrate de sodium : application à l'immunothérapie et à la prévention du cancer du côlon. Thèse de Doctorat Cancérologie biologique. Université de Nantes, UFR de Médecine et techniques médicales. Juin 1996.