

LE FRUCTOSE

Etat des lieux du Fonds français pour l'alimentation et la santé

La consommation de fructose fait l'objet d'une controverse quant à ses effets sur la santé. Cette controverse est alimentée par le constat que l'augmentation de la consommation de boissons sucrées (contenant entre autres du fructose) observée au cours des dernières décennies coïncide avec une augmentation de la prévalence de l'obésité. Cette corrélation a conduit à s'interroger sur un lien causal éventuel entre une consommation importante de fructose et la pathogenèse de certaines maladies : obésité, diabète, syndrome métabolique et troubles cardiovasculaires associés. Qu'en est-il réellement ?

Le but n'est pas ici de faire une revue exhaustive de la littérature très abondante sur le sujet, mais d'essayer de résumer les données récentes et raisonnablement contributives à la question suivante : le fructose est-il métaboliquement délétère ? Si oui, vis-à-vis de quels métabolismes et dans quelles conditions nutritionnelles ?

SOMMAIRE

I. CE QU'IL FAUT SAVOIR SUR LE FRUCTOSE

Définition du fructose - le fructose dans l'alimentation	p.2
Principales caractéristiques fonctionnelles et technologiques	p.3
Données de consommation.....	p.4

II. ABSORPTION ET METABOLISME DU FRUCTOSE

Digestion et absorption du fructose	p.5
Métabolisme du fructose.....	p.5

III. CONSOMMATION DE FRUCTOSE ET SANTÉ

Les éléments de la controverse	p.5
Evaluation des effets du fructose chez l'Homme.....	p.6

IV. CONCLUSION.....	p.7
---------------------	-----

A PROPOS DE L'ETAT DES LIEUX

Pour l'élaboration de cet état des lieux, le Fonds français pour l'alimentation et la santé a demandé une contribution écrite initiale à des experts, demandé à un comité de lecture de haut niveau d'effectuer une analyse critique du document, et sollicité les différentes parties prenantes autour d'une séance de « regards croisés ». Cette procédure a été mise en place pour proposer un éclairage scientifique aussi objectif que possible en s'assurant que les différents prismes d'examen du sujet ont été pris en considération et que les arguments développés ne souffrent pas d'insuffisance.

I - CE QU'IL FAUT SAVOIR SUR LE FRUCTOSE

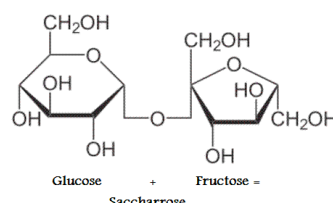
Définition du fructose et sources alimentaires

Fiche d'identité du fructose

- Dénomination : fructose
- Formule brute : $C_6H_{12}O_6$
- Famille des sucres ou glucides simples, qui regroupe les monosaccharides (glucose, galactose, fructose...) et les disaccharides (saccharose, lactose, maltose...). Dans le langage courant, «le sucre» désigne le saccharose.

- Caractéristiques :

- hexose (sucre à 6 atomes de carbone)
- isomère du glucose (même formule brute mais structure moléculaire différente)
- lié à une molécule de glucose dans le saccharose



Sources de fructose

Sources naturelles	Sources ajoutées
<ul style="list-style-type: none">• Fruits, légumes et préparations en contenant : confitures, purées, yaourts aux fruits, etc...• Jus de fruits• Miel• Sirops sucrants : sirop d'érable, sirop d'agave	<ul style="list-style-type: none">• Produits alimentaires transformés contenant du saccharose sous forme de sucre ajouté : boissons sucrées, confiseries, chocolat, pâtisseries, certaines céréales de petit-déjeuner, glaces, desserts lactés,...• Sirops de glucose-fructose (HFCS ou <i>High Fructose Corn Syrup</i> aux Etats-Unis) résultant de l'hydrolyse de l'amidon de blé ou de maïs

Les produits alimentaires édulcorés avec du fructose cristallisé, utilisés jusqu'à il y a quelques années chez les diabétiques pour obtenir un goût sucré équivalent avec moins de sucre, sont encore présents sur le marché mais en quantités marginales.

Différentes mentions traduisant la présence de fructose dans les produits

- **sucre** ou **saccharose** : il s'agit de saccharose pur, extrait de la canne ou de la betterave à sucre.
- **sirop de glucose-fructose** ou **de fructose-glucose** : ce sont des mélanges, en proportions variables, de glucose et de fructose. La dénomination exacte varie selon les concentrations respectives de glucose et de fructose. Dans l'UE, un sirop de glucose porte la dénomination de sirop de glucose-fructose lorsqu'il contient plus de 5% de fructose ; au-delà de 50% de fructose il est dénommé sirop de fructose-glucose (cf. directive 2001/111 du Conseil du 21 décembre 2001 relative à certains sucres destinés à l'alimentation humaine). Tous ces sirops sont aussi dénommés **isoglucose**. Par exemple, l'isoglucose 55 est un mélange de 55% de fructose et 45% de glucose.
- **sucre inverti** : obtenu par hydrolyse du sucre (saccharose) en glucose et fructose.
- **fructose cristallisé** : fructose pur obtenu à partir de sucre inverti ou de sirops de glucose à haute teneur en fructose.

Données clés

20 %

En France, la teneur moyenne en fructose des sirops de glucose-fructose est estimée à 20 %.

20 à 40 %

Le fructose a un pouvoir sucrant de 20 à 40 % supérieur à celui du saccharose.

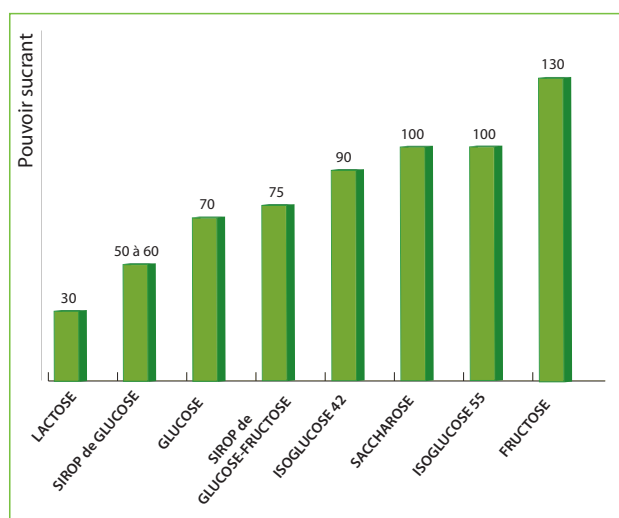
- **jus concentrés de fruits** : obtenus par concentration à partir de jus de fruits (pomme, raisin, sureau, etc.), contenant essentiellement du glucose et du fructose.
- **sucres de fruits** : sucres liquides extraits de fruits, contenant également du glucose et du fructose.
- **sirop d'érable** ou **sirop d'agave** : sirops sucrants.
- **miel**

Principales caractéristiques fonctionnelles et technologiques

Pouvoir sucrant

Le pouvoir sucrant du fructose est supérieur à celui des autres sucres (figure 1), notamment de **20 à 40% supérieur à celui du saccharose**, considéré comme le sucre de référence en la matière, avec un pouvoir sucrant de 100. Il est perçu comme très élevé lorsqu'il est en solution peu concentrée, fraîche et acide, ce qui en fait un édulcorant préférentiel pour les sodas.

Figure 1 : Pouvoir sucrant de différents sucres (à poids égal)
(La valeur de référence est 100 pour le saccharose)



Propriétés technologiques

En dehors de la saveur sucrée qu'ils génèrent, les principaux produits sucrants sont utilisés pour leurs propriétés technologiques et sensorielles spécifiques.

En général, le sucre (et cela inclut donc le fructose) a de nombreux rôles et effets sur les aliments :

- Il contribue à la texture des produits de pâtisserie, donnant du croustillant aux biscuits ou de l'aération aux pâtes à gâteaux.
- Il sert de support de cristallisation au beurre de cacao dans la fabrication du chocolat et autorise une grande diversité de textures pour les confiseries (sucres cuits, fondants, gélifiés...).
- Il abaisse le point de congélation de l'eau, permettant la réalisation des glaces et sorbets.
- Il donne coloration et arôme (caramel).
- C'est un agent de conservation pour les confitures.
- Il favorise la fermentation des levures en boulangerie pâtisserie.

Focus sur le fructose

➔ Les **sirops de glucose-fructose** apportent des propriétés distinctes, qui varient en fonction du degré d'hydrolyse et de la teneur en fructose :

- Ils améliorent la conservation de produits moelleux sans être un conservateur.
- Ils retardent l'évaporation de l'eau et donc le dessèchement des aliments, tout en empêchant le développement microbien.
- Ils évitent à certains aliments, comme les bonbons et les confiseries, de coller à leur emballage.
- Ils favorisent le brunissement à la cuisson recherché pour certains aliments comme le pain d'épices.

➔ Le **sucre inverti et le miel** ont des propriétés voisines et permettent notamment de préserver le moelleux des pâtisseries ou d'apporter de la coloration pendant la cuisson.

Données clés

42 g/j

L'ordre de grandeur des apports en fructose en France peut être estimé à 42 g/j/personne.

240 000 tonnes

Les ventes de sirops de glucose-fructose en France étaient estimées en 2011 à 240.000 tonnes (sources professionnelles). Leur teneur moyenne en fructose pouvant être estimée à environ 20%, 45.000 à 50.000 t de fructose seraient mises à disposition par cette source.

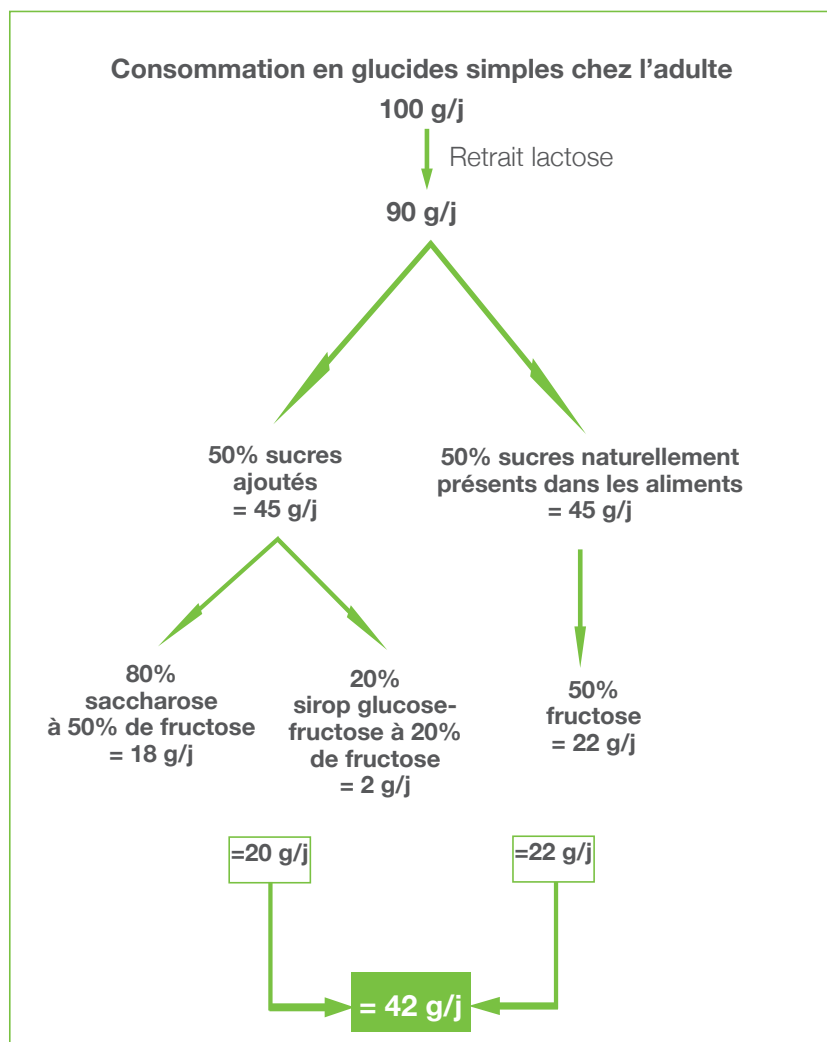
Données de consommation

Les données de consommation du fructose ne sont pas disponibles à ce jour, du fait de l'absence de données objectives sur la répartition des différents glucides simples ajoutés dans les aliments (DGAL-PNNS, 2007). On peut toutefois estimer leur ordre de grandeur à partir des données de consommation des glucides simples, c'est-à-dire des sucres (voir *infra*).

Pour la France, les sources sont les enquêtes nationales de consommations individuelles :

➔ Enquêtes Comportements et consommations alimentaires des Français (CCAF) du Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie (Crédoc) 2003, 2007, 2010, 2013

➔ Etudes individuelles nationales des consommations alimentaires (INCA) de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) menées en 1999 et 2007



L'OMS recommande un apport de sucres libres (i.e. sucres ajoutés + sucres des jus de fruits, concentrés de fruits, miels et sirops) ne dépassant pas 10% de l'apport énergétique total quotidien. Une révision de cette recommandation émise en 2002 est en cours.

La consommation moyenne de fructose peut donc être estimée à 42 g/j/personne (figure 2).

En suivant le même raisonnement, les plus forts consommateurs de glucides simples (dernier décile - 183,4 g/j en moyenne), qui sont les plus exposés à une éventuelle surconsommation de fructose, auraient des apports de fructose d'environ 77 g/j (données Credoc CCAF 2010 sur la population âgée de 15 ans et plus).

Figure 2 : Estimation de la consommation moyenne de fructose à partir des données de consommation de glucides simples

II - ABSORPTION ET METABOLISME DU FRUCTOSE

Glucose et fructose ont le même apport calorique : 4 kcal/g mais sont absorbés et métabolisés de manières différentes (figure 3) :

Les points importants qui distinguent le fructose du glucose sont les suivants :

- La captation du glucose est régulée par l'insuline, ce qui limite son utilisation. Le fructose absorbé par l'intestin est capté très rapidement, en quasi-totalité et sans régulation, par le foie. Les effets du fructose dépendent donc de la quantité ingérée.
- Dans la cellule hépatique, le fructose rejoint les étapes de la dégradation du glucose, en en court-circuitant les étapes limitantes. Il en résulte la production de glucose, de glycogène, de lactate et de lipides (exportés dans la circulation ou stockés *in situ*), en proportions variables sans contrôle.

GLUCOSE	FRUCTOSE
Utilisé par toutes les cellules	Utilisé uniquement par l'intestin, le rein et surtout le foie
Absorption régulée	Absorption passive non régulée
Insulino-sécréteur	Non insulino-sécréteur
Régulé par l'insuline	Non régulé par l'insuline, captage rapide par le foie, effets dépendants de la dose

Figure 3 : Principales différences entre les absorption et métabolisme du glucose et du fructose

L'ingestion simultanée de glucose, comme c'est le cas lors d'ingestion de sucre ou de fruits, est susceptible de modifier le devenir métabolique du fructose en raison de l'hyperglycémie et de l'hyperinsulinémie qui en découlent. Ceci a été peu étudié au repos. Lors de l'exercice physique, le fructose ingéré en même temps que le glucose semble être surtout transformé en lactate utilisé par le muscle, sans néoglucogénèse apparente.

De plus, il est vraisemblable que des différences interindividuelles (d'origine génétique et/ou comportementale - activité physique) dans les capacités d'absorption ou de métabolisation du fructose entrent en jeu.

III - CONSOMMATION DE FRUCTOSE ET SANTE

Les éléments de la controverse

Les études épidémiologiques observationnelles montrent clairement une association positive entre la consommation de boissons sucrées (relativement riches en fructose) et la prévalence de l'obésité, surtout chez les adolescents aux Etats-Unis. Cette association ne démontre pas une relation directe de cause à effet mais conduit à suspecter le rôle particulier que pourrait avoir une consommation importante de fructose dans la genèse de l'obésité et des troubles du métabolisme glucido-lipidique. Les caractéristiques du métabolisme du fructose favorisent cette suspicion et des études animales (rongeurs, primates) mettent en évidence qu'une alimentation riche en fructose entraîne **prise de poids, syndrome métabolique, résistance à l'insuline, diabète, hyperlipidémie et stéatose hépatique.**

Les recherches font émerger deux positions au sein de la communauté des chercheurs :

- ➔ Ceux qui proclament le caractère délétère du fructose dans l'alimentation humaine (Bray & Popkin, 2013 ; Havel, 2005 ; Aeberli, 2013)
- ➔ Ceux qui estiment que ce n'est pas la nature des nutriments (ici fructose et glucides simples en général) consommés qui est en cause mais l'excès d'énergie tirée de leur consommation excessive (Livesey & Taylor, 2008 ; Sievenpiper, 2012 ; White, 2013).

Evaluation des effets du fructose chez l'Homme

Les études d'intervention chez l'Homme, qui fournissent des données contrastées et parfois contradictoires, ont souvent évalué l'effet du fructose administré seul alors qu'en pratique il est presque toujours consommé avec du glucose.

Les auteurs qui les ont regroupées dans plusieurs méta-analyses ou revues récentes (Havel, 2005 ; Livesey & Taylor, 2008 ; Sievenpiper, 2012 ; Wang & Vine, 2013 ; Sievenpiper, 2014) mettent l'accent sur l'hétérogénéité des résultats, liée notamment à la diversité des protocoles, à la durée des études (de quelques jours aux doses utilisées à 10 semaines), aux doses utilisées, à la forme d'administration (liquide ou mixte), à la nature des comparateurs et des régimes associés, aux conditions métaboliques des sujets étudiés (pathologies ou non, niveau d'activité physique par exemple).

En prenant également en compte les études contrôlées les plus récentes, il semble cependant possible de dégager les faits suivants qui pourraient faire consensus :

Effets sur le métabolisme glucidique

- Le fructose provoque une élévation moindre de la glycémie et de l'insulinémie, abaissant à court terme la glycémie moyenne chez un patient diabétique, et ce comparé à des quantités équivalentes de glucose et quelle que soit la dose.
- Le fructose diminue à court terme la sensibilité hépatique à l'insuline pour des doses de l'ordre de 80 g/j chez le sujet sain en situation d'équilibre énergétique, sans affecter la sensibilité globale à l'insuline (Aeberli, 2013 ; Lecoultré, 2013).

Effets sur la satiété et la prise de poids

Fructose et satiété

Les effets du fructose sur la satiété sont complexes et incomplètement documentés. Les études semblent cependant permettre de conclure qu'à la suite d'une ingestion de fructose, on observe un effet de satiété à court terme plutôt qu'une stimulation de l'appétit (Rodin, 1990 ; Akhavan & Anderson, 2007 ; Havel, 2005).

En revanche, en ce qui concerne le rassasiement, le fructose stimule l'appétit pendant la consommation, comme tout autre produit sucré, jusqu'à ce que s'installe le rassasiement sensoriel spécifique.

Fructose et prise de poids

La relation entre bilan d'énergie positif et prise de poids est aujourd'hui parfaitement bien établie. Les effets d'une suralimentation, quelle qu'en soit l'origine, doivent être mesurés à l'aune des dépenses énergétiques qui peuvent la compenser. En ce qui concerne le fructose, la plupart des études montrent qu'un remplacement isocalorique de glucose ou d'amidon par du fructose, en situation de bilan énergétique équilibré, ne modifie pas le poids de façon significative.

Fructose et métabolisme lipidique

Effet du fructose sur la tryglycémie

Les études suggèrent qu'en deçà de 100 g/j, le fructose ne modifie pas la triglycémie à jeun (Sievenpiper, 2014 ; Havel, 2005).

En revanche, certains résultats montrent que la triglycémie post-prandiale est plus élevée avec du fructose qu'avec une quantité équivalente de glucose. Pour une prise de fructose située au-delà de 25 à 30% des calories totales d'une prise alimentaire, on note ainsi une élévation significative du taux de lipoprotéines athérogènes, marqueurs reconnus du risque de maladies cardiovasculaires (Aeberli, 2011).

A noter que cet effet est nettement plus marqué qu'avec le glucose (à dose équivalente) et pourrait être accentué chez les sujets atteints de diabète de type 2 et en surcharge pondérale.

Effet du fructose sur le foie

La consommation de fructose peut entraîner le dépôt de graisses dans le foie, ou stéatose (NAFLD, *non-alcoholic fatty liver disease*), pouvant évoluer vers une stéato-hépatite (NASH, *non-alcoholic steatohepatitis*). Diverses études portant sur l'effet sur le foie d'une supplémentation en fructose ont montré que :

Chez les sujets normaux :

- Une supplémentation massive en fructose (200 à 280 g/j) ou en glucose (280 g/j) durant 7 jours sur des sujets normaux, représentant un excès calorique de 30-35%, ou en graisses saturées (excès calorique de 30%) sur la concentration de graisse intrahépatique, met clairement en évidence une augmentation de l'ordre de 100% du contenu en lipides du foie (Lecoultré, 2013).
- Des supplémentations de l'ordre de 150 g/j sur des durées de 4 et 10 semaines montrent une équivalence d'effet entre glucose et fructose (Stanhope, 2009 ; Silbernagel, 2011).

- A la dose de 105 g/j de fructose, il n'y a aucun effet sur la stéatose hépatique (Lecoultre, 2013).

Chez les sujets en surcharge pondérale :

- la stéatose hépatique est fréquente dans l'obésité et la stéato-hépatite est loin d'être exceptionnelle, indépendamment de la nature de l'alimentation. La consommation de fructose favorisant la lipogénèse, elle n'est pas recommandée.
- La capacité du fructose à stimuler les médiateurs de l'inflammation pourrait faciliter l'évolution de la stéatose simple vers une hépatite non alcoolique, mais cela reste hypothétique (Aeberli, 2011).

Autres effets du fructose

- **Uricémie** : le fructose est susceptible d'augmenter la formation d'acide urique. Une étude a ainsi montré que dans le groupe des plus gros consommateurs de fructose, une augmentation modérée du risque de goutte était constatée (Choi, 2010).
- **Hypertension** : De nombreuses études animales montrent une relation entre la quantité de fructose alimentaire et la survenue de l'hypertension (Barone, 2009). Cela n'est cependant pas observé dans la majorité des études d'intervention étudiant les effets d'une surcharge de fructose chez l'Homme (Forman, 2009).

LE FRUCTOSE CHEZ L'ENFANT ET L'ADOLESCENT

Notons que l'association entre consommation de boissons sucrées (et donc de fructose) et obésité est controversée chez l'enfant et l'adolescent (Vartanian, 2007 ; Forshee, 2008).

D'ailleurs, il est possible qu'il s'agisse d'un lien de causalité inverse : elle serait davantage la conséquence de l'hyperphagie (ingestion de trop grandes quantités d'aliments) de ces jeunes obèses que la cause de leur surcharge pondérale (Llewellyn, 2010).

Le risque accru de caries dentaires lié à l'ingestion de glucides simples reste finalement le principal effet délétère du fructose à cet âge, davantage chez l'enfant que chez l'adolescent (Touger-Decker, 2003).

III- CONCLUSION ET PERSPECTIVES

En France, les quantités moyennes de fructose consommées par la population semblent, d'après les dernières enquêtes disponibles, inférieures à celles susceptibles de provoquer des effets néfastes. **Ceci suggère que le fructose en lui-même ne constitue pas une préoccupation pour la très grande majorité de la population.** En revanche, les plus forts consommateurs ont des niveaux de consommation qui les exposent à des risques accrus.

L'analyse des données scientifiques disponibles suggère donc :

- qu'il n'est pas souhaitable que les quantités de fructose ajouté augmentent,
- qu'une réduction des apports de fructose est un objectif prioritaire chez les personnes en surpoids ou à risque de maladies cardiovasculaires ou métaboliques,
- que les efforts de prévention devraient concerner prioritairement les forts consommateurs de fructose qui sont ainsi exposés à des risques métaboliques accrus.

A l'avenir, il serait utile :

Sur le plan scientifique :

- d'étudier les implications de quantités de fructose même faibles consommées quotidiennement sur le très long terme.
- de mener des études supplémentaires pour mieux comprendre les interactions entre le fructose alimentaire selon ses différentes formes de consommation, selon le statut métabolique des sujets et les autres déterminants du mode de vie (consommation d'autres sucres, nutrition, activité physique...).

Sur le plan de la santé publique :

- que les niveaux de consommation de fructose ne dépassent pas 50 g/j en règle générale.
- que les politiques de santé publique ciblent les plus forts consommateurs qui, du fait de consommations excessives, sont objectivement les plus exposés à un excès calorique, et par conséquent à l'obésité et aux maladies métaboliques.

RÉFÉRENCES CITÉES

La liste de références bibliographiques citées dans le document est disponible sur la version intégrale de l'état des lieux.

ANNEXE

Profil en glucides simples de quelques produits

g/100 ml ou 100 g	jus de fruits*	boisson au cola *	pomme**	confiture de fraise**	miel**
Glucides totaux	9,6	10,8	11,4	62,6	75,1
Glucose libre	2,4	2,8	2,0	21,9	33,9
Fructose libre	3,5	2,1	5,7	18,7	38,8
Saccharose	3,6	5,9	2,5	13,5	2,4
Fructose total	5,3	5,0	7,0	25,4	40,0

*Moyenne pour l'ensemble des jus de fruits, en tenant compte des quantités consommées des différents types de jus de fruits. Il s'agit de purs jus, donc sans sucres ajoutés.
(d'après Meunier, 2011 et Braesco *et al.*, 2013)

** D'après Souci *et al.*, 2014

Contacts presse :

Vivactis : Houney Touré-Valogne : h.toure-valogne@vivactis-publicrelations.fr - Tél. : 01 46 67 63 55

FFAS : Justine Dyon - j.dyon@alimentation-sante.org - Tél. : 01 45 00 90 99



Fonds Français pour l'Alimentation et la Santé

42 rue Scheffer - 75116 PARIS - 01 45 00 92 50 - www.alimentation-sante.org