

BALLONNEMENT ABDOMINAL

OU EN EST-ON?

ABDOMINAL BLOATING: AN UP-TO-DATE

Philippe DUCROTTE

CHU Rouen - Département d'Hépatogastroentérologie et de Nutrition - 1 rue de Germont -

76031 ROUEN Cedex – Téléphone : 02.32.88.67.07 - Télécopie : 02.35.15.16.23 -

philippe.ducrotte@chu-rouen.fr

Résumé

Le ballonnement abdominal, symptôme fréquent, surtout chez la femme, demeure un problème, notamment thérapeutique, pour le clinicien. Heureusement, sa physiopathologie est désormais mieux comprise. Au niveau intestinal, une perturbation du transit des gaz (notamment au niveau de l'intestin grêle) ou une hypersensibilité viscérale qui rend désagréable la perception d'un volume normal de gaz sont plus souvent en cause qu'une production excessive de gaz. Le ballonnement peut être également la conséquence de réflexes viscéro-somatiques anormaux provoquant une contraction du diaphragme et un relâchement de la sangle abdominale. Les progrès thérapeutiques ont été moins spectaculaires. Le niveau de preuve de l'efficacité des absorbants des gaz demeure insuffisant. A côté de la régularisation du transit colique et de l'éviction d'aliments très fermentescibles ou à forte teneur en fructose, les autres options thérapeutiques sont les prokinétiques ou les médicaments agissant sur la sensibilité viscérale. La piste des probiotiques demande à être mieux explorée. Certaines équipes ont recours à des solutions thérapeutiques non médicamenteuses telle que l'hypnose.

Summary

Bloating is a common symptom, especially in women. In the clinical practice, it remains a therapeutic challenge. Since recently, its pathophysiology is better understood : an impaired transit of gas (particularly in the small bowel) or a visceral hypersensitivity leading to the induction of an abdominal discomfort despite a normal volume of gas are two of the main causes, far more frequent than an excessive production of gas. Moreover, bloating can be related to abnormal viscera-somatic reflexes promoting both an abdomino-phrenic dyssynergia and the relaxation of the muscles of the abdominal wall. From a therapeutic point of view, the efficacy of the gas absorbants remains to be more documented. Besides the

treatment of a constipation and the avoidance of nutrients either highly fermentable or rich in fructose, other therapeutic options include prokinetics and drugs acting on visceral sensitivity. Probiotics are another promising option. In some centers, a non pharmacological therapeutic approach, mainly based on hypnosis, is discussed.

Mots-Clé : Ballonnement abdominal, troubles fonctionnels digestifs, intestin irritable, motricité du grêle, pullulation bactérienne, intolérance alimentaire, probiotiques, prokinétiques.

Key-words : Bloating, functional bowel disorders, irritable bowel syndrome, small bowel motility, bacterial overgrowth, food intolerance, probiotics, prokinetics

Abréviations :

SII : Syndrome de l'intestin irritable

Conflits d'intérêt : Aucun

Introduction

Le ballonnement abdominal est un des symptômes fonctionnels digestifs les plus fréquents. Une enquête SOFRES menée chez 4817 sujets âgés de plus de 15 ans et représentatifs de la population générale française a révélé que 47 % des personnes interrogées se plaignaient d'un ballonnement abdominal gênant [1]. Des enquêtes épidémiologiques anglo-saxonnes à grande échelle ont chiffré la prévalence du ballonnement autour de 15 % dans la population nord-américaine avec un symptôme qualifié de modéré à sévère et survenant souvent en période post-prandiale, dans près de $\frac{3}{4}$ des cas [2]. Face à ce symptôme fréquent, surtout chez la femme, le clinicien demeure souvent désarmé car les thérapeutiques classiques, représentées essentiellement par les absorbants des gaz, sont d'une efficacité au mieux modeste et souvent transitoire. Heureusement, des progrès notables sont survenus dans la compréhension du symptôme qui d'un point de vue physiopathologique peut être l'expression de différents mécanismes. Ces progrès ont été dus surtout aux travaux de deux équipes : celle de Manchester qui a développé une ceinture pléthysmographique autorisant l'enregistrement des variations nyctémérales du périmètre abdominal dans des conditions ambulatoires [3] et celle de Barcelone qui analyse les relations entre ballonnement et transit des gaz intestinaux grâce à une technique de perfusion intestinale d'un mélange gazeux [4]. Ces progrès dans la compréhension du symptôme permettent d'envisager de nouvelles pistes thérapeutiques.

Ce texte se limitera au ballonnement fonctionnel, excluant les problèmes posés par une distension abdominale secondaire à une affection organique telle qu'une infection intestinale aiguë, une malabsorption (maladie coeliaque notamment), un obstacle chronique intestinal, une ischémie intestinale chronique, une ascite au stade initial de sa constitution [5]. Le ballonnement aigu du syndrome d'O'Gilvie qui s'observe dans des situations d'agression (infection, réanimation, période post-opératoire) ne sera pas non plus développé.

L'interrogatoire est une étape importante dans la prise en charge car la signification du mot « ballonnement » varie d'un malade à l'autre

Le terme « ballonnement » est utilisé par les patients pour décrire des situations cliniques variables et il existe indiscutablement chez certains malades un trouble de l'interprétation du symptôme. L'interrogatoire est donc une phase très importante de l'approche clinique pour bien appréhender la plainte du malade. Les sujets en surpoids se plaignent souvent d'un « ballonnement » qui correspond davantage à une pesanteur abdominale. Une étude prospective a montré que les sujets accusant une prise de poids récente signalaient plus souvent que des sujets témoins d'âge équivalent une sensation de ballonnement et un abdomen distendu [5]. En cas de surpoids, le mot ballonnement traduit principalement la gêne secondaire à l'élévation de la pression intra-abdominale liée au développement de l'adiposité abdominale [5]. Pour d'autres, le ballonnement correspond à une gêne abdominale associée à des flatulences (émission trop fréquente de gaz par l'anus) et peut être la possible traduction d'une forme mineure d'incontinence. Dans d'autres cas, le terme traduit soit un inconfort lié aux bruits hydro-aériques perceptibles d'un abdomen gargouillant soit surtout une plénitude épigastrique post-prandiale gênante, qui s'associe souvent aux autres manifestations d'un syndrome dyspeptique (satiété précoce, sensation de digestion lente, état nauséux...).

Toutes ces situations doivent être distinguées du ballonnement abdominal qui correspond à la sensation subjective, plus ou moins diffuse, d'une distension abdominale sous ombilicale ou diffuse, associée ou non à une distension objective. Si au moins 25 % des malades souffrant d'un ballonnement ont un abdomen plat à l'examen clinique [6], les autres patients décrivent une réelle distension abdominale, confirmée par des tests objectifs [7-9]. Cette distension est minimale le matin et augmente souvent progressivement au cours de la journée [7,8]. Selon les cas, l'interrogatoire retrouve les autres symptômes d'un syndrome de l'intestin

irritable (SII) (douleur abdominale et troubles du transit, notamment constipation) ou constate que le ballonnement est isolé ou très prédominant (ballonnement fonctionnel) [10].

Pourquoi un malade ballonné ? Des progrès significatifs dans la compréhension de la physiopathologie du ballonnement permettent de mieux

Plusieurs avancées marquantes permettent aujourd'hui une meilleure compréhension de la physiopathologie du symptôme.

Schématiquement, quatre facteurs peuvent être à l'origine de cette sensation: a) une perturbation du transit des gaz dans l'intestin, b) une hypersensibilité viscérale qui rend le sujet anormalement sensible aux mouvements intestinaux de gaz ayant un volume normal, c) une production excessive de gaz dans l'intestin, d) un dysfonctionnement des muscles de la sangle abdominale secondaire à un réflexe viscéro-somatique anormal, d'identification plus récente. De telles anomalies ont été décrites à la fois chez des patients décrivant un ballonnement fonctionnel et chez des malades pour qui le ballonnement s'intègre dans le cortège symptomatique d'un SII. Plusieurs de ces différents facteurs sont souvent retrouvés chez un même patient.

Perturbation du transit des gaz intestinaux

Cette anomalie a été mise en évidence par les travaux successifs de l'équipe de Barcelone basés sur l'étude des conséquences d'une perfusion à différents niveaux de l'intestin. Les perfusions sont effectuées à un débit de $12 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ et instillent un mélange gazeux d'azote, d'oxygène et de gaz carbonique en proportions comparables à celles calculées dans le sang veineux. La première observation barcelonaise a été qu'une majorité de patients souffrant d'un ballonnement fonctionnel ou d'un SII avec ballonnement retiennent une importante

proportion du volume infusé du fait d'une altération du transit intestinal des gaz alors que chez des sujets sains, la même perfusion intestinale s'accompagne d'une augmentation du volume de gaz émis par l'anus, d'autant plus importante que le volume perfusé est grand. Chez les ballonnés, cette rétention gazeuse déclenche habituellement une sensation de ballonnement à partir d'un volume retenu de 400 mL et devient d'autant plus intense que le volume retenu est important [4]. La séquestration des gaz s'accompagne de variations limitées du périmètre abdominal, de l'ordre de 1 à 2 cm. Point important, le site et les mécanismes de rétention influencent l'intensité de la sensation de ballonnement : la sensation la plus intense est déclenchée par une rétention jéjunale [11-14] ; d'un point de vue mécanique, la rétention gazeuse peut théoriquement être secondaire soit à un défaut de propulsion, soit à une résistance accrue à l'écoulement [13]. Des études pharmacologiques ont montré qu'un défaut de propulsion (induit par une injection de glucagon) déclenchait une distension abdominale souvent peu symptomatique alors qu'une résistance accrue à l'écoulement provoquée par une évacuation rectale des gaz volontairement contrariée, aboutissait à un inconfort abdominal plus net [13]. L'intensité du symptôme paraît donc dépendre d'un défaut de coordination de la motricité au niveau du grêle, amenant la constitution de petites poches gazeuses successives le long du grêle. Ces poches de rétention gazeuse amplifient le symptôme par un phénomène de sommation des influx nociceptifs [6]. Les variations du tonus intestinal jouent également certainement un rôle puisque la propulsion des gaz est assurée, au moins partiellement, par une contraction tonique de la paroi intestinale qui réduit la capacitance digestive [15]. Le mécanisme de cette rétention gazeuse est encore incomplètement compris. Elle est au moins partiellement secondaire à la perturbation des réflexes viscéro-viscéraux qui coordonnent l'activité motrice le long du tube digestif [16]. Des facteurs luminaux interviennent également : la rétention est favorisée par l'infusion préalable de lipides [14,17] ou l'ingestion quotidienne de 30g de psyllium [18]. Enfin, le transit digestif global joue un rôle puisque lors

des tests de perfusion, les malades souffrant d'un SII avec constipation retiennent davantage de gaz que les patient décrivant un SII avec diarrhée [3,19].

Hypersensibilité viscérale.

Le fait que la sensation de ballonnement soit inconstamment associée à des variations objectives du périmètre abdominal a suggéré l'existence d'une hypersensibilité viscérale aux gaz, comparable à l'hypersensibilité qui existe au cours du SII [20,21]. L'hypersensibilité jouerait un rôle dans la genèse de la sensation de ballonnement en amenant les patients à ressentir de façon désagréable un volume normal de gaz abdominaux. Cette hypothèse s'appliquerait particulièrement aux ballonnés à abdomen plat. L'équipe de Manchester a apporté des arguments pour cette hypothèse : le seuil d'inconfort à la distension est plus bas dans ce sous-groupe de malades que chez les ballonnés avec distension objective [22]. D'autre part, les ballonnés à abdomen plat s'observent davantage chez des patients souffrant d'un SII avec diarrhée qu'avec constipation. Or, la prévalence de l'hypersensibilité viscérale serait plus importante chez les diarrhéiques que chez les constipés. L'hypersensibilité expliquerait aussi pourquoi chez les femmes, notamment celles qui souffrent d'un SII, le ballonnement est plus net lors de la période menstruelle, période au cours de laquelle la sensibilité rectale est plus grande qu'aux autres moments du cycle du fait de la libération de prostaglandines [22].

Production excessive de gaz

Cet aspect physiopathologique est le plus discuté. Chez le sujet normal, le tube digestif contient 200 à 300 mL de gaz [6]. Les études ayant calculé le volume des gaz chez les malades ballonnés, avec des techniques différentes, ont démontré que le volume de gaz est habituellement normal [23-25]. D'autre part, aucune corrélation n'a pu être mise en évidence

entre intensité du ballonnement et volume des gaz intestinaux [25]. Enfin les techniques de perfusion de l'équipe de Barcelone ont bien mis en lumière qu'une rétention intestinale de plus d'un litre de mélange gazeux aboutit à une augmentation du périmètre abdominal au maximum de 2 cm alors que chez les ballonnés les variations du périmètre abdominal au cours du nyctémère sont voisines de 10 à 12 cm.

Cependant, les résultats de certains travaux suggèrent qu'une production anormale de gaz pourrait exister dans un sous groupe de malades [24-26]. Un travail anglais a ainsi montré que chez les malades qui souffrent d'un SII, l'intensité des processus fermentaires peut être excessive. Sous régime standard, la production d'hydrogène et de méthane était plus élevée chez les malades que chez les témoins. Lors d'un régime d'exclusion suivi scrupuleusement, les productions gazeuses ont nettement diminué chez les malades avec une diminution parallèle de l'intensité des symptômes, notamment du ballonnement. Lors du test de provocation par le lactulose, les productions gazeuses chez les malades étaient plus faibles lors de la période d'exclusion que sous régime normal [26].

En dehors de l'intolérance au lactose, l'excès de gaz pourrait découler d'une malabsorption de sucres comme le fructose et le sorbitol [27]. Diarrhée, inconfort abdominal chronique avec sensation de ballonnement sont en effet les signes classiques de malabsorption du fructose et/ou du sorbitol. Or, l'alimentation occidentale évolue. Il y a 10 à 20 ans, la source principale des hydrates de carbone qui représentent 40 à 50 % de l'apport calorique quotidien était l'amidon. Les dernières décennies ont été marquées par une diminution régulière de la part de l'amidon dans les hydrates de carbones alimentaires. En Europe et aux Etats-Unis, plus de 50 % des sucres simples alimentaires proviennent d'additifs sucrés incorporés dans la pâtisserie industrielle, les plats cuisinés et les jus de fruits. Le fructose y tient une bonne place en raison de ces qualités édulcorantes qui l'amène à être incorporé largement dans les gâteaux, les bonbons, les jus de fruits ou certaines sauces. La quantité de

sorbitol dans l'alimentation augmente également car le sorbitol entre dans la composition des bonbons, des chewing-gums mais également des produits dits « diététiques sans sucre » qui sont consommés de plus en plus largement. Il est possible que la malabsorption du fructose et du sorbitol soit sous estimée. Dans une population de patients souffrant de symptômes fonctionnels digestifs (dont le ballonnement), Rummessen et Gudmund-Hoyer ont montré qu'une malabsorption du fructose diagnostiquée par test respiratoire s'observait chez un sujet sur deux pour une dose de fructose de 25 g et chez un sujet sur trois pour une dose inférieure à 15 g, certains sujets n'absorbant pas du tout le fructose [28]. Une malabsorption de sorbitol s'observait parallèlement pour une dose de sorbitol inférieure à 5 g et l'administration combinée de fructose + sorbitol aggravait les symptômes fonctionnels digestifs [28]. Hyams a montré chez des sujets sains qu'une malabsorption de sorbitol peut apparaître dès une charge de 5 g et que cette malabsorption devient symptomatique (ballonnement, émission accrue de gaz) dès 10 g [29]. Mais toutes les études ne sont pas concordantes. Ainsi Nelis et al. ont montré que la fréquence de la malabsorption du fructose et du sorbitol était plus grande chez des contrôles que chez des malades décrivant un SII et qu'aucune relation n'existait entre l'existence d'une malabsorption, son importance et la survenue de symptômes [30]. L'intérêt de la recherche d'une malabsorption du fructose et du sorbitol a été remis à l'ordre du jour par un essai réalisé spécifiquement chez des patients souffrant d'un ballonnement fonctionnel : 72 % des 36 patients avaient une malabsorption de ces sucres. L'exclusion de ces sucres de l'alimentation a conduit à une amélioration significative (malades asymptomatiques dans 50 % des cas) dans 80 % des cas [31].

La production excessive de gaz pourrait être liée également à des modifications de la flore intestinale. Au cours du SII, par rapport à une population témoin, la flore colique se caractérise par une surreprésentation de certaines espèces non dominantes et une réduction des bifidobactéries au sein de la flore dominante [32]. La flore colique est par ailleurs

beaucoup plus instable que dans une population témoin [33]. Ces modifications de la flore colique paraissent susceptibles d'influencer les processus de fermentation. D'autre part, quelques équipes rapportent qu'un sous-groupe de malades décrivant un SII souffre d'une pullulation bactérienne pouvant favoriser un ballonnement via une production accrue de gaz au niveau de l'intestin grêle [34].

Dysfonctionnement des muscles de la sangle abdominale

Une hypothèse ancienne était que les patients ballonnés souffraient d'une hypotonie des muscles composant la sangle abdominale, favorisant une protrusion abdominale elle-même accentuée par une hyperlordose se majorant progressivement au cours de la journée [9]. Cette théorie a été exclue par plusieurs travaux concordants qui ont démontré que, dans des conditions basales, l'activité électromyographique des différents muscles de la sangle abdominale des sujets ballonnés n'était pas différente de celle des sujets témoins, aussi bien en position debout qu'en position couchée [35,36].

Un premier travail a analysé, par scanner, chez 56 malades lors d'un épisode de ballonnement important déclenché par un repas ou s'installant progressivement, le volume des gaz abdominaux ainsi que la position du diaphragme et de la paroi abdominale antérieure. Ce travail a révélé que, dans une telle circonstance, chez des malades souffrant d'un ballonnement fonctionnel ou d'un SII avec ballonnement, le volume des gaz intra-abdominaux est le plus souvent normal mais qu'il existe une redistribution postéro-antérieure des gaz avec saillie de la paroi abdominale antérieure, favorisée par une descente du diaphragme. Les phénomènes sont complètement différents de ceux observés lors des épisodes de ballonnements importants chez des malades souffrant cette fois d'une myopathie ou d'une neuropathie motrice du grêle. Chez ces derniers, la protrusion gazeuse antérieure est associée à une franche augmentation du volume des gaz intra-abdominaux et à une ascension

du diaphragme [37]. Des travaux basés cette fois sur un ballonnement provoqué par la perfusion intestinale d'un mélange gazeux ont révélé l'existence d'un autre type de dysfonctionnement de la sangle abdominale chez les ballonnés : chez le volontaire sain, l'infusion d'un litre d'un mélange gazeux dans le côlon induit une contraction des muscles abdominaux et une relaxation du diaphragme. Cette coordination abdomino-phrénique, conséquence d'un réflexe viscéro-somatique, assure la répartition harmonieuse du gaz infusé évitant une sensation de distension [38]. Chez certains patients ballonnés, ce réflexe est perturbé car la perfusion gazeuse colique déclenche une relaxation inappropriée des muscles de la sangle abdominale (notamment du grand oblique) favorisant la protrusion antérieure de l'abdomen. Parallèlement, la relaxation insuffisante du diaphragme favorise une sensation d'hyperpression abdominale [38]. Ces anomalies de ce réflexe viscéro-somatique pourraient être particulièrement observées chez les patients qui décrivent un ballonnement abdominal brutal immédiatement au décours de la prise alimentaire [6].

Les progrès physiopathologiques vont-ils de pair avec des progrès thérapeutiques ?

Les progrès récents réalisés dans la compréhension du ballonnement abdominal ne se sont pas soldés jusqu'alors par des avancées thérapeutiques réellement significatives. A titre d'exemple, aucune prise en charge n'existe actuellement pour corriger un dysfonctionnement des muscles antérieurs de la sangle abdominale. D'autre part, face à un malade donné, il n'existe pas de tests simples de routine permettant d'appréhender la physiopathologie du symptôme. L'approche thérapeutique demeure donc empirique.

Trois approches sont proposées actuellement : a) des conseils diététiques, b) un traitement pharmacologique, c) dans certaines équipes, une prise en charge non médicamenteuse.

Sur le plan diététique, recommander aux malades d'éviter les aliments les plus fermentescibles (Tableau 1) est un conseil habituel. La démonstration d'une malabsorption du fructose et/ou de sorbitol rend logique la prescription d'un régime d'exclusion (Tableau 2). La consommation de fibres, notamment de son, doit être limitée en raison du rôle délétère potentiel de ces fibres non seulement sur la production de gaz mais aussi sur le transit de ces gaz [39].

Quels médicaments proposer aux malades ? Les absorbants des gaz, essentiellement à base de charbon, ont eu jusqu'alors une efficacité médiocre dans les rares essais publiés [40]. Cependant, la siméthicone a fait la preuve d'une certaine efficacité [41]. Les bases physiopathologiques rappelées plus haut rendent logique d'essayer d'agir sur le transit des gaz par des prokinétiques, sur la sensibilité viscérale et sur une éventuelle pullulation bactérienne. Les prokinétiques peuvent être actifs [42-44]. La néostigmine (mais seulement lors d'une administration de 0,5 mg par voie intraveineuse) a obtenu de meilleurs résultats que le placebo dans un essai contrôlé [43]. Mais les prokinétiques usuels (dompéridone, métoclopramide, érythromycine) n'ont pas été testés dans cette indication. Lors de différents essais thérapeutiques effectués dans le SII avec constipation, le tégaserod (agoniste partiel des récepteurs 5-HT₄ de la sérotonine) a amélioré de façon significative le ballonnement avec une amélioration se poursuivant même après 3 mois de traitement [44]. Il est difficile de savoir si cet effet symptomatique du tégaserod est lié à ses propriétés prokinétiques ou à son effet sur la sensibilité viscérale. Les antidépresseurs, notamment tricycliques, actifs à faible dose sur la sensibilité viscérale, méritent d'être testés.

Comment agir sur la flore ? : La place d'un traitement antibiotique dans la prise en charge est une question actuelle : un antibiotique comme le métronidazole (400 mg, 3 fois par jour) a été efficace sur le ballonnement en réduisant de façon très significative le volume

d'hydrogène et de méthane (45). La rifaximine, antibiotique peu absorbable, non encore disponible en France, a également obtenu des résultats intéressants.

L'une des autres pistes pharmacologiques prometteuses est celle des probiotiques [46,47]. Les probiotiques se définissent comme des organismes bactériens vivants exerçant des effets bénéfiques sur l'individu qui les ingèrent. Leur mode d'action est incomplètement appréhendé : normalisation de la composition de la flore ? effet immunomodulateur ? effet anti-inflammatoire ? effet sur la sensibilité viscérale ? Mais plusieurs essais récents méthodologiquement solides ont mis en évidence, au cours du SII, que cette approche thérapeutique, basée principalement sur l'administration de différentes souches de Lactobacilles ou de Bifidobactéries, obtenait des résultats symptomatiques indiscutables sur le ballonnement abdominal [46-49].

Les approches non médicamenteuses ont été de deux types. L'équipe de Manchester a montré que l'hypnose pouvait être bénéfique pour les malades, peut-être en améliorant le vécu du symptôme [50]. Leurs résultats demandent à être confirmés. L'équipe de Barcelone a démontré qu'en cas de rétention gazeuse dans le grêle, un exercice physique modéré (pédalage sur un vélo d'intérieur pendant 75 minutes avec des périodes d'effort de 5 minutes entrecoupées de périodes de repos de 3 minutes) diminuait par deux le volume des gaz retenus [51].

Conclusion

La physiopathologie du ballonnement abdominal est mieux comprise. Il s'agit à l'évidence d'une situation multifactorielle avec des anomalies probablement variables d'un consultant à un autre et une association de dysfonctionnements chez un même malade. Le symptôme trouve son origine principalement dans des dysfonctionnements de l'intestin grêle. Les progrès thérapeutiques sont encore limités mais le démantèlement de la physiopathologie doit

conduire à la réalisation d'essais thérapeutiques dans des sous-groupes de patients mieux caractérisés. Les probiotiques paraissent une des options thérapeutiques les plus séduisantes.

Références

- [1] Frexinos J, Denis P, Allemand H, Allouche S, Los F, Bonnelye G. Etude descriptive des symptômes fonctionnels digestifs dans la population générale française. *Gastroenterol Clin Biol* 1998;22:785-91.
- [2] Sandler RS, Stewart WF, Liberman JN, Ricci JA, Zorich NL. Abdominal pain, bloating, and diarrhea in the United States: prevalence and impact. *Dig Dis Sci* 2000; 45:1166-71.
- [3] Lewis MJ, Reilly B, Houghton LA, Whorwell PJ. Ambulatory abdominal inductance plethysmography : towards objective assessment of abdominal distension in irritable bowel syndrome. *Gut* 2001;48:216-20.
- [4] Serra J, Azpiroz F, Malagelada JR. Impaired transit and tolerance of intestinal gas in the irritable bowel syndrome. *Gut* 2001;48:14-9.
- [5] Sullivan SN. A prospective study of unexplained visible abdominal bloating. *N Z Med J* 1994;107:428-30.
- [6] Azpiroz F, Malagelada JR. Abdominal bloating. *Gastroenterology* 2005;129:1060-78.
- [7] Maxton DG, Martin DF, Whorwell PJ, Godfrey M. Abdominal distension in female patients with irritable bowel syndrome: exploration of possible mechanisms. *Gut* 1991;32:662-4.
- [8] Houghton LA, Lea R, Agrawal A, Reilly B, Whorwell PJ. Relationship of abdominal bloating to distension in irritable bowel syndrome and effect of bowel habit. *Gastroenterology* 2006;131:1003-10.
- [9] Alvarez WC. Hysterical type of nongaseous abdominal bloating. *Arch Intern Med* 1949;84:217-45.
- [10] Longstreth GF, Thompson WG, Chey WD, Houghton LA, Mearin F, Spiller RC. Functional bowel disorders. *Gastroenterology* 2006;130:1480-91.

- [11] Harder H, Serra J, Azpiroz F, Passos MC, Aguadé S, Malagelada JR. Intestinal gas distribution determines abdominal symptoms. *Gut* 2003;52:1708-13.
- [12] Salvioli B, Serra J, Azpiroz F, Lorenzo C, Aguade S, Castell J, et al. Origin of gas retention and symptoms in patients with bloating. *Gastroenterology* 2005;128:574-9.
- [13] Serra J, Azpiroz F, Malagelada JR. Mechanisms of intestinal gas retention in humans: impaired propulsion versus obstructed evacuation. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 2001;281:G138-43.
- [14] Hernando-Harder AC, Serra J, Azpiroz F, Malagelada JR. Sites of symptomatic gas retention during intestinal lipid perfusion in healthy subjects. *Gut* 2004;53:661-5.
- [15] Tremolaterra F, Villoria A, Serra J, Azpiroz F, Malagelada JR. Intestinal tone and gas motion. *Neurogastroenterol Motil* 2006;18:905-10.
- [16] Passos MC, Serra J, Azpiroz F, Tremolaterra F, Malagelada JR. Impaired reflex control of intestinal gas transit in patients with abdominal bloating. *Gut* 2005;54:344-8.
- [17] Serra J, Salvioli B, Azpiroz F, Malagelada JR. Lipid-induced intestinal gas retention in irritable bowel syndrome. *Gastroenterology* 2002;123:700-6.
- [18] Gonlachanvit S, Coleski R, Owyang C, Hasler W. Inhibitory actions of a high fibre diet on intestinal gas transit in healthy volunteers. *Gut* 2004;53:1577-82.
- [19] Serra J, Azpiroz F, Malagelada JR. Intestinal gas dynamics and tolerance in humans. *Gastroenterology* 1998;115:542-50.
- [20] Azpiroz F. Gastrointestinal perception: pathophysiological implications. *Neurogastroenterol Motil* 2002;14:229-39.
- [21] Bouin M, Lupien F, Riberdy M, Boivin M, Plourde V, Poitras P. Intolerance to visceral distension in functional dyspepsia or irritable bowel syndrome : an organ specific defect or a pan intestinal dysregulation ? *Neurogastroenterol Motil* 2004;16:311-4.

- [22] Houghton LA, Whorwell PJ. Towards a better understanding of abdominal bloating and distension in functional gastrointestinal disorders. *Neurogastroenterol Motil* 2005;17:500-11.
- [23] Poynard T, Hernandez M, Xu P, Couturier D, Frexinos J, Bommelaer G, et al. Visible abdominal distension and gas surface: description of an automatic method of evaluation and application to patients with irritable bowel syndrome and dyspepsia. *Eur J Gastroenterol Hepatol* 1992; 4:831-6.
- [24] Lasser RB, Bond JH, Levitt MD. The role of intestinal gas in functional abdominal pain. *N Engl J Med* 1975; 293:524-6.
- [25] Levitt MD, Furne J, Olsson S. The relation of passage of gas and abdominal bloating to colonic gas production. *Ann Intern Med* 1996;124:422-4.
- [26] King TS, Elia M, Hunter JO. Abnormal colonic fermentation in irritable bowel syndrome. *Lancet* 1998;352:1187-9.
- [27] Fernández-Bañares F, Esteve-Pardo M, de Leon R, Humbert P, Cabré E, Llovet JM, et al. Sugar malabsorption in functional bowel diseases : clinical implications. *Am J Gastroenterol* 1993;88:2044-50.
- [28] Rumessen JJ, Gudmand-Høyer E. Functional bowel disease: malabsorption and abdominal distress after ingestion of fructose, sorbitol and fructose-sorbitol mixtures. *Gastroenterology* 1988;95:694-700.
- [29] Hyams JS. Sorbitol intolerance: an unappreciated cause of functional gastrointestinal complaints. *Gastroenterology* 1983;84:30-3.
- [30] Nelis GF, Vermeeren MA, Jansen W. Role of fructose-sorbitol malabsorption in the irritable bowel syndrome. *Gastroenterology* 1990;99:1016 -20.

- [31] Fernández-Bañares F, Rosinach M, Esteve M, Forné M, Espinós JC, Maria Viver J. Sugar malabsorption in functional abdominal bloating: a pilot study on the long-term effect of dietary treatment. *Clin Nutr* 2006;25:824-31.
- [32] Kassinen A, Krogius-Kurikka L, Mäkivuokko H, Rinttilä T, Paulin L, Corander J, et al. The fecal microbiota of irritable bowel syndrome patients differs significantly from that of healthy subjects. *Gastroenterology* 2007;133:24-33.
- [33] Bradley HK, Wyatt GM, Bayliss CE, Hunter JO. Instability of the faecal flora of a patient suffering from food-related irritable bowel syndrome. *J Med Microbiol* 1987; 23:29-32.
- [34] Lin HC. Small intestinal bacterial overgrowth: a framework for understanding irritable bowel syndrome. *JAMA* 2004;292:852-8
- [35] McManis PG, Newall D, Talley NJ. Abdominal wall muscle activity in irritable bowel syndrome with bloating. *Am J Gastroenterol* 2001;96:1139-42.
- [36] Tremolaterra F, Villoria A, Azpiroz F, Serra J, Agudé S, Malagelada JR. Impaired viscerosomatic reflexes and abdominal-wall dystony associated with bloating. *Gastroenterology* 2006;130:1062 - 8.
- [37] Accarino A, Perez F, Azpiroz F, Quiroga S, Malagelada JR. Abdominal distention results from caudo-ventral redistribution of contents. *Gastroenterology* 2009;136:1544-51.
- [38] Villoria A, Azpiroz F, Malagelada JR. Abdomino-phrenic dyssynergia, abdominal bloating and distention. *Neurogastroenterol Mot* 2006;18:A229.
- [39] Hebden JM, Blackshaw E, D'Amato M, Perkins AC, Spiller RC. Abnormalities of GI transit in bloated irritable bowel syndrome: effect of bran on transit and symptoms. *Am J Gastroenterol* 2002;97:2315-20.

- [40] Potter T, Ellis C, Levitt M. Activated charcoal : in vivo and in vitro studies of effect on gas formation. *Gastroenterology* 1985;88:620-4.
- [41] Jain NK, Patel VP, Pitchumoni S. Activated charcoal, simethicone and intestinal gas: a double-blind study. *Ann Intern Med* 1986;105:61-2.
- [42] Caldarella MP, Serra J, Azpiroz F, Malagelada JR. Prokinetic effects in patients with intestinal gas retention. *Gastroenterology* 2002;122:1748-55.
- [43] Accarino A, Perez F, Azpiroz F, Quiroga S, Malagelada JR. Intestinal gas and bloating: effect of a prokinetic stimulation. *Am J Gastroenterol* 2008;103:2036-42
- [44] Müller-Lissner SA, Fumagalli I, Bardhan KD, Pace F, Pecher E, Nault B, et al. Tegaserod, a 5-HT(4) receptor partial agonist, relieves symptoms in irritable bowel syndrome patients with abdominal pain, bloating and constipation. *Aliment Pharmacol Ther* 2001;15:1655-66.
- [45] Dear KL, Elia M, Hunter JO. Do interventions which reduce colonic bacterial fermentation improve symptoms of irritable bowel syndrome? *Dig Dis Sci* 2005;50 :758-66.
- [46] Bergonzelli GE, Blum S, Brussow H, Corthésy-Theulaz I. Probiotics as a treatment strategy for gastrointestinal diseases ? *Digestion* 2005;72:57-68.
- [47] McFarland LV, Dublin S. Meta-analysis of probiotics for the treatment of irritable bowel syndrome. *World J Gastroenterol* 2008;14:2650-61
- [48] Nobaek S, Johansson ML, Molin G, Ahrné S, Jeppsson B. Alteration of intestinal microflora is associated with reduction in abdominal bloating and pain in patients with irritable bowel syndrome. *Am J Gastroenterol* 2000;95:1231-8.
- [49] O'Mahony L, McCarthy J, Kelly P, Hurley G, Luo F, Chen K, et al. *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* in irritable bowel syndrome: symptom responses and relationship to cytokines profiles. *Gastroenterology* 2005;128:541-51.

- [50] Gonsalkorale WM, Houghton LA, Whorwell PJ. Hypnotherapy in irritable bowel syndrome: a large-scale audit in a clinical service with examination of factors influencing responsiveness. *Am J Gastroenterol* 2002;97:954-61.
- [51] Villoria A, Serra J, Azpiroz F, Malagelada JR. Physical activity and intestinal gas clearance in patients with bloating. *Am J Gastroenterol* 2006;101:2552-7.

Tableau 1 : Classement de différents aliments en fonction de leur capacité à provoquer la production de gaz [6].

Classification of nutrients on the basis of their ability to promote an intestinal production of gas [6].

Capacité Elevée	Capacité intermédiaire	Capacité faible
Haricot blanc	Pomme de terre	Viande
Chou de Bruxelles	Aubergine	Volaille
Chou-fleur	Agrumes	Poisson
Topinambour	Pommes	Œuf
Oignon	Pâtisseries	Laitue
Céleri	Pain	Tomate
Carotte		Avocat
Raisin sec		Broccoli
Pruneau		Asperge
Banane		Cerise
Abricot		Raisin
Germe de Blé		Riz
		Maïs
		Pop-corn
		Noisettes
		Chocolat

Tableau 2 : Principaux aliments à haute teneur en fructose

Nutrients with high fructose content

Fruits : pommes, poires, cerises, pêches, prunes, groseilles, raisin, mangue, papaye, coing, lychee, figue, melon.

Légumes : haricots, aubergine, chou, asperge, lentilles, pois.

Miel

Chocolat, nougat, noix de coco

Chewing gum

Boissons sucrées aromatisées

Sodas, Coca-cola, limonades

Jus de fruits concentrés.

Sauces d'assaisonnement (ketchup, sauce tomate, sauces anglaises, moutardes).
