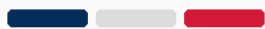


FLSDiet®

FRENCH LOW SULFUR DIET



Guide pratique

PROFESSIONNELS DE SANTÉ

Standard et végétarienne — Déroulement de la diète et étapes de réintroduction

LES AUTEURS



Christian Boyer, PhD

Docteur en biologie · Nutritionniste



Amin Gasmi, PhD

Chercheur & Physiologiste



Avec les menus et recettes de Clara Materne, nutrithérapeute

Droits et diffusion

© 2026 Christian Boyer et Amin Gasmi. Tous droits réservés.

Toute reproduction, représentation, adaptation, traduction, diffusion ou mise à disposition de ce document, même partielle, est interdite sans autorisation écrite préalable des titulaires des droits, sous réserve des exceptions prévues par la loi.

Le téléchargement officiel de ce document s'effectue exclusivement depuis le site de D-CODE LAB. Son hébergement, sa republication et sa redistribution sur un site ou une plateforme tiers sont interdits sans autorisation écrite préalable. Le partage du lien vers la page officielle de téléchargement est autorisé.

Menus et recettes : Clara Materne, nutrithérapeute. Les droits relatifs aux contributions et illustrations de tiers restent ceux de leurs titulaires respectifs.

Sommaire

1. GUIDE PROFESSIONNEL DE SANTÉ
2. Avertissement
3. LE KIT FLSDIET® :
4. INTRODUCTION À LA FLSDIET® :
5. DÉROULEMENT DES DEUX PHASES DE LA FLSDiet® :
6. PHASE 1 - Phase d'élimination FLSDiet® Standard et Végétarienne
 1. Influence du mode de cuisson sur la teneur en taurine et en composés soufrés d'origine végétale
 2. Accompagnement de l'intolérance aux soufrés et réduction des symptômes systémiques liés à l'hydrogène sulfuré (H₂S)
7. PHASE 2 - Phase de réintroduction FLSDiet® Standard et Végétarienne
 1. Réintroduction progressive par groupes alimentaires
 2. Ordre de réintroduction : groupes et aliments
 3. Groupe 1 — Les Brassicacées
 4. (Groupe 2 — La viande rouge)
 5. Groupe 3 — Les artichauts
 6. (Groupe 4 — Les poissons)
 7. Groupe 5 — Les œufs
 8. Groupe 6 — Les asperges
 9. Groupe 7 — Les produits laitiers
 10. Groupe 8 — Les Alliées
 11. (Groupe 9 — Les fruits de mer : crustacés et mollusques)
 12. Groupe 10 — Féculents : céréales telles que (le blé) et l'avoine, et pseudo céréales telles que le sarrasin et le quinoa
 13. (Groupe 11 — L'alcool)
 14. Options de réintroduction : prudence ou « flash test »
 15. Option N°1 — Réintroduction prudente
 16. Option N°2 — Réintroduction « flash test »
 17. Exemples de portions pour la réintroduction des aliments :
 18. Adaptation de l'ordre de réintroduction et du régime alimentaire en fonction du profil microbien (analyse microbiote) :
8. FACTEURS FAVORISANT L'INTOLÉRANCE AUX COMPOSÉS SOUFRÉS ET STRATÉGIES DE PRISE EN CHARGE AVANCÉES :
 1. Facteurs favorisant les déséquilibres du métabolisme soufré et l'accumulation de H₂S et de sulfites :
 2. Polymorphismes génétiques (SNP) et répercussions métaboliques :
9. Stratégies de régulation du métabolisme soufré et de la charge en H₂S et sulfites
 1. Modulation de la production de H₂S endogène (lorsque cela est nécessaire) et soutien de la métabolisation du H₂S et des sulfites :
 2. Modulation de la production microbienne de H₂S et réduction des micro-organismes producteurs
 3. Phytoactifs & polyphénols :
 4. Autres :
10. Annexes
11. Annexe 1 — Liste d'eaux en bouteilles faibles en sulfates
12. Annexe 2 — Liste des bactéries probiotiques susceptibles de produire du H₂S

GUIDE PROFESSIONNEL DE SANTÉ

Déroulement de la diète / Étapes de réintroduction / Stratégies d'accompagnement des problématiques liées aux composés soufrés

Guide pratique commun à la FLSDiet® Standard et Végétarienne destiné aux professionnels de santé

La French Low Sulfur Diet (FLSDiet®) associe des informations détaillées sur l'alimentation pauvre en composés soufrés à une sélection de recettes gourmandes, soigneusement adaptées à ses principes. Elle a été pensée pour concilier exigences nutritionnelles, plaisir de manger et créativité culinaire, tout en apportant cette « French Touch » gastronomique qui fait toute sa singularité. Elle a été présentée pour la première fois lors de la 2e édition du congrès Microbiome360, organisé par D-CODE LAB à Lyon (France), les 3 et 4 octobre 2026. Créée par Dr. Christian Boyer (PhD) et Dr. Amin Gasmi (PhD) – Menus et recettes réalisés par Clara Materne (Nutrithérapeute).

Avertissement

La FLSDiet® (French Low Sulfur Diet) est une approche alimentaire temporaire destinée à accompagner la prise en charge de certaines sensibilités digestives ou réactions associées aux composés soufrés. Les informations présentées dans ce document sont fournies à titre éducatif et informatif. Elles ne constituent ni un diagnostic, ni une prescription médicale, ni un traitement et ne remplacent pas une consultation auprès d'un médecin ou d'un professionnel de santé qualifié. Le guide professionnel de la FLSDiet® est exclusivement destiné aux professionnels de santé et poursuit un objectif éducatif et informatif, basé sur des données scientifiques.

LE KIT FLSDIET® :

La FLSDiet® se présente sous la forme d'un kit complet dédié aux problématiques liées aux composés soufrés. Il comprend :

- Deux listes des aliments à favoriser, à limiter et à éviter : l'une pour la diète standard, l'autre pour la diète végétarienne ;
- Deux guides pratiques, l'un destiné aux patients, l'autre aux professionnels, détaillant les consignes et le déroulement des phases d'éviction et de réintroduction. Ces guides sont communs aux versions standard et végétarienne de la FLSDiet® ;
- Un carnet de recettes, également commun aux versions standard et végétarienne de la FLSDiet®.

INTRODUCTION À LA FLSDIET® :

La FLSDiet® (French Low Sulfur Diet) est une diète d'accompagnement spécifiquement conçue pour les situations caractérisées par une prolifération excessive de bactéries productrices d'hydrogène sulfuré (H₂S), également appelée ISO (Intestinal Sulfide Overproduction). L'ISO peut correspondre à un LIBO H₂S (Large Intestinal Bacterial Overgrowth) et/ou à un SIBO H₂S (Small Intestinal Bacterial Overgrowth).

Le principe de la FLSDiet® consiste à adopter temporairement une alimentation visant deux objectifs complémentaires :

- réduire la production microbienne (et également endogène) de sulfure d'hydrogène (H₂S)
- limiter la prolifération excessive des bactéries intestinales productrices de H₂S.

Dans cette perspective, la FLSDiet® limite notamment :

- les produits d'origine animale riches en acides aminés soufrés (cystéine et méthionine) et en taurine ou l'ensemble des produits d'origine animale pour la FLSDiet® Végétarienne ;
- les féculents (céréales, pseudo-céréales et produits assimilés) ainsi que les oléagineux riches en acides aminés soufrés ou susceptibles d'être moins bien tolérés ;
- les graisses saturées ;
- les composés soufrés présents dans les produits végétaux, notamment les composés organosulfurés des Brassicacées et des Alliées ;
- les sulfites et les sulfates ;
- et d'une manière générale tous les aliments, ingrédients, compléments alimentaires et additifs susceptibles d'augmenter la production intestinale de H₂S ou de favoriser la prolifération des bactéries qui en produisent.

La FLSDiet® peut également être envisagée chez les personnes présentant une intolérance aux composés soufrés. Sa version végétarienne est particulièrement adaptée à cette situation, ainsi que pour les personnes souffrant d'un ISO (Intestinal Sulfide Overproduction) sévère, notamment lorsque celui-ci s'accompagne de symptômes multiples, intenses et/ou systémiques.

« L'intolérance aux composés soufrés » ne correspond pas à une allergie au soufre, mais désigne un déséquilibre entre les quantités de composés soufrés apportées par l'alimentation ou produites par l'organisme et son microbiote, et les capacités de l'organisme à les métaboliser et à les éliminer.

La FLSDiet® Végétarienne s'adresse prioritairement aux personnes tolérant au moins de petites quantités de légumineuses. Lorsque celles-ci sont mal tolérées, une vigilance particulière est nécessaire pour garantir des apports protéiques suffisants. Le recours à des préparations protéinées en poudre, à base de pois ou de riz, peut alors être envisagé selon la tolérance individuelle. Une autre possibilité sera de privilégier la FLSDiet® Standard, qui autorise la consommation de poulet et de poisson.

En raison d'une restriction plus importante des produits d'origine animale et des acides aminés soufrés, la phase stricte de la version végétarienne n'a pas vocation à être prolongée. Il est essentiel de maintenir un apport protéique d'au moins 1 g/kg de poids corporel par jour, à adapter aux besoins individuels. Une supplémentation en BCAA (leucine, isoleucine et valine) sans additifs, peut éventuellement être envisagée pour compléter les apports en acides aminés impliqués dans l'anabolisme musculaire, sans toutefois remplacer un apport suffisant en protéines complètes. Un accompagnement diététique est recommandé afin de prévenir les déséquilibres et les carences nutritionnelles.

La French Low Sulfur Diet se déroule en deux étapes :

- Étape 1 – Phase d'élimination stricte : d'une durée maximale de 2 à 3 semaines pour la version standard et de 2 semaines maximum pour la version végétarienne. Une amélioration des symptômes peut parfois être observée rapidement, dès la première semaine.
- Étape 2 – Phase de réintroduction alimentaire : réintroduction progressive et individualisée des aliments, pouvant s'étendre sur 2 à 3 mois lorsqu'une réintroduction complète est envisagée.

L'objectif est de réintroduire progressivement la plus grande diversité alimentaire possible, en fonction de la tolérance individuelle, tout en évitant de prolonger inutilement les restrictions. Il est essentiel de rappeler au patient que la phase d'élimination de la FLSDiet® Végétarienne ne doit en aucun cas être prolongée au-delà de deux semaines.

DÉROULEMENT DES DEUX PHASES DE LA FLSDiet® :

PHASE 1 - Phase d'élimination FLSDiet® Standard et Végétarienne

Durée : 2 à 3 semaines pour la version standard ; 2 semaines maximum pour la version végétarienne.

Tableaux des aliments à retrouver dans le document LISTE DES ALIMENTS de la FLSDiet® et FLSDiet® Végétarienne

Durant cette première étape, supprimer l'ensemble des aliments figurant dans la rubrique « Liste des aliments à écarter ou à réintroduire ultérieurement ».

Les aliments autorisés sont ceux mentionnés dans les rubriques :

- « Aliments à privilégier » ;
- « Aliments à modérer et nécessitant une vigilance particulière ».

Lorsque des quantités maximales par repas ou par jour sont précisées, celles-ci doivent être respectées.

Les aliments appartenant à la catégorie « à modérer et nécessitant une vigilance particulière » ont tendance à provoquer davantage de réactions chez certains patients, pour des raisons pouvant être directement liées ou non à l'ISO. Cette classification ne constitue en aucun cas une recommandation visant à les supprimer systématiquement de l'alimentation, mais invite plutôt à adapter leur consommation en fonction de la tolérance individuelle.

L'ISO (Intestinal Sulfide Overproduction) peut s'accompagner de manifestations évocatrices d'une intolérance à l'histamine. Si, à des concentrations physiologiques, le H₂S pourrait exercer un effet stabilisateur sur les mastocytes, sa production excessive pourrait, à l'inverse, favoriser une inflammation de la muqueuse intestinale, susceptible d'accroître l'activation mastocytaire et la libération d'histamine.

Par ailleurs, certaines bactéries intestinales, notamment parmi le phylum des Pseudomonadota (anciennement Proteobacteria), possèdent la capacité de produire à la fois du sulfure d'hydrogène (H₂S) et de l'histamine. Ce double potentiel métabolique, retrouvé chez certaines espèces des genres *Klebsiella*, *Escherichia*, *Proteus*, *Fusobacterium*, ainsi que chez *Clostridium perfringens*, pourrait contribuer à augmenter la charge histaminique intestinale dans un contexte de dysbiose associée à une production excessive de H₂S.

Une modération des aliments riches en histamine (et autres amines), susceptibles de favoriser la libération d’histamine ou encore d’inhiber l’activité de la DAO (enzyme qui dégrade l’histamine), a donc été intégrée à la FLSDiet®, sans toutefois imposer de fortes restrictions.

En cas d’intolérance marquée à l’histamine, il peut être préférable de débiter par une alimentation spécifiquement adaptée à cette problématique pendant quelques semaines, avant d’entreprendre la FLSDiet®.

Concernant l’histamine, la fraîcheur et les conditions de conservation des aliments constituent des facteurs essentiels, particulièrement pour les viandes et les poissons. En effet, leur teneur en histamine peut augmenter rapidement en cas de rupture de la chaîne du froid ou de stockage prolongé. Il est donc recommandé de privilégier des produits d’une fraîcheur irréprochable et, pour les poissons, de favoriser autant que possible ceux surgelés directement en mer, à bord des bateaux de pêche, afin de limiter la formation d’histamine. Les fruits et légumes doivent également être consommés frais, de préférence sans taches ni signes d’altération, en évitant de les laisser atteindre un stade de maturité trop avancé.

Influence du mode de cuisson sur la teneur en taurine et en composés soufrés d’origine végétale

La cuisson dans un grand volume d’eau permet de réduire la teneur des Brassicacées en certains composés soufrés hydrosolubles, notamment les glucosinolates. Par ailleurs pour les personnes « hautement sensibles », la cuisson en deux eaux des brassicacées peut fortement limiter les réactions d’intolérance. Par ailleurs la cuisson des viandes et/ou des poissons en court-bouillon permet d’éliminer une partie de la taurine (qui est fortement hydrosoluble).

Accompagnement de l'intolérance aux soufrés et réduction des symptômes systémiques liés à l'hydrogène sulfuré (H₂S)

Le modèle du « sulfur bucket », ou « seau de soufre », permet d'illustrer simplement un phénomène d'accumulation. Ce seau se remplit avec les composés soufrés apportés par l'alimentation, ceux produits par l'organisme et ceux générés par le microbiote intestinal, notamment le H₂S. Il se vide grâce aux mécanismes assurant leur transformation, leur oxydation et leur élimination. Tant que les capacités métaboliques de l'organisme sont suffisantes, les composés soufrés sont généralement bien tolérés. En revanche, lorsque la charge soufrée globale dépasse les capacités de métabolisation et d'élimination, le seau « déborde » : des métabolites réactifs, tels que le H₂S ou les sulfites, peuvent alors s'accumuler et provoquer différents symptômes.

La voie de la transsulfuration joue un rôle central dans le métabolisme endogène des molécules soufrées et contribue, en aval, à la production de sulfate, sa forme terminale stable et globalement non réactive. Une dérégulation de cette voie ou des étapes métaboliques qui lui succèdent peut favoriser une production excessive de H₂S ou de sulfite, et/ou entraîner une production insuffisante de sulfate. Parallèlement, le microbiote intestinal peut produire des quantités excessives de H₂S qui, lorsqu'elles dépassent les capacités locales de détoxification, peuvent diffuser dans la circulation systémique et provoquer des symptômes extradiGESTIFS, en plus des symptômes digestifs courants.

Afin d'améliorer la tolérance aux composés soufrés, de soutenir la disponibilité en sulfate et de limiter les symptômes associés à un excès de H₂S, quatre approches peuvent être envisagées :

- les bains de pieds ou de corps au sel d'Epsom (sulfate de magnésium) peuvent être envisagés comme une approche visant à favoriser un apport de sulfate par voie cutanée, sans passage direct par le tube digestif et donc sans fournir directement de substrat aux bactéries intestinales productrices de H₂S. Il est conseillé de commencer par des bains de pieds dans un premier temps et en augmentant progressivement le dosage.
- le molybdène, cofacteur indispensable de la sulfite oxydase (SUOX), enzyme assurant la conversion des sulfites en sulfates. Le molybdène pourrait également contribuer à réduire la production de H₂S par les bactéries sulfato-réductrices (SRB), comme le suggèrent certaines données expérimentales.
- la coenzyme Q10, nécessaire au bon fonctionnement de la SQOR, enzyme mitochondriale intervenant dans la première étape de l'oxydation et de la détoxification du H₂S.
- l'hydroxocobalamine, une forme de vitamine B12, peut aider à piéger le H₂S en s'y liant. Elle peut également se lier au thiosulfate, un intermédiaire issu de la détoxification du H₂S, pour lequel elle pourrait avoir une affinité encore plus importante. Elle contribue ainsi à réduire la quantité de H₂S et à limiter les symptômes systémiques.

Ces quatre approches peuvent être envisagées dès la phase 1 de la FLSDiet® et poursuivies au cours de la phase 2, aussi longtemps que cela est jugé nécessaire.

PHASE 2 - Phase de réintroduction FLSDiet® Standard et Végétarienne

Durée : 2-3 mois pour réintroduction complète (avec option de réintroduction N°1)

Réintroduction progressive par groupes alimentaires

La réintroduction des aliments précédemment écartés se fera progressivement, par groupes alimentaires (11 groupes), en suivant l'ordre présenté ci-dessous. Chaque groupe sera testé séparément et les aliments listés seront réintroduits un par un, en commençant par de petites quantités.

Les groupes comprenant des aliments habituellement non consommés pourront être ignorés pour passer directement au groupe suivant. Le groupe consacré à l'alcool est entièrement facultatif : il n'est pas nécessaire de le tester pour poursuivre les réintroductions alimentaires.

Si un groupe est mal toléré, l'ensemble du processus ne doit pas être interrompu. La réintroduction se poursuivra avec les groupes suivants, dans l'ordre prévu. Les groupes mal tolérés pourront être testés à nouveau une fois les autres groupes réintroduits. Tout aliment bien toléré lors des tests peut être conservé dans l'alimentation, en respectant les quantités et la fréquence de consommation pour lesquelles sa bonne tolérance a été confirmée.

Enfin, les aliments habituellement consommés avant la diète, mais qui ne figurent pas dans les 11 groupes ci-dessous, pourront être réintroduits progressivement, uniquement après avoir terminé (ou tenté) la réintroduction des différents groupes de la FLSDiet®.

Ordre de réintroduction : groupes et aliments

Brocolis → chou-fleur → (viande rouge : veau) → artichaut → (poissons) → œufs → asperges → produits laitiers : fromage affiné puis yaourt et crème → poireaux et oignons cuits → ail cuit → (fruits de mer : crevettes) → (blé) puis avoine → sarrasin et quinoa → (alcool) → autre(s)

En bleu et entre parenthèses : réintroduction facultative, soit dans tous les cas (ex. : alcool), soit selon le régime alimentaire suivi (ex : viande, poisson et fruits de mer dans la version végétarienne).

La FLSDiet® Végétarienne peut également être suivie par des personnes omnivores ayant besoin de limiter davantage les produits d'origine animale. La phase de réintroduction prévoit donc, par défaut, la possibilité de réintroduire la viande et le poisson. Chez les personnes végétariennes, cette réintroduction reste facultative, même si elle peut être envisagée pour ses bénéfices potentiels, notamment pour le poisson. Pour conserver une alimentation végétarienne, la réintroduction peut se limiter aux produits d'origine animale compatibles avec les habitudes alimentaires, comme les œufs et les produits laitiers.

Groupe 1 — Les Brassicacées

Commencer par réintroduire progressivement le brocoli, puis le chou-fleur. Dans un premier temps, ces légumes seront consommés bien cuits dans un grand volume d'eau bouillante. En cas de bonne tolérance, des cuissons plus courtes ou à la vapeur pourront être testées ultérieurement. Les autres brassicacées (chou et chou-rouge, chou de Bruxelles, ...) pourront être réintroduites plus tardivement.

(Groupe 2 — La viande rouge)

Réintroduire au départ uniquement du veau maigre, en petite quantité, sans l'associer à une sauce ou à de la crème. Une fois la tolérance au veau confirmée, d'autres viandes, notamment le bœuf et le canard, pourront être progressivement testées. La viande de porc devra toutefois être réintroduite beaucoup plus tardivement. La fraîcheur et la qualité des viandes sont primordiales.

Groupe 3 — Les artichauts

Les artichauts pourront d'abord être réintroduits sous la forme de cœurs d'artichaut en conserve, soigneusement rincés, puis sous la forme d'un artichaut cuit à l'eau (à consommer en petite quantité). La composition des produits en conserve devra être vérifiée afin d'écarter la présence éventuelle d'additifs problématiques.

(Groupe 4 — Les poissons)

Si aucun poisson, ou seulement un nombre limité d'espèces, n'a été consommé durant la phase d'élimination, réintroduire progressivement les poissons habituellement consommés.

Commencer de préférence par les espèces les moins riches en taurine et les moins grasses, telles que l'églefin, le flétan ou le merlan. Poursuivre ensuite avec les poissons plus riches en taurine, comme le cabillaud, et/ou avec les poissons plus gras, tels que les sardines, le maquereau et le saumon. Chaque nouvelle espèce devra être testée séparément.

Il est conseillé de privilégier des poissons d'une fraîcheur irréprochable et, lorsque cela est possible, de favoriser des poissons surgelés en mer directement à bord du bateau (dans un premier temps).

Groupe 5 — Les œufs

Commencer par une petite quantité, par exemple un demi-œuf, avant de passer à un œuf entier si la tolérance est satisfaisante. Pour cette première réintroduction, privilégier une préparation simple, par exemple un œuf mollet, poché ou au plat, avec un jaune encore coulant.

Groupe 6 — Les asperges

Commencer par des asperges fraîches, bien cuites dans un grand volume d'eau bouillante. Les asperges en conserve seront testées séparément, après avoir été soigneusement rincées et après vérification de l'absence de sulfites ou d'autres additifs soufrés.

Groupe 7 — Les produits laitiers

La réintroduction débutera par une tomme affinée de chèvre ou de brebis, naturellement très pauvre en lactose. Elle se poursuivra avec les yaourts, puis avec la crème et le beurre. La crème et le beurre seront d'abord consommés en petite quantité, avant d'augmenter progressivement les portions en cas de bonne tolérance.

Si les fromages à pâte dure affinée sont bien tolérés alors que les yaourts (ou la crème) semblent provoquer des symptômes, une mauvaise tolérance au lactose peut être envisagée.

Groupe 8 — Les Alliées

Les Alliées seront réintroduites dans l'ordre suivant : poireau bien cuit, oignon bien cuit, puis ail bien cuit. L'ail, généralement plus réactif, sera donc testé en dernier.

Avant d'être cuisiné, par exemple à la poêle, le poireau pourra être préalablement blanchi pendant 1 à 2 minutes dans l'eau bouillante, puis égoutté.

(Groupe 9 — Les fruits de mer : crustacés et mollusques)

La réintroduction des fruits de mer pourra débuter par les crevettes, généralement moins riches en taurine que le poulpe ou le calmar. Les huîtres, les moules et les coquilles Saint-Jacques, dont les teneurs en taurine sont nettement plus élevées, seront réintroduites plus tardivement. Les crevettes ne doivent pas contenir de sulfites (privilégier des crevettes surgelées).

Groupe 10 — Féculents : céréales telles que (le blé) et l'avoine, et pseudo céréales telles que le sarrasin et le quinoa

Le blé sera réintroduit de préférence sous la forme de variétés anciennes et de pain au levain, en commençant par une petite portion consommée sans autre aliment nouvellement réintroduit.

La quantité pourra être progressivement augmentée si aucune réaction significative n'est observée. La réintroduction du blé et, plus largement du gluten, n'est toutefois en aucun cas obligatoire. Elle doit être envisagée au cas par cas, car elle peut s'avérer problématique chez certaines personnes.

L'avoine pourra également être réintroduite progressivement, puis le sarrasin et le quinoa (les deux à consommer avec modération !). Avant sa cuisson, le quinoa devra être soigneusement rincé et pourra être mis à tremper pendant 3 à 4 heures max, afin d'améliorer sa tolérance digestive en éliminant une partie des saponines qu'il contient.

⚠ Attention : la réintroduction du blé, de l'avoine, du sarrasin et du quinoa doit être réalisée progressivement et méthodiquement, un aliment à la fois. Les éventuelles réactions digestives devront être attentivement surveillées, car ces aliments peuvent être mal tolérés par certaines personnes présentant des troubles digestifs, notamment un syndrome de l'intestin irritable (SII).

(Groupe 11 — L'alcool)

La réintroduction de l'alcool est entièrement facultative et ne constitue en aucun cas une étape obligatoire du protocole. Si elle est souhaitée, sa consommation devra rester occasionnelle et strictement modérée.

Commencer éventuellement par une très petite quantité d'un spiritueux simple, comme le whisky ou le rhum, et/ou par du vin sans sulfites ajoutés. La bière sera testée en dernier.

La bière peut en effet cumuler plusieurs facteurs susceptibles d'entraîner une réaction : l'alcool, les glucides fermentescibles résiduels (maltose), les composés issus de la fermentation ainsi que la présence de sulfates en quantités variables.

Options de réintroduction : prudence ou « flash test »

Chaque aliment doit être testé isolément, sans introduire simultanément un autre aliment, y compris au sein d'un même groupe. Deux options de réintroduction peuvent être envisagées selon le niveau de sensibilité digestive.

Option N°1 — Réintroduction prudente

Cette modalité est à privilégier chez les personnes particulièrement sensibles ou ayant déjà présenté des réactions importantes :

- Jour 1 : ¼ de portion
- Jour 2 : pause
- Jour 3 : ½ portion
- Jour 4 : pause
- Jour 5 : 1 portion habituelle (uniquement en l'absence de réaction significative aux quantités précédentes)
- Jour 6 : observation pendant 24 heures, sans introduire de nouvel aliment.

En présence de symptômes légers dès la demi-portion, ne pas augmenter la quantité au cinquième jour et tester une portion complète plus tard, après réintroduction des différents groupes.

Option N°2 — Réintroduction « flash test »

Cette modalité permet d'effectuer un premier test rapide de tolérance :

- consommer une demi-portion de l'aliment testé ;
- observer les éventuelles réactions pendant les 24 heures suivantes ;
- en l'absence de réaction significative, passer à l'aliment suivant.

Le « flash test » constitue un test de tolérance rapide, mais ne permet pas de confirmer la tolérance à une portion complète.

Exemples de portions pour la réintroduction des aliments :

Aliment	¼ portion	½ portion	Portion habituelle
Brocoli cuit	35 à 40 g	75 g	150 g
Veau maigre	35 à 40 g	75 g	150 g
Œuf	½ œuf	1 œuf	2 œufs
Asperges (taille moyenne)	1-2 u	3-4 u	6 u
Fromage affiné	7 à 10 g	15 g	30 g
Poireau cuit	20g (poids cuit)	40-50g (poids cuit)	100-120g (poids cuit)
Ail cuit	¼ de gousse	½ gousse	1 gousse
Crevettes (taille moyenne)	2 u	4 u	6-8 u
Pain au levain	15 g	25 à 30 g	50 à 80 g

u = unité

En cas de réaction importante, interrompre temporairement la réintroduction des aliments, attendre au moins 48 heures et revenir à la dernière alimentation bien tolérée jusqu'à stabilisation complète des symptômes avant de recommencer les réintroductions.

Il est fortement recommandé de tenir à jour un carnet alimentaire précis tout au long de la phase de réintroduction. Celui-ci permettra de noter les aliments réintroduits, les quantités consommées et tolérées, ainsi que l'apparition éventuelle de symptômes.

Il est notamment conseillé de surveiller et de consigner :

- les symptômes digestifs : diarrhées, gaz à odeur soufrée, douleurs intestinales, ballonnements, reflux, etc. ;
- les symptômes extra-digestifs : maux de tête, sensation d'empoisonnement ou de malaise, douleurs articulaires ou musculaires, flushs ou rougeurs cutanées, bouffées de chaleur, sueurs nocturnes, hypotension, accélération ou ralentissement du rythme cardiaque, fatigue importante, brouillard mental, anxiété, agitation mentale, troubles urinaires, etc.

Ce suivi permettra de mieux identifier les aliments et les quantités associés à l'apparition de symptômes, mais également de déterminer progressivement les seuils individuels de tolérance.

Adaptation de l'ordre de réintroduction et du régime alimentaire en fonction du profil microbien (analyse microbiote) :

Lorsque le profil microbien de la personne est connu grâce à une analyse du microbiote intestinal, il est également possible d'adapter et de personnaliser l'ordre de réintroduction des aliments et les conseils alimentaires.

- En cas d'excès de *Bilophila* : différer principalement la réintroduction des aliments riches en graisses saturées, notamment les graisses laitières (crème et beurre), les fromages gras, les viandes rouges et les charcuteries. Ces aliments stimulent la sécrétion biliaire et peuvent favoriser la disponibilité des acides biliaires conjugués à la taurine. Parmi les produits de la mer, réintroduire plus tardivement les aliments les plus riches en taurine, en particulier les mollusques : moules, huîtres et coquilles Saint-Jacques, ainsi que le poulpe et le calmar. Une attention particulière devra être accordée à une éventuelle exposition chronique à l'arsenic, certaines études ayant mis en évidence une association entre l'exposition à ce métalloïde toxique et une augmentation de l'abondance des bactéries appartenant à la famille des Desulfovibrionaceae, notamment des genres *Desulfovibrio* et *Bilophila* [Brabec JL. et al (2020), Heliyon]. Parmi les principales sources d'exposition alimentaire à l'arsenic inorganique figurent les céréales et pseudo-céréales, et comme contributeur majeur : le riz. Le riz complet et semi-complet contiennent généralement davantage d'arsenic que le riz blanc, car ce contaminant se concentre principalement dans les couches externes du grain, notamment le son. Le riz basmati blanc provenant d'Inde ou du Pakistan présente souvent des teneurs plus faibles, bien que celles-ci puissent varier selon la région de culture et les lots. La méthode PBA (Parboiled and Absorbed), qui consiste à précuire le riz dans une première eau, à la vider puis à terminer sa cuisson dans une eau renouvelée, permettrait de réduire la teneur en arsenic inorganique d'environ 54 % dans le riz complet et jusqu'à 73 % dans le riz blanc [Menon M. et al. (2021), Sci. Total Environ.].
- En cas d'excès de *Fusobacterium*, d'*Escherichia coli*, de *Klebsiella* ou de *Proteus* : différer en priorité les aliments concentrés en cystéine et en méthionine, notamment les œufs, les viandes rouges, les charcuteries et les produits laitiers riches en protéines, tels que le skyr et les fromages affinés à pâte dure. Le soja et le quinoa pourront également être réintroduits plus tardivement. Pour les produits laitiers, commencer éventuellement par de petites quantités de yaourt ou de fromage frais.
- En cas d'excès de *Desulfovibrio* : porter une attention particulière aux sources de sulfates et de sulfites, ainsi qu'aux polysaccharides sulfatés tels que les carraghénanes E407 et E407a et la chondroïtine sulfate en complément. Les produits ultra-transformés, les charcuteries, les fruits secs traités avec des sulfites / anhydride sulfureux, certaines boissons alcoolisées et les eaux très riches en sulfates devront être réintroduits avec prudence. Il convient également d'éviter une alimentation trop riche en graisses animales et saturées et en sucres simples, et pauvre en fibres, ce profil étant susceptible de favoriser la niche écologique de *Desulfovibrio*. Enfin, à l'instar de *Bilophila*, certaines bactéries productrices de H₂S, notamment celles du genre *Desulfovibrio*, pourraient voir leur abondance augmenter en réponse à une exposition chronique à l'arsenic [Brabec JL. et al (2020), Heliyon]. Dans ce contexte, la méthode de cuisson du riz « PBA » (Parboiled and Absorbed), visant à réduire sa teneur en arsenic, sera également préconisée lorsqu'une surabondance de *Desulfovibrio* est identifiée dans le microbiote intestinal.

FACTEURS FAVORISANT L'INTOLÉRANCE AUX COMPOSÉS SOUFRÉS ET STRATÉGIES DE PRISE EN CHARGE AVANCÉES :

L'intolérance aux composés soufrés peut être favorisée par une augmentation de la charge à traiter ou par un ralentissement de son élimination. Le terrain génétique, les cofacteurs enzymatiques et les signaux métaboliques modulent cet équilibre, auquel s'ajoute la production de H₂S par le microbiote.

Facteurs favorisant les déséquilibres du métabolisme soufré et l'accumulation de H₂S et de sulfites :

- Apports alimentaires et cofacteurs enzymatiques : La cystathionine bêta-synthase (CBS) et la cystathionine gamma-lyase (CTH, ou CSE) dépendent de la disponibilité des substrats. La vitamine B6 dite « active », ou pyridoxal-5-phosphate (PLP), est un cofacteur de ces deux enzymes, et la S-adénosylméthionine (SAM) active la CBS. Des apports importants en acides aminés soufrés, ou certains compléments comme la N-acétylcystéine (NAC), augmentent la quantité de substrats à métaboliser (Sbodio J. I. et al., 2019).
- Stress oxydatif et inflammation : L'inflammation et les réponses au stress cellulaire, notamment via NRF2 et ATF4, peuvent augmenter l'expression de CBS ou de CTH. Le stress oxydatif peut aussi activer CBS par glutathionylation. Le stress du réticulum endoplasmique ou de l'appareil de Golgi et le manque d'acides aminés peuvent induire CTH. Ces adaptations soutiennent d'abord la production de glutathion ; elles peuvent augmenter la charge à éliminer lorsque davantage de H₂S est produit (Niu W.-N. et al., 2015 ; Sbodio J. I. et al., 2019).
- Facteurs hormonaux et acides biliaires : Les glucocorticoïdes peuvent augmenter l'expression hépatique de CBS, tandis que l'insuline exerce un frein. Dans les modèles étudiés, une baisse de signalisation de l'hormone de croissance (GH) ou des hormones thyroïdiennes favorise la production hépatique d'H₂S. Certains acides biliaires stimulent également CTH via les récepteurs FXR ou encore TGR5, aussi appelé GPBAR1 (Hine C. et al., 2017 ; Ratnam S. et al., 2002 ; Renga B. et al., 2009, 2015).
- Traitement des sulfites ralenti : La sulfite oxydase (SUOX) transforme les sulfites en sulfates. Un déficit acquis en molybdène, un défaut de synthèse de son cofacteur ou une altération génétique de SUOX peut freiner cette conversion et favoriser l'accumulation des sulfites, qui sont considérés comme des intermédiaires réactifs (Abumrad N. N. et al., 1981).
- Élimination du H₂S limitée : L'oxydation mitochondriale de H₂S mobilise la sulfure-quinone oxydoréductase (SQOR), la persulfure dioxygénase (ETHE1) et la thiosulfate sulfurtransférase (TST). Des défauts de ces enzymes, un déficit en coenzyme Q10 ou une limitation en oxygène peuvent ralentir cette élimination. À concentration élevée, le H₂S peut lui-même inhiber la respiration mitochondriale et aggraver le déséquilibre (Libiad M. et al., 2019 ; Ziosi M. et al., 2017).

- Oxydation de la cystéine : Une activité insuffisante de la cystéine dioxygénase (CDO1) réduit l'oxydation directe de la cystéine et laisse davantage de substrat disponible pour produire du H₂S par CBS et CTH. La répartition de la cystéine entre glutathion, taurine et H₂S influence donc la charge à traiter (Jurkowska H. et al., 2014).
- Microbiote et alimentation : Une dysbiose enrichie en microorganismes producteurs de H₂S accroît la charge intestinale, même si les enzymes humaines fonctionnent normalement. Ces microorganismes utilisent notamment les sulfates, les sulfites, les acides aminés soufrés (méthionine et cystéine) et la taurine issue des acides biliaires. Le tétrathionate, formé par oxydation du thiosulfate, peut être utilisé par certaines bactéries intestinales et servir de substrat à la production microbienne de H₂S. Par ailleurs, certains composés soufrés alimentaires, comme le sulfoquinovose, peuvent être dégradés par le microbiote intestinal et générer des métabolites soufrés. Ces derniers peuvent alors être utilisés par d'autres bactéries, telles que *Bilophila wadsworthia*, pour produire du H₂S, selon un mécanisme de coopération métabolique (cross-feeding). D'une manière générale une alimentation à dominante animale et pauvre en fibres peut favoriser une augmentation de la production d'H₂S par le microbiote intestinal (Devkota S. et al., 2012 ; Teigen L. et al., 2022 ; Hanson B. T. et al., 2021; Barrett et Clarck, 1987).

Polymorphismes génétiques (SNP) et répercussions métaboliques :

Gène	SNP	Répercussions métaboliques du SNP
CBS	rs5742905 / p.Ile278Thr	Activité ↓ ; H ₂ S issu de CBS potentiellement ↓, mais homocystéine ↑ → effet mixte sur la tolérance
CTH	rs28941785 / p.Thr67Ile	Activité et fixation de B6 ↓ ; H ₂ S issu de CTH ↓, cystathionine ↑ → effet mixte sur la tolérance
SQOR	rs762256045 / p.Glu213Lys	Oxydation du H ₂ S ↓ ; accumulation favorisée → tolérance métabolique au H ₂ S ↓
ETHE1	rs745656120 / p.Arg163Gln	Oxydation des persulfures ↓ ; élimination du H ₂ S freinée → tolérance métabolique au H ₂ S ↓
SUOX	rs121908007 / p.Arg217Gln	Conversion sulfites → sulfates ↓ → tolérance métabolique aux sulfites ↓

↑ augmentation ; ↓ diminution. Sens métabolique attendu, variable selon les copies du gène atteintes ; plusieurs variants sont rares. Source des variants : ClinVar (National Center for Biotechnology Information, s.d.).

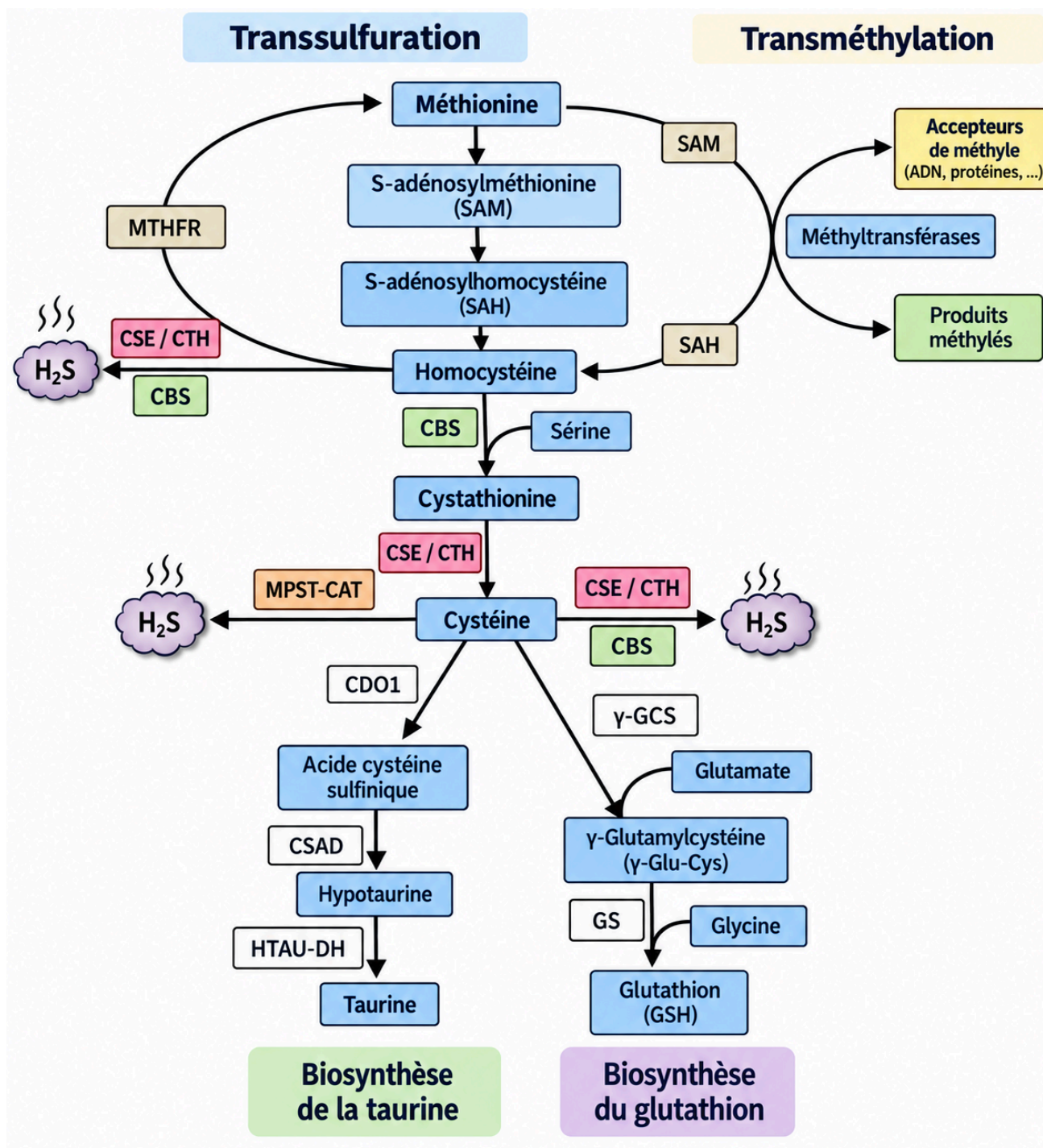
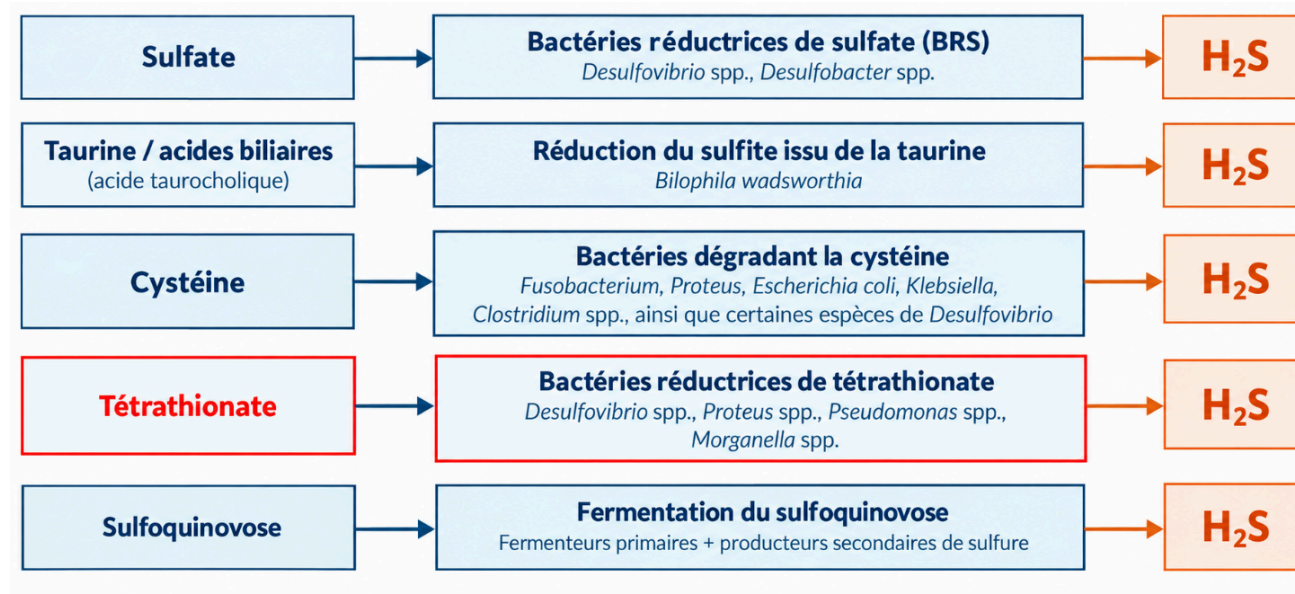


Figure 1 : Vue d'ensemble de la voie de transsulfuration et de son rôle dans la biosynthèse du H₂S, de la taurine et du glutathion (adapté d'après Sbodio et al., 2019).

Figure 2 : Principaux substrats et voies métaboliques impliquées dans la production de sulfure d'hydrogène (H₂S) par le microbiote intestinal



Stratégies de régulation du métabolisme soufré et de la charge en H₂S et sulfites

Modulation de la production de H₂S endogène (lorsque cela est nécessaire) et soutien de la métabolisation du H₂S et des sulfites :

La cystathionine bêta-synthase (CBS) et la cystathionine gamma-lyase (CTH, ou CSE) utilisent la vitamine B6 active, le pyridoxal-5-phosphate (PLP). Une activité accrue de ces enzymes peut augmenter la production du H₂S lorsque les substrats sont disponibles et que l'élimination ne suit pas. La B6 module ce flux ; ses apports doivent donc être ajustés aux besoins, plutôt qu'augmentés systématiquement (DeRatt B. N. et al., 2014). Le ginseng rouge diminue l'expression de CBS/CTH dans certains modèles cellulaires. La linatine présente dans le lin est à l'origine d'un composé antagoniste de la vitamine B6 active, capable de freiner l'activité de ces deux enzymes (données expérimentales chez le rat). Son action repose sur un antagonisme biochimique de la vitamine B6, plutôt que sur une simple diminution de son absorption intestinale. Dans le cas où son usage est envisagé, il faut utiliser des graines broyées de lin, qui seront à consommer immédiatement après broyage (Choi K.-S. et al., 2012 ; Mayengbam S. et al., 2016).

L'élimination du sulfure d'hydrogène mobilise la sulfure-quinone oxydoréductase (SQOR), la persulfure dioxygénase (ETHE1), la thiosulfate sulfurtransférase (TST) et la sulfite oxydase (SUOX). SQOR utilise la B2 et la coenzyme Q10, ETHE1 le fer, et SUOX un cofacteur contenant du molybdène. Corriger un manque réel de molybdène facilite le traitement des sulfites ; restaurer une coenzyme Q10 déficitaire soutient l'oxydation du H₂S (Abumrad N. N. et al., 1981 ; Ziosi M. et al., 2017).

La modulation de la production endogène de H₂S, en cherchant notamment à ralentir l'activité des enzymes CBS et CTH, doit être envisagée en présence d'arguments permettant de suspecter une activité excessive de la voie de transsulfuration. En revanche, il n'est pas problématique, et il est même largement conseillé, de soutenir la conversion des sulfites en sulfates ainsi que l'oxydation mitochondriale du H₂S. Le molybdène et la coenzyme Q10 jouent respectivement un rôle dans ces deux processus. La correction d'éventuelles carences en fer et en vitamine B2 est également essentielle pour soutenir les processus d'élimination du sulfure d'hydrogène (H₂S).

Modulation de la production microbienne de H₂S et réduction des micro-organismes producteurs

La FLSDiet® vise à ajuster les apports en composés soufrés tout en tenant compte du microbiote intestinal et en préservant l'équilibre nutritionnel. Cette approche a pour objectif de réduire la production intestinale de H₂S et de limiter la prolifération de certaines bactéries productrices de H₂S.

Phytoactifs & polyphénols :

Plusieurs polyphénols et composés bioactifs d'origine végétale présentent un intérêt potentiel dans la prise en charge des dysbioses associées à une production excessive de sulfure d'hydrogène (H₂S), notamment grâce à leur capacité à moduler la composition du microbiote intestinal et à réduire l'abondance de certaines bactéries productrices de H₂S. La combinaison d'au moins deux actifs est généralement utilisée en pratique.

- Apigénine et dérivés : l'apigénine-7-O-glucoside a montré, dans un modèle murin de colite induite par le DSS, une capacité à améliorer l'intégrité de la barrière intestinale, à réduire l'inflammation et à moduler favorablement le microbiote, notamment en diminuant l'abondance de *Desulfovibrio* (Hu Y. et al, 2023).

- Resvératrol : plusieurs études expérimentales suggèrent que ce polyphénol peut modifier favorablement la composition du microbiote intestinal. Une étude chez la souris nourrie avec un régime riche en graisses a notamment rapporté une diminution de l'abondance de *Desulfovibrio*, parallèlement à une augmentation de certains genres bactériens producteurs d'acides gras à chaîne courte (AGCC), tels que *Blautia* et *Allobaculum* (Wang P. et al., 2020).

- Jiaogulan (*Gynostemma pentaphyllum*) : cette plante contient des saponines triterpéniques, notamment les gypénosides (qui ne sont pas des polyphénols). Des travaux expérimentaux ont montré leur capacité à favoriser certaines bactéries bénéfiques et à diminuer l'abondance des bactéries sulfato-réductrices (SRB), susceptibles de contribuer à la production intestinale de H₂S (Chen L. et al., 2016).

- Extraits de grenade (*Punica granatum*) : riches en ellagitannins, notamment en punicalagines, ainsi qu'en acide ellagique, ils présentent des propriétés anti-inflammatoires et modulatrices du microbiote intestinal. Leur intérêt potentiel dans les dysbioses associées au H₂S repose notamment sur leurs effets inhibiteurs rapportés à l'encontre de certaines bactéries, telles que *Escherichia coli*, *Klebsiella* spp., *Shigella* spp. et *Clostridium* spp. (Buccato D. G. et al., 2025).

- L'huile essentielle d'origan : des activités antimicrobiennes in vitro de l'huile essentielle d'origan ont été mises en évidence contre plusieurs bactéries appartenant au phylum des Pseudomonadota (anciennement Proteobacteria), notamment *Escherichia coli*, *Proteus* spp. et *Pseudomonas* spp. (Sienkiewicz M. et al., 2012 ; Nguyen H. L., 2025). Par ailleurs, une étude expérimentale menée chez le poulet a montré que l'huile essentielle d'origan pouvait réduire l'abondance de *Bilophila* au sein du microbiote cæcal (Wu T. et al., 2022). L'huile essentielle d'origan constitue une approche

antimicrobienne plus agressive et moins sélective que certains autres phytoactifs. À doses élevées, elle pourrait également affecter des bactéries bénéfiques du microbiote intestinal, notamment les bifidobactéries.

Autres :

- Le subsalicylate de bismuth possède une forte capacité à piéger le H₂S intestinal. Une étude a notamment montré que son administration par voie orale pendant 3 à 7 jours permettait de réduire de plus de 95 % les concentrations fécales de H₂S (Suarez F.L. et al., 1998). Le subnitrate de bismuth constitue une autre forme couramment utilisée. L'utilisation du bismuth doit toutefois s'effectuer dans un cadre médical. Sur le plan du microbiote, le bismuth peut entraîner une diminution de l'abondance du genre *Desulfovibrio*, mais également favoriser l'expansion d'autres bactéries appartenant au phylum des *Pseudomonadota* (anciennement *Proteobacteria*), notamment des genres *Enterobacter*, *Escherichia* et *Klebsiella*. Son utilisation n'est donc pas nécessairement adaptée à toutes les configurations de dysbiose H₂S. Dans ce contexte, l'association avec des extraits de grenade pourrait être envisagée afin de limiter l'expansion des bactéries mentionnées.

Annexes

Annexe 1 – Liste d’eaux en bouteilles faibles en sulfates

- France : Volvic (9 mg/L), Evian (15 mg/L), Thonon (12 mg/L), WattWiller (34 mg/L), Cristaline (47 mg/L)
- US : Poland Spring, Iceland Glacial, Fiji water, Aquafina 5 (eau purifiée)
- Espagne : Bezoya, Mondariz, Castrovita, Aquarel, Solán de Cabras

Annexe 2 – Liste des bactéries probiotiques susceptibles de produire du H₂S

Voici une liste non exhaustive de bactéries probiotiques ayant démontré expérimentalement une capacité à produire du sulfure d'hydrogène (H₂S) in vitro, notamment en présence de cystéine et/ou de méthionine comme substrats soufrés. Entre parenthèses figurent les nouveaux noms des probiotiques selon la nomenclature révisée publiée en 2020.

- *Lactobacillus plantarum* 299V (*Lactiplantibacillus plantarum* 299V)
- *Lactobacillus rhamnosus* GG (*Lacticaseibacillus rhamnosus* GG) *
- *Lactobacillus reuteri* BR11 (*Limosilactobacillus reuteri* BR11)
- *Lactobacillus delbrueckii* ATCC4797
- *Bacillus subtilis* ?

Références : Sreekumar R. et al., 2009 ; Tyulenev A. et al., 2024.

* Bien que la bactérie *L. rhamnosus* GG est classée parmi les probiotiques pouvant potentiellement produire du H₂S (in vitro), elle reste généralement bien tolérée chez les personnes ayant un ISO. Certaines études chez l'animal (*L. rhamnosus* GG seul ou co-administré avec *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12) et chez l'homme (avec co-administration d'une fibre prébiotique) ont montré une diminution de bactéries productrices de H₂S dans le microbiote, comme *Bilophila wadsworthia* et *Desulfovibrio* spp.

Références : Ni Y. et al., 2017 ; Lin YC. et al. 2022 ; Costabile A. et al., 2017.