



Source : U110

Sommaire

- 1 INTRODUCTION
PAGE 1
- 2 DESCRIPTION DES DIFFÉRENTES ÉTAPES D'UN
PROCÉDÉ D'EXTRACTION PAR SOLVANT
PAGE 2
- 3 DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE
PAGE 7
- 4 AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS
DE LA TECHNOLOGIE
PAGE 8
- 5 APPLICATIONS ACTUELLES ET À VENIR
PAGE 8
- 6 RÉGLEMENTATION
PAGE 10
- 7 CONCLUSION
PAGE 12
- RÉFÉRENCES
PAGE 12

L'EXTRACTION PAR SOLVANT

1

INTRODUCTION

Les substances phytochimiques extraites de plantes ou d'autres organismes vivants sont à la base d'un grand nombre de produits pharmaceutiques et sont à l'origine des couleurs, des saveurs et des odeurs caractéristiques retrouvées dans une multitude d'aliments. Elles constituent également les matériaux de base des parfums et des fragrances. L'extraction par solvant est la méthode la plus fréquemment utilisée pour l'obtention de ces substances naturelles. Cette technique, connue depuis des millénaires, a largement profité des avancées scientifiques et technologiques réalisées au cours du dernier siècle.

Plusieurs centaines de variétés de plantes et d'animaux peuvent produire des huiles et des graisses propres à la consommation humaine. La méthode la plus ancienne de récupération de ces huiles est le pressage, mais, en pratique, on y recourt que pour les espèces contenant plus de 20 % en poids d'huile dans leurs tissus. Aujourd'hui la majorité des lipides isolés des plantes et des tissus animaux provient de l'extraction directe par solvant. L'extraction des huiles et des graisses de la biomasse est probablement la première mise en application d'extraction par solvant qui soit connue.

Traditionnellement, l'eau était le seul solvant utilisé. Le développement et la découverte d'une multitude de solvants organiques, aux diverses propriétés et polarités, ont élargi le domaine d'application potentiel de cette technique à la presque totalité des substances naturelles contenues dans la biomasse végétale et animale.

Cette présente fiche décrit la technique d'extraction par solvant (incluant les solvants toxiques ou non toxiques, les solvants volatils et l'eau) et des exemples d'applications à l'appui.



DESCRIPTION DES DIFFÉRENTES ÉTAPES D'UN PROCÉDÉ D'EXTRACTION PAR SOLVANT

Un solvant est une substance généralement liquide qui a le pouvoir de dissoudre une autre substance. Le pouvoir solvatant d'un solvant correspond à son pouvoir de dissoudre des solutés pour former des solutions. Il permet la dispersion moléculaire des substances non hydrosolubles sans altérer chimiquement ou modifier la substance dissoute. Les solvants ont des propriétés spécifiques et la plupart sont liquides et volatils à température ambiante. C'est la raison pour laquelle l'expression « extraction par solvant volatil » est souvent employée.

L'extraction par solvant est un procédé de transfert de masse dans lequel la matière provenant d'une matrice initiale (biomasse de départ) est transportée dans une autre phase (solvant) dans le but de séparer une ou plusieurs composantes d'un mélange complexe.

Le procédé d'extraction par solvant est une séquence plus ou moins complexe de plusieurs étapes de préparation de la matière première, d'extraction, de filtration, d'évaporation du solvant, de purification et de séchage. La Figure 1 présente un procédé simplifié où toutes les étapes d'un procédé conventionnel d'extraction par solvant sont décrites.

2.1 PRÉPARATION DE LA BIOMASSE

L'étape de préparation de la matière première est souvent d'importance cruciale pour l'obtention d'un rendement optimal. Cette étape consiste à modifier la structure de la matière de base initiale afin d'obtenir une libération maximale des substances actives à extraire. Pour ce faire, la biomasse fraîche peut subir toutes sortes de transformations dont, par exemple : un nettoyage, un séchage, un broyage, une cuisson, une modification par un agent chimique, une hydrolyse ou un pressage.

Parfois la réalisation de cette étape nécessite une combinaison de plusieurs transformations. Ainsi, la préparation d'oléorésines, à partir de graines, nécessite les transformations suivantes lors de l'étape de préparation : un nettoyage des graines pour enlever les substances étrangères, un écosage des graines pour faciliter le broyage, un broyage pour réduire la granulométrie du matériel, une cuisson partielle du matériel afin de provoquer un éclatement des cellules et faciliter la libération des résines et, finalement, un pressage si le contenu en résines est élevé.

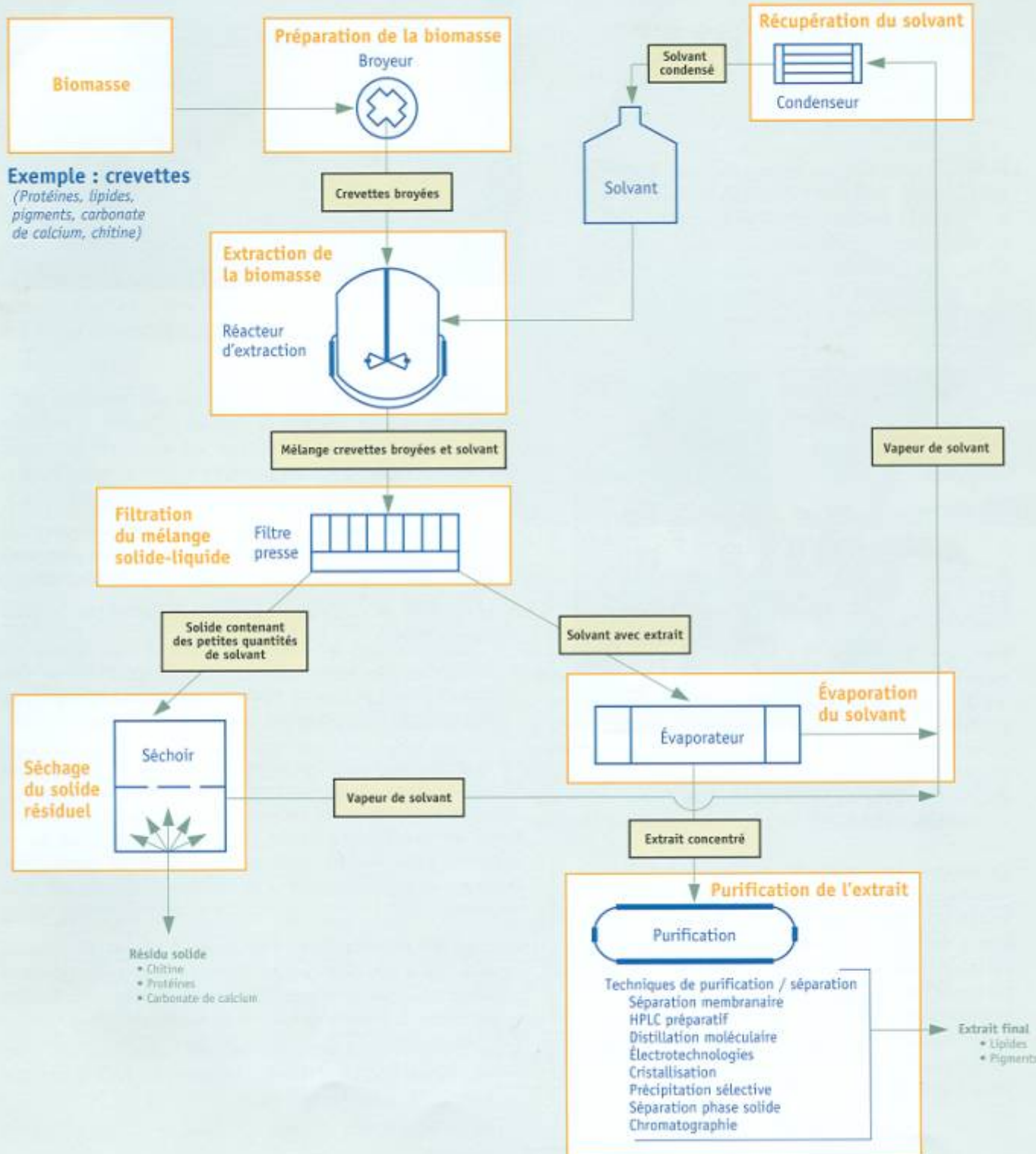
2.2 CHOIX DU SOLVANT D'EXTRACTION

Dans un procédé d'extraction par solvant, il est facile de concevoir que le choix d'un solvant d'extraction constitue une étape cruciale. Celui-ci doit répondre à diverses conditions qui sont parfois contradictoires : avoir une forte capacité d'extraction, une grande sélectivité pour le soluté choisi (substances à extraire), des caractéristiques physico-chimiques assurant une récupération à la fois facile du soluté et du solvant, une volatilité importante, une solubilité négligeable dans le raffinat, une bonne stabilité chimique, une faible toxicité, une absence de résidus non volatils, etc...

Les critères de sélection d'un bon solvant peuvent être pondérés (la pondération peut varier selon les exigences du procédé ou de l'extrait final) dans une charte de sélection pour en arriver à une étude comparative objective des différents solvants.

Comme mentionné dans la section 4.1 qui traite de la théorie de la dissolution, le choix d'un solvant d'extraction est conditionné d'abord par la solubilité du soluté dans ce solvant. Le solvant assure la sélectivité nécessaire pour la séparation du soluté du mélange initial. Comme règle générale, un soluté non polaire sera soluble dans un solvant non polaire (ex. : les huiles végétales sont solubles dans l'hexane) et un soluté polaire sera soluble dans un solvant polaire (ex. : les polyphénols sont solubles dans le méthanol). La formation de liens hydrogènes entre le soluté et le solvant favorise également la solubilisation du soluté.

Figure 1 : Schéma de procédé simplifié d'extraction par solvant (solide-liquide)



Conséquemment, la connaissance de la polarité du solvant d'extraction et celle du soluté à extraire est primordiale dans la sélection d'un solvant d'extraction.

Les solvants commerciaux peuvent se présenter sous différents grades techniques : USP, NF, FCC. Ces solvants sont fabriqués selon les bonnes pratiques de fabrication (BPF) et sont conformes aux exigences du *United States Pharmacopoeia* (USP), du *National Formulary* (NF) et du *Food Chemical Codex* (FCC). Ces produits sont assujettis aux normes de la *Food and Drug Administration* (FDA) et ils rencontrent les spécifications nécessaires à leur utilisation dans l'industrie pharmaceutique (USP et NF) et dans la production et la transformation alimentaire (FCC).



2.3 EXTRACTION DE LA BIOMASSE

L'extraction (solide-liquide ou liquide-liquide) de substances actives à l'aide d'un solvant est réalisée dans un réacteur fermé, avec agitation. L'extraction peut se faire à température variable jusqu'au point d'ébullition du solvant dans un système à pression atmosphérique (ambiante) ou, au-delà, dans un système sous pression. L'agitation peut être de type conventionnel ou de préférence avec un agitateur-pulvérisateur. Les facteurs critiques sont, en plus de la température, le ratio solide-solvant et le temps d'extraction.



2.4 FILTRATION DU MÉLANGE SOLIDE-LIQUIDE

Dans les systèmes solide-liquide, l'étape qui suit l'extraction est la filtration du mélange composé des résidus insolubles de biomasse et du solvant. Le but de la filtration est de séparer les phases d'un mélange solide-liquide par passage à travers un milieu filtrant. Il existe trois types principaux de filtration :

1. la filtration par gravité : le mélange est soumis uniquement à la pression atmosphérique. Le liquide passe à travers le support filtrant tandis que le solide est récupéré sur le support filtrant;
2. la filtration par surpression : la suspension arrive sous pression dans le filtre;
3. la filtration sous pression réduite : le mélange est soumis d'un côté du filtre à la pression atmosphérique et, de l'autre côté, où sort le filtrat, à une dépression réalisée grâce à une pompe à vide.

Par exemple, lors du passage d'une suspension à travers un milieu filtrant, le fluide circule à travers les ouvertures tandis que les particules sont arrêtées. En s'accumulant, ces dernières finissent par former un second milieu filtrant pour les autres particules qui se déposent, d'une manière continue, sous forme de gâteau dont l'épaisseur va en croissant, au fur et à mesure de l'écoulement de la suspension.

Le choix des supports filtrants est vaste. Il dépend de plusieurs facteurs, tels le type d'équipement, le débit et la concentration de la suspension, les caractéristiques physiques et chimiques des liquides et des solides. Il existe trois types de milieu filtrant :

1. les tissus filtrants : les textiles naturels (coton, jute), les toiles métalliques (fer, inox, laiton), les tissus en matière plastique (nylon, PVC, polyester, téflon);
2. les milieux filtrants poudreux : le sable, le charbon et la terre diatomée;
3. les matières poreuses : la porcelaine, le verre, le charbon, la silice et les métaux.

Parmi les équipements servant pour la filtration, le filtre-pressé est probablement le plus répandu. Les éléments du filtre (plateaux et cadres) sont serrés avec une presse. Des tissus filtrants séparent les plateaux et les cadres. Le filtre fonctionne sous pression. Le gâteau se dépose entre les toiles. Ces filtres sont simples et bon marché, par contre ils nécessitent plus de main-d'œuvre. Ce type de filtre permet habituellement de recueillir un solide résiduel contenant moins de 40 % de matières volatiles. Le liquide filtré contenant les substances actives peut être dirigé, de préférence, vers un filtre à cartouches de plus faible maillage avant d'être déversé dans l'évaporateur. On se retrouve alors avec deux produits : un liquide qui contient les substances recherchées que l'on soumet à l'étape d'évaporation, et le solide que l'on soumet à l'étape de séchage pour en retirer les solvants résiduels. Ces étapes peuvent se faire parallèlement.

Lors d'une extraction liquide-liquide, les deux solvants utilisés sont peu ou presque pas miscibles entre eux. Ainsi, les deux phases sont séparées par décantation avant d'être évaporées (voir figure 2).

2.5 ÉVAPORATION DU SOLVANT

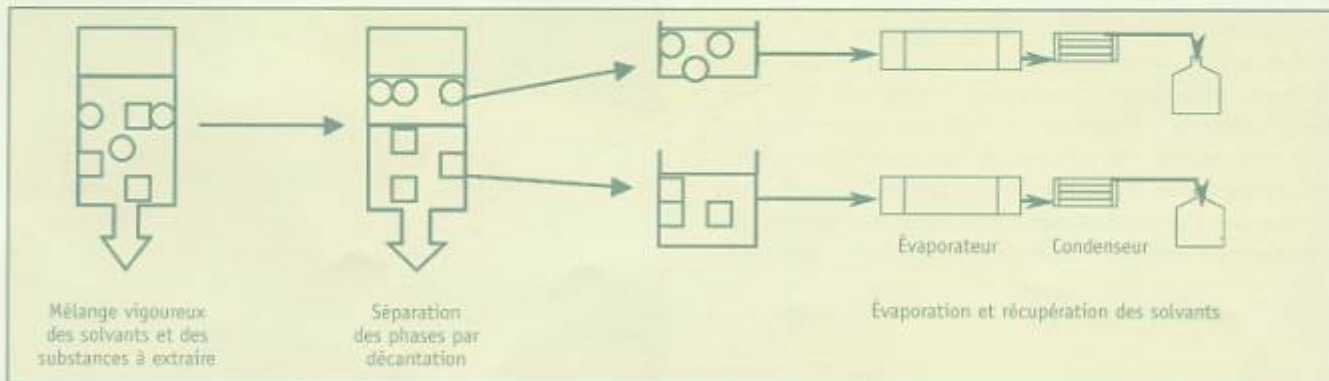
L'évaporation du solvant d'extraction permet de récupérer (pour une autre extraction) le solvant et de concentrer dans l'extract les substances actives recherchées. Cette étape peut être réalisée en continu ou en discontinu. Le procédé en discontinu est employé pour de faibles productions ou pour des productions différentes et nécessite un investissement moindre car il est simple à mettre en œuvre. Il est d'usage fréquent dans le domaine pharmaceutique. Le procédé en continu demande un coût d'investissement beaucoup plus important. Par contre, le coût de fonctionnement est plus faible si les productions sont importantes. L'extraction des graines huileuses de soya se fait



Source : CREO

par un procédé de ce type. L'évaporateur peut fonctionner à la pression atmosphérique ou sous un vide partiel afin de réduire la température d'ébullition et, par le fait même, la température à laquelle l'extract est soumis lors de cette étape. La chaleur nécessaire à l'évaporation du solvant est habituellement fournie par un système à la vapeur d'eau ou par un système au glycol réduisant ainsi les risques avec les solvants inflammables. Cette étape est probablement, avec le séchage du solide résiduel, l'étape la plus énergivore du procédé. Cette étape permet de recueillir un extract primaire concentré en substances actives contenant habituellement moins de 1 % de solvant résiduel.

Figure 2 : Schéma d'extraction liquide - liquide





Source : CQVB

2.6 PURIFICATION DE L'EXTRAIT

L'étape suivante consiste à purifier l'extrait primaire afin de recueillir un extrait raffiné prêt pour une application commerciale. La purification peut consister en une simple élimination des solvants résiduels ou en une séparation complexe des divers composants de l'extrait primaire. La désolvatation simple de l'extrait primaire pour recueillir un extrait raffiné est habituellement réalisée dans un réacteur sous vide intermédiaire (~ 1 mm Hg) afin de réduire la teneur en solvant dans l'extrait à des valeurs inférieures aux normes en vigueur dans chaque secteur.

Le raffinage plus poussé des extraits primaires peut se réaliser par une multitude de techniques, allant d'une simple extraction secondaire à une séparation des composés par chromatographie liquide à haute performance. Parmi les techniques adoptées, en ordre croissant de complexité, on retrouve le lavage avec un agent chimique, l'extraction par un solvant de polarité différente, la précipitation sélective, l'extraction à contre-courant, la séparation par réaction chimique, la cristallisation, la séparation sur membrane, la distillation fractionnée ou moléculaire, l'extraction par fluides supercritiques, la biotransformation, la séparation sur phase solide et la chromatographie. Les techniques au CO₂ (fluides supercritiques), les techniques membranaires de séparation et l'électrodialyse ont déjà fait l'objet de fiches *BioTechno* par le CQVB.

2.7 SÉCHAGE DU SOLIDE RÉSIDUEL

Dans le cas d'une extraction solide-liquide, le solide résiduel insoluble, récupéré après la filtration du mélange d'extraction, contient une teneur importante en solvant résiduel et doit être traité avant de servir pour une valorisation subséquente (ex. nutrition animale) ou tout simplement pour en disposer dans un site d'enfouissement.

Le séchage consiste à chauffer un produit afin de faire évaporer le solvant qu'il contient.

Il y a une grande diversité dans les modes de séchage. Les différents modes de séchage sont les suivants :

le séchage conductif : le produit est mis en contact avec des surfaces chaudes (feuilles de thé, épices)

le séchage convectif : un courant gazeux chaud est appliqué sur le produit à sécher; il fournit ainsi la chaleur nécessaire à l'évaporation du liquide et entraîne la vapeur formée (séchage des plantes aromatiques, de fruits et de grains)

le séchage par rayons infrarouges : un rayonnement infrarouge est appliqué sur le produit (dessiccation des fruits et légumes)

le séchage par micro-ondes : un rayonnement micro-onde est appliqué sur le produit (séchage sous-vide de produits pharmaceutiques).

Le choix du mode de séchage dépend des caractéristiques du produit (thermosensibilité, texture), de la quantité de produit à sécher et des critères de qualité et de rentabilité. Les différents modes énumérés précédemment le sont par coût croissant d'opération.



Source :

DESCRIPTION DE LA TECHNIQUE

Le principe de l'extraction par solvant est basé sur un procédé de transfert de masse. Le transfert de masse est réalisé par une dissolution sélective de certaines substances contenues dans un mélange initial solide ou liquide (la biomasse de départ).

3.1 THÉORIE DE LA DISSOLUTION

La théorie de la dissolution d'une substance (solide ou liquide) dans un solvant est basée sur les lois de la thermodynamique. En termes simplifiés, deux substances, appelées l'une, le soluté et l'autre, le solvant, forment un mélange moléculaire durant la dissolution. Un changement d'énergie libre négatif (ΔG négatif) accompagne toujours le phénomène de dissolution. L'énergie libre (ΔG) est reliée par l'équation de Gibbs à l'enthalpie, aussi appelée contenu en chaleur (ΔH), à la température absolue (T) et à l'entropie, aussi appelée le montant de désordre (ΔS) :

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

Durant la dissolution, une augmentation de l'entropie est observée puisque ce processus implique le mélange de deux substances et, donc, une augmentation du désordre. De ce fait, le terme $T \cdot \Delta S$ est donc toujours positif. La dissolution implique également deux processus endothermiques (ΔH positif) et un processus exothermique (ΔH négatif) dont la somme constitue le terme ΔH . Le terme ΔH peut donc être soit positif, soit négatif. Toutefois, s'il est positif, afin que la dissolution ait lieu, il faut que la valeur du terme $T \cdot \Delta S$ soit plus grande que le terme ΔH .

Le principe général pour prédire la dissolution d'une substance, bien que certaines exceptions existent, est le suivant « *like dissolves like* », c'est-à-dire un soluté non polaire sera plus soluble dans un solvant non polaire (huiles végétales extraites à l'hexane) et un soluté polaire sera plus soluble dans un solvant polaire (extrait de vanille obtenu avec l'éthanol).

3.2 MÉCANISMES DE L'EXTRACTION PAR SOLVANT

Pour prédire les vitesses d'extraction et pour concevoir le design d'un procédé d'extraction par solvant, les ingénieurs tentent d'appliquer les théories de la lixiviation, de la diffusion, du mouillage et de l'écoulement visqueux capillaire au procédé d'extraction. Toutefois, l'extraction de substances naturelles est contrôlée par l'action de plusieurs autres mécanismes et implique la nécessité d'effectuer une expérimentation rigoureuse pour chaque nouvelle application afin de recueillir un maximum d'information sur les mécanismes réellement en jeu.

Cette expérimentation est habituellement conduite lors d'essais en laboratoire et à l'échelle pilote afin de bien maîtriser le procédé et d'en calculer les paramètres critiques. Elle permet de calculer et d'optimiser le ratio solvant/solide selon le type d'extracteur utilisé, le temps de contact, la température d'extraction, la granulométrie du solide et l'énergie consommée.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA TECHNIQUE

4.1 AVANTAGES

L'extraction par solvant de substances actives à partir de biomasses végétales et animales a l'avantage d'être une technique quasi-universelle. Elle peut être adoptée autant pour l'extraction de produits de faible valeur (huiles végétales) que pour les produits de très haute valeur (industrie pharmaceutique). La technique est bien maîtrisée sur le plan industriel et nombre de techniques novatrices optimisant le processus d'extraction sont maintenant disponibles. Le design des installations modernes d'extraction a aidé à réduire de façon marquée les émissions atmosphériques, minimisant les pertes de solvants et augmentant ainsi la rentabilité des usines. C'est la technique la plus recherchée pour la production de la majorité des extraits naturels présentement exploités industriellement.

4.2 INCONVÉNIENTS

Malgré le nombre important de solvants disponibles sur le marché, la toxicité ou le coût de certains d'entre eux en réduit le nombre réellement utilisable dans l'industrie alimentaire. L'extrait obtenu après évaporation du solvant doit subir une étape supplémentaire de raffinage afin de respecter les normes en vigueur, en matière de solvant résiduel, dans les différents pays.

De plus, la plupart des solvants employés commercialement sont combustibles, ce qui nécessite des installations conformes aux normes anti-déflagrations.

APPLICATIONS ACTUELLES ET À VENIR

Malgré la prolifération des substances synthétiques au cours du dernier siècle, les plus connues étant les médicaments de synthèse, les polymères dérivés des hydrocarbures et les colorants alimentaires, la diversité des produits d'usage courant provenant de source naturelle n'a fait que croître durant cette période. Le recours à ces produits d'origine naturelle s'observe aussi bien dans l'industrie chimique et celle des plastiques (biopolymères) que dans les industries alimentaire (nutraceutiques, colorants naturels) et pharmaceutique (hydrocortisone, morphine, vinblastine, taxanes). Un grand nombre de substances actives peuvent être extraites des biomasses animale et végétale.



Voici quelques exemples de biomasse végétale qui, par extraction par solvant, produisent des substances actives (voir Tableau 1).

À ce jour, un certain nombre de substances extraites de biomasse animale ou végétale, fraîche ou résiduelle, a fait l'objet d'une application commerciale, mais elles demeurent toujours une source potentielle presque illimitée d'applications futures dans divers domaines dont le pharmaceutique, le nutraceutique et le cosméceutique.



Tableau 1

Exemples de biomasses pouvant produire par extraction par solvant des substances actives (ou exploitables).

Biomasses	Biomolécules	Applications	Solvants
Aiguilles de if	taxanes	pharmaceutique	chloroforme, chlorure de méthylène
Fruits : myrtilles, bleuets, canneberges	anthocyanes	alimentaire nutraceutique	éthanol, méthanol
Tomates	lycopène	nutraceutique	dichlorométhane, acétone,
Crustacés	oméga3 (EPA,DHA) astaxanthine phospholipides	nutraceutique	acétone
Micro-organismes (bactéries)	polyester	matériau thermoplastique, élastomère	chloroforme
Plantes à épices : curcuma, cannelle, poivre noir	oléorésines	alimentaire	eau, éthanol
Algues	acides gras essentiels pigments	nutraceutique cosméceutique	hexane
Aiguilles de sapin	maltol huiles essentielles	alimentaire cosméceutique	eau
Graines de soya, noix de coco, maïs, canola, tournesol, arachides	huiles végétales	alimentaire	hexane
Savon de liqueur noire des papetières Kraft (tall oil soap)	phytostérols	nutraceutique	acétone, hexane

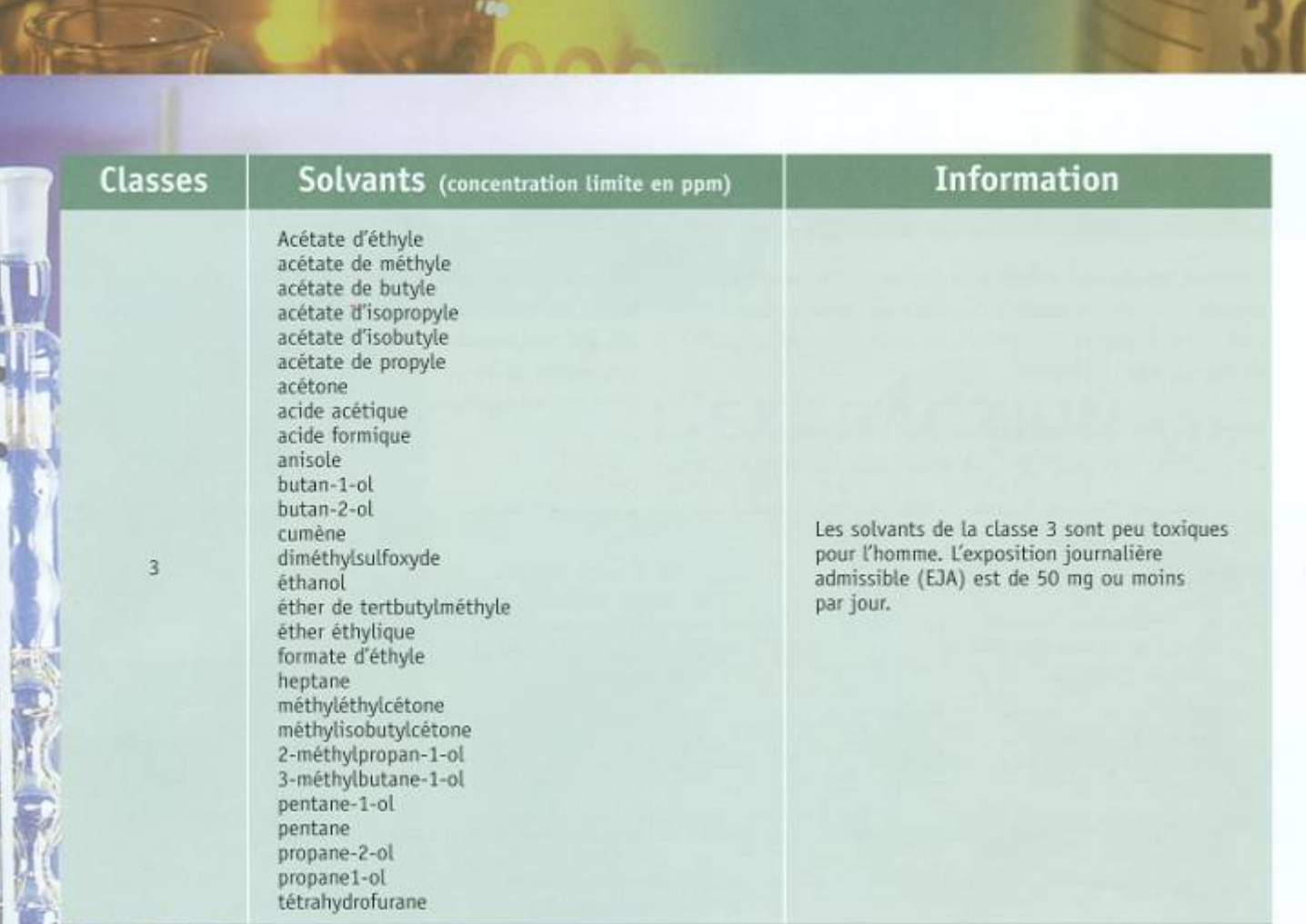
RÉGLEMENTATION

Dans le domaine pharmaceutique, les États-Unis (FDA), l'Union Européenne, le Japon et le Canada (Santé Canada) ont adopté la directive de la conférence internationale sur l'harmonisation des exigences techniques pour l'enregistrement des médicaments à usage humain (Q3C : Impuretés - Directive sur les solvants résiduels) qui a pour but de recommander des quantités acceptables de solvants résiduels dans les produits pharmaceutiques pour la sécurité du patient.

Dans cette directive, plusieurs solvants ont été évalués en fonction de leur risque éventuel pour la santé humaine et ont été classés dans l'une ou l'autre des trois classes suivantes :



Classes	Solvants (concentration limite en ppm)	Information
1	Benzène(2) tétrachlorure de carbone (4) 1,2-dichloroéthane (5) 1,1-dichloroéthène (8) 1,1,1-trichloroéthane (1500)	Les solvants de la classe 1 sont à éviter en raison de leur effets toxiques inacceptables ou de leurs effets néfastes sur l'environnement
2	Acétonitrile (410) chlorobenzène (360) chloroforme (60) cyclohexane (3880) 1,2-dichloroéthène (1870) dichlorométhane (600) 1,2-diméthoxyéthane (100) N,N diméthylacétamide (1090) N,N-diméthylformamide (880) 1,4-dioxane (380) 2-éthoxyéthanol (160) éthylèneglycol (620) formamide (220) hexane (290) méthanol (3000) 2-méthoxyéthanol (50) méthylbutylcétone (0.5) méthylcyclohexane (1180) N-méthylpyrrolidone (4840) nitrométhane (50) pyridine (200) sulfolane (160) tétraline (100) toluène (890) 1,1,2-trichloroéthène (80) xylène (2170)	Les solvants de la classe 2 sont à limiter en raison de leur toxicité inhérente.



Classes	Solvants (concentration limite en ppm)	Information
3	Acétate d'éthyle acétate de méthyle acétate de butyle acétate d'isopropyle acétate d'isobutyle acétate de propyle acétone acide acétique acide formique anisole butan-1-ol butan-2-ol cumène diméthylsulfoxyde éthanol éther de tertbutylméthyle éther éthylique formate d'éthyle heptane méthyléthylcétone méthylisobutylcétone 2-méthylpropan-1-ol 3-méthylbutane-1-ol pentane-1-ol pentane propane-2-ol propane-1-ol tétrahydrofurane	Les solvants de la classe 3 sont peu toxiques pour l'homme. L'exposition journalière admissible (EJA) est de 50 mg ou moins par jour.

Dans le domaine alimentaire, Santé Canada régie les quantités de solvant résiduel permises via le "Règlement sur les aliments et drogues". Aux États-Unis, cet aspect alimentaire est réglementé par la FDA. Les quantités de solvant permises doivent être conformes au règlement sur les additifs alimentaires du 21 CFR ou la quantité maximale permise doit être reconnue GRAS (*Generally Recognized As Safe*) pour différentes catégories d'aliments (voir FDA 62 FR 18938-18964).

Au Canada, les additifs alimentaires autorisés comme solvants de support ou d'extraction dans des extractifs naturels sont les suivants : acétone, dioxyde de carbone, acétate d'éthyle, éthanol, hexane, isopropanol, méthanol, 2-butanone, dichlorométhane, citrate monoglycérides. La quantité de résidu maximale dépend du type de solvants.

Quant aux cosmétiques, Santé Canada a créé le "Programme des cosmétiques" qui a pour but de protéger la santé des Canadiens en minimisant les risques associés à l'utilisation des cosmétiques commercialisés au Canada. Ce programme est régi par la Loi sur les aliments et drogues et par le Règlement sur les cosmétiques.

CONCLUSION

Connue et utilisée depuis longtemps, l'extraction par solvant est un procédé universel. Ce procédé s'applique aux diverses biomasses animales et végétales pour l'extraction des substances naturelles solubles qu'elles contiennent.

Malgré des contraintes environnementales et réglementaires à ne pas négliger, cette technique est encore très employée par les

industriels pour diverses applications touchant le domaine alimentaire, pharmaceutique, nutraceutique et cosméceutique. De plus, elle est complémentaire à bien d'autres techniques. Il est donc raisonnable de penser que le procédé d'extraction par solvant demeurera en application.

RÉFÉRENCES

- 1) Wan, J., P. Phillip, J. Wakelyn (1997) Technology and solvents for extracting oilseeds and nonpetroleum oils.
- 2) Blass, E., T. Liebl, M. Häberl (1997) Solvent extraction, Historical review. Technical University of Munich. Chemical engineering, Munchen, Germany.
- 3) Anglaret, P., S. Zazmierczak (1998) Technologie du génie chimique. Tomes 1 et 3.
- 4) Food and Drug Administration. www.fda.gov
- 5) Santé Canada. www.hc-sc.gc.ca
- 6) Gallo-Torres, Julia (2002) Extracting whole food health. R&D applications
- 7) R&D applications GNT USA INC's Nutrifood fruit and vegetable extracts (May 2002) Extracting whole food health. Prepared foods, vol. 171, no 5, p. 64.
- 8) Gregory, J.G., Evans B., Weston PC. (1971) Development and implementation of solvent extraction process in the chemical process industries. Solvent Extraction. Proc. Int. Solvent Extr. Conf. 2, pp. 1386-1408
- 9) Beckett, Kenneth W. (1968) Advances in solvent extraction: its meaning to food industry. Chemical engineering progress. Symposium Series.
- 10) Micol, V., A. Estapa, N. Caturla, L. Perez-Fons, D. Saura, A. Ferrer-Montiel, V. Cartagena (2003) New applications of herbal extracts for functional food and pharmaceuticals. Journal of Agro-Food industry Hi-tech. Part 1.
- 11) Micol, V., A. Estapa, N. Caturla, L. Perez-Fons, D. Saura, A. Ferrer-Montiel, V. Cartagena (2003) New applications of herbal extracts for functional food and pharmaceuticals. Journal of Agro-Food Industry Hi-tech. Part 2.
- 12) Norrie, J., D.A. Hiltz (1999) Seaweed extract research and applications in agriculture. Journal of Agro-Food Industry Hi-Tech.



Les membres du Réseau Bio-Innovation® reçoivent **gratuitement** un exemplaire des *BioVeille*, *BioTechno* et *BioTendance* publiés par le CQVB. Pour connaître les avantages offerts aux membres du Réseau Bio-Innovation®, consultez notre site à l'adresse www.cqvb.qc.ca/reseau_home.htm

RÉDACTEURS :

Sylvain Savard, PhD, chimie
Agent de recherche

Centre de recherche industrielle du Québec
sylvain.savard@cricq.qc.ca

Sophie Paré, chimiste
Agente de recherche

Centre de recherche industrielle du Québec
sophie.pare@cricq.qc.ca

Version électronique : www.cqvb.qc.ca/publications_home.htm

Reproduction non autorisée

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
Paste-publications no. 40031048

© CQVB 2005

MISSION DU CQVB

La mission du CQVB est de stimuler, orienter, accompagner et soutenir, en début de processus d'innovation, le développement et le transfert de technologies entre les milieux de la recherche et les PME du secteur des bio-industries.

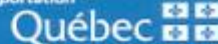
Pour toute
INFORMATION,
veuillez vous
adresser au :



Édifice Le Delta II
2875, boul. Laurier
bureau 620
Sainte-Foy (Québec)
G1V 2M2
Tél. : (418) 657-3853
Télec. : (418) 657-7934
Courriel : cqvb@cqvb.qc.ca

PARTENAIRE FINANCIER DU CQVB

Développement
économique, innovation
et Exportation



BIO TECHNO

Vol. 4, no. 4 • Novembre 2005

Direction et coordination : Line Méthot
Révision linguistique : Lise Gascon
Mise en page : Alain Gingras
Communication
Conseil



Une force créatrice de valeur
au cœur des bio-industries