



MOOC AGRORESSOURCES ET AGRO-INDUSTRIES DURABLES

Semaine 2 : De la ressource aux usages : étapes unitaires du fractionnement

Auteur : Laure CANDY

Je vais maintenant vous présenter les **étapes unitaires** principales **du fractionnement** de la biomasse.

Le **binôme Biomasse/Bioproduit**, présenté précédemment, est le socle du schéma de fractionnement qui doit être élaboré. Ce schéma est constitué d'un **enchaînement d'opérations unitaires** conduisant à des **extraits** et/ou des **raffinats**. Il consiste en des opérations :

- de préparation de la matière
- d'extraction/transformation
- et de post-traitement.

Nous nous intéresserons ici plus particulièrement à l'extraction/transformation de la biomasse par des procédés engageant l'introduction **d'un tiers solvant**. Les procédés en voie sèche, conduisant uniquement à des fractions solides ou raffinats ne seront donc pas abordés.

Dans un schéma global de fractionnement, la **préparation de la matière** est une étape préliminaire importante qui sera détaillée ultérieurement. Retenons qu'il existe, dans chaque schéma de fractionnement, des étapes de séchage, découpe, broyage, classage qui sont choisies pour préparer la matière végétale afin de maximiser les rendements des étapes d'extraction. C'est aussi un moyen pour faciliter le conditionnement de la matière si sa transformation n'est pas réalisée directement après récolte.

Le cœur du schéma de fractionnement est représenté par les étapes unitaires d'extraction/transformation. Ces étapes combinent des **opérations d'extraction** par un tiers solvant mis en contact intime avec la biomasse et des **opérations de séparation liquide-solide**.

Elles ont pour objectif de coupler la **sélectivité** pour une classe de molécule précise avec des **performances opératoires** significatives obtenues grâce à la **maitrise** des procédés engagés.

Le processus d'extraction liquide/solide de la biomasse fait intervenir 3 étapes.

- La première étape est la **diffusion du solvant** dans la matrice végétale.
- Ensuite, les molécules du solvant **entrent en interaction** avec les molécules de la biomasse pour lesquelles elles présentent une affinité. Ces molécules, affines du solvant, sont dénommées **solutés**.
- Enfin, le solvant chargé en solutés **diffuse** dans la matrice végétale vers l'extérieur de cette dernière.



MOOC AGRORESSOURCES ET AGRO-INDUSTRIES DURABLES

Les **rendements d'extraction** et la **sélectivité** de tout procédé d'extraction sont ainsi soumis à des **limitations cinétiques** et **diffusionnelles**.

L'extraction est influencée par plusieurs facteurs.

- La **température** a une influence sur la cinétique de l'extraction, la polarité du solvant et sa diffusivité dans la matrice végétale. Elle a également un effet sur la dégradation des parois et augmente l'agitation thermique des molécules.
- La **pression** force la pénétration du solvant dans les particules végétales.
- Le **traitement mécanique** entraîne la dénaturation des parois et favorise la diffusion du solvant.
- D'un point de vue **chimique**, le rapport de taille entre les molécules du solvant et la porosité de la matière conditionne également la diffusion. Enfin l'affinité des molécules du solvant pour les molécules de soluté, notamment via leur polarité et la possibilité de former des liaisons faibles, est un paramètre d'extraction important.

Extraire la biomasse consiste aussi à prendre en compte la **réactivité chimique** des agromolécules. L'extraction par solvant se base sur la **réactivité naturelle intrinsèque** de la famille de molécules cibles. Cette réactivité peut être **orientée** par l'addition de coréactifs extractants tels que des sels et/ou **catalysée** chimiquement ou enzymatiquement.

Les **notions chimiques** d'ionisation, complexation, hydrolyse, catalyse, oxydation, dépolymérisation, réactions secondaires doivent donc aussi être intégrées au schéma de fractionnement.

En parlant de réactions secondaires, il est aussi possible de parler **d'extractions secondaires**. En effet, il est illusoire de penser extraire une unique classe de molécules pour une opération unitaire. La notion d'interférence entre les différentes classes de molécules de la biomasse rend les **coextractions inévitables**.

Toutes ces notions théoriques sont traduites au niveau **procédé** par des choix de **paramètres expérimentaux**. Dans les **technologies traditionnelles** d'extraction solide/liquide en réacteur batch, les variables sont ainsi :

- la granulométrie de la matière première
- la température
- l'agitation
- la pression
- la durée
- le choix du solvant en fonction de ses caractéristiques physico-chimiques
- mais aussi le ratio liquide/solide entre le solvant et la matière première.
- Sans oublier l'introduction d'un réactif et/ou d'un catalyseur chimique ou biochimique.

Les procédés mis au point peuvent aussi avoir recours, outre les techniques classiques, à des **modes d'activations particuliers** ainsi qu'à des **milieux réactionnels non traditionnels** et à



MOOC AGRORESSOURCES ET AGRO-INDUSTRIES DURABLES

des **réacteurs adaptés**. On parle alors de **technologies alternatives**. Elles ont été **développées**

- Pour permettre un fractionnement séquencé sélectif
- Dans des conditions d'extraction douces
- En privilégiant des alternatives aux solvants organiques
- Dans un souci d'économie de « temps / solvant / énergie ».

Comme **exemples de technologies extractives alternatives**, il est possible de citer les extractions :

- Assistées par micro-ondes ou ultrasons
- Par fluides supercritiques
- Par solvants « verts »
- Par Induction thermomagnétique directe
- Ou Thermomécanochimie en extrudeur bivis.

Toutes les technologies extractives conduisent à des **milieux réactionnels complexes**. Le choix des **post-traitements** appliqués aux monomères et polymères constitutifs des extraits ou des raffinats repose sur plusieurs objectifs.

- Il pourra s'agir **d'éliminer des impuretés** comme les matières minérales, les produits colorés, les produits de dégradation et les co-extraits de la coupe moléculaire visée.
- Il s'agira aussi **d'homogénéiser** cette dernière tant du point de vue de sa composition chimique, que de ses propriétés physicochimiques.
- Il pourra aussi être question **d'isoler des molécules** à un grade de pureté élevé, et bien sûr de séparer les auxiliaires de l'extraction tels que le solvant ou les réactifs.

Les techniques séparatives et de purification sont choisies suite à la **compréhension des mécanismes d'interaction** soluté-soluté, soluté-solvant et soluté-support solide.

Elles dépendent aussi des **structures chimiques**, leur conformation et la taille des molécules impliquées, leur fonctionnalité et ou leur charge. Elles sont aussi choisies en fonction des **propriétés physicochimiques** telles que la solubilité, la polarité, la rhéologie ou les propriétés thermiques.

Ainsi, les **principales technologies** de post traitement mises en œuvre pratiquement sont :

- La concentration
- La filtration pour une séparation solide/liquide
- La centrifugation pour une séparation solide/liquide ou liquide/liquide
- La chromatographie
- La filtration sur membrane



MOOC AGRORESSOURCES ET AGRO-INDUSTRIES DURABLES

- L'adsorption
- La recristallisation
- La précipitation.

Enfin, les extraits et raffinats subissent fréquemment une étape de **séchage** :

- En étuve ventilée
- Par atomisation
- Par lyophilisation

Afin de fournir des bioproduits au stockage facilité.

Ces bioproduits sont bien évidemment caractérisés et subissent des tests applicatifs pour établir leur « fiche produit ».

Ce qu'il faut retenir se résume dans le schéma suivant. Les opérations de fractionnement de la biomasse sont représentées par un **enchaînement d'étapes unitaires** de préparation, d'extraction/transformation/réaction et de post traitement.

Puisque chaque matière première végétale est **multiconstituants** par nature, chaque schéma d'agroraffinerie devient un **arrangement complexe d'étapes unitaires** conduisant à une multiplicité de bioproduits solides et liquides. La **richesse** de la matière végétale est ainsi retranscrite par la **diversité de bioproduits** pouvant être générés.