

Recherche bibliographique

Proposition de modèle correctif, à partir d'un travail préliminaire transmis par un.e étudiant.e de M1 CSM sur le sujet suivant :

« **Molécules naturelles pour synthèse de polymères biosourcés : origines, modifications chimiques, applications** »

N.B : cette correction est volontairement exhaustive. Vérifier le nombre de caractères limite autorisé par votre enseignant, dans le cadre d'un rendu évalué.

Liste de mots-clés et *keywords* : Natural molecules, bioresource polymer (langage naturel : *bioresource polymer*), synthesis, biobased monomer, green chemistry, eco-materials.

Présentation de la méthodologie de recherche :

Tout d'abord, j'ai cherché la définition de chacun des termes du sujet *via* des usuels et dictionnaires spécialisés (ex : *Vocabulaire de la chimie et des matériaux*, 2018), ce afin d'éviter tout hors-sujet possible, mais aussi de collecter synonymes et termes génériques ou associés, tels que : « monomère » et « biobased » (je note, au passage que l'orthographe de « biobased » est parfois « bio-based » ; je veillerai donc à doubler la recherche pour ramener les références qui utilisent l'une ou l'autre de ces graphies).

Grâce aux usuels terminologiques et linguistiques, je cherche également des termes équivalents en anglais exacts. En effet, je sais que l'anglais est la langue internationale et que je ne peux mener une recherche exhaustive en me restreignant au français.

Pour cela, j'ai cherché *via* Loterre, les termes un à un, sans expression composée (ex : « polymère » d'abord, puis « biosourcé »), ce qui m'a permis de corriger des traductions proposées par Google Trad. qui ne correspondaient pas à la terminologie acceptée par les thésauris spécialisés (Google trad. propose : « bioresource polymer », tandis que Loterre propose les deux entrées « polymer » et « bioresource » et, effectivement, c'est l'expression « **bioresource polymer** » qui est acceptée. Mais je garde l'expression *bioresource polymer* en langage naturel ; elle pourra éventuellement me servir dans des bases sans langage contrôlé, tel que Google Scholar).

Cette première étape, couplée à l'analyse des premières recherches obtenues à partir des mots-clés listés (j'ai lancé une première recherche peu travaillée, en mode simple, afin d'observer le type de résultats qui s'en dégageait), m'a aussi permis de dégager des points de vigilance et d'attention et de mieux délimiter le sujet.

Limite dégagée : Ne pas partir des polymères biosourcés. Le centre de mon sujet est : **les molécules naturelles**. Il faudra exclure aussi les articles qui parlent de molécules issues uniquement de synthèse chimique. En effet, je constate que ma recherche peut facilement être polluée par ces résultats. (Pour cela, aux côtés de mes mots-clés, je note l'importance d'utiliser l'opérateur booléen **NOT** associé à l'expression « chemical syntheses* » ou bien d'associer le qualificatif « *natural* » au terme « *monomer** ».) Je sais que je vais devoir adapter

mes techniques d'interrogation et la combinaison de mes mots-clés au fur et à mesure, en fonction de ce que j'observe sur chacune des bases de données que je vais interroger.

Liste de mots-clés et *keywords* avec astuces d'interrogation : « Natural molecule* » / **natural AND molecule***, « bioresource polymer » / « biosource polymer », synthesis, biobased monomer (OR « bio* monomer »), « green chemistry », eco-materials (OR ecomaterial*).

Pour mener à bien cette recherche bibliographique, j'ai décidé d'employer les réservoirs suivants : le moteur de recherche : Google Scholar, la base **Techniques de l'ingénieur** (interrogation en français), le réservoir multidisciplinaire **Web of Science - WoS** (interrogation en anglais) le catalogue des BU Lyon 1 : **Sherlock** (interrogation bilingue : français/anglais), le moteur de recherche **Google Scholar** (interrogation bilingue : français/anglais).

Ils contiennent chacun des articles de recherche, de la littérature scientifique, professionnelle et académique. On ne connaît pas exactement les sources de moissonnage de Google Scholar; je veille donc à bien identifier le type de ressources qui vont se présenter à moi lors de mes recherches afin d'en évaluer la qualité mais aussi la pertinence. Je sais aussi que les résultats que je vais trouver vont potentiellement être exhaustifs si je n'affine pas dès le départ ma requête d'interrogation. Pour ce qui est du WoS, je sais que l'ensemble des articles recensés ont été reconnus par la communauté scientifique mais je réfléchis aux index de recherche que je vais employer car les résultats de la base peuvent être très nombreux. Je privilégie donc 3 index : « topic », « title » et « abstract ». J'élargirai ensuite les index à « texte intégral / full text » pour les concepts contextuels, si besoin.

Le Web of Science et Google Scholar sont les deux bases qui feront sans doute remonter le plus de résultats ; de plus, elles sont toutes les deux anglophones. Cela me permettra de savoir si le sujet est beaucoup traité. Les *Techniques de l'ingénieur* permettent, quant à elles, de cibler le sujet plus rapidement (actualités, fiches pratiques...), afin de dégager de nouveaux mots-clés. Enfin, le catalogue Sherlock me permet de rechercher dans l'ensemble des ressources documentaires de Lyon 1 ; il recense non seulement des articles mais aussi des monographies et des thèses, entre autres.

Une fois mon sujet cerné, mes termes-clés définis en français et en anglais, et mes bases de données à interroger identifiées, j'ai constitué une première équation de recherche comme suit :

« natural molecu* » AND (« bioresource polymer* » OR « biosource polymer* ») AND syntheses*

J'ai trouvé 35 résultats sur Google Scholar et j'observe que j'obtiens de nombreux résultats en lien avec les applications. La pertinence des résultats semble correcte.

Je me tourne ensuite sur le Web of Science, en recherche avancée et j'adapte cette même recherche de la façon suivante : dans un premier temps, je choisis l'index de recherche « ALL fields » pour l'ensemble de mes mots-clés car ma liste de résultats sur Google Scholar n'est pas si importante et l'affinage des termes de ma requête semble déjà suffisamment bon. J'associe ensuite l'ensemble de mes concepts-clés avec l'opérateur AND et je gère la synonymie de l'un de mes concepts avec l'opérateur OR :

((ALL=(natural molécul*)) AND ALL=(bioresource polymer* OR biosource polymer*)) AND ALL=(synthes*)

J'obtiens alors 55 résultats, dont 3 *review articles* et 11 sources riches en référence (=enriched cited references). Au regard des résultats de ma première page, la pertinence pour mon sujet semble acquise. Je note aussi que, par rapport à Google Scholar, j'obtiens plus de résultats en lien avec l'origine et les modifications chimiques. J'ai ensuite ouvert la notice des articles de synthèse afin de dégager un ensemble de nouveaux mots-clés plus précis (ex : « biosynthesis pathways »), des exemples et J'en profite pour commencer à collecter des références dans la bibliographie de ces articles. Je reviens ensuite aux résultats de ma recherche et décide de filtrer par deux domaines (=research area) : « polymer science » et « environmental sciences ecology ». Cela me ramène deux résultats particulièrement intéressants pour mon sujet.

Sur les *Techniques de l'ingénieur*, je mène ma recherche en français (je sais que la base de données contient des références en anglais, mais encore trop limitées par rapport à la couverture francophone ; en outre, les articles originellement en anglais ont normalement leur *abstract* traduit en français).

Je procède donc comme suit depuis la recherche avec opérateurs :

Molécul* naturelle* ET polymère* biosourcé*

J'obtiens 11 résultats. Les domaines d'expertise auxquels renvoient ces références me donnent une idée des domaines d'applications variés pour mon sujet. Je consulte alors ces références, dont un article classé « Recherche et innovation » et 7 articles de référence.

Sur Sherlock, je lance une première recherche assez similaire aux termes employés initialement sur Google Scholar mais je me rends compte que les résultats remontés sont inexistantes. Je décide alors de chercher en anglais et en français car la couverture linguistique est bien fournie dans l'une et l'autre langue. Je réfléchis donc à une façon d'interroger dans les deux langues à la fois afin de générer une requête multilingue : usage de la troncature pour employer la racine commune des termes en anglais et en français (ex : *natur** pour « naturel » et « natural »), et usage de la synonymie avec l'opérateur OR.

Je procède donc à la requête suivante sur 3 champs, que je combine avec l'opérateur booléen AND :

- *natur** AND *molecul** (index associé : AB résumé)
- "bioresource polymer*" OR "biosource polymer*" OR (polymère* AND bio*) (index associé : AB résumé)
- *synthes** (index associé : TX tout le texte)

J'obtiens alors 22 résultats, en français et en anglais et de divers types : thèses, plusieurs articles d'actualité des *Techniques de l'Ingénieur* que je n'avais pas trouvés en recherchant directement sur la base. Un regard sur les sujets associés aux notices des références remontées me permet de vérifier l'adéquation avec ma recherche. Je décide alors d'éloigner la monographie qui apparaît dans les résultats car l'ouvrage semble plutôt orienté autour de

la philosophie des sciences. La ressource peut être de qualité mais non pertinente pour ma recherche.

En prenant en considération ce observé jusque-là au fil de mon parcours de recherche, j'ai décidé de retourner sur Google Scholar : j'ai ajouté des termes-clés de recherche (dont des termes plus spécifiques issus d'exemples que je décide de creuser, en l'occurrence : la «vanilline » et « dépolymérisation ») ; j'ai aussi employé des filtres comme la date de parution afin de restreindre ma collecte aux publications les plus récentes, parues après l'an 2005. De même, je suis retourné sur le WoS pour tenter une recherche parallèle sur un domaine plus précis du sujet (le volet « origine » en l'ajoutant à ma requête, plutôt que « synthesis »), cela afin d'enrichir ma vision du sujet et de l'explorer dans son intégralité. De façon générale, j'ai repris mon processus de recherche en employant d'autres des termes-clés que j'avais établis au départ, tels que « eco-materials » et « green chemistry » et j'exclus les résultats éventuellement polluants en employant notamment l'opérateur booléen NOT (ou SAUF, si j'interroge en français).

Ci-après ce que j'en ressors :

Les molécules naturelles permettant la synthèse des biopolymères¹ sont issues de ressources renouvelables telles que des plantes, les algues ou les animaux.

L'huile de lin est issu des graines de lin (la méthode est la même pour toutes les huiles acrylatées (ricin,soja))².

La transformation de l'huile de lin a lieu en 3 étapes :

Nous pouvons aussi transformer l'huile de lin par l'anhydride maléique³ greffé sur l'huile par cycloaddition de Diels-Alder³ ou addition radicalaire à 2200 C sous atmosphère inerte. Ensuite, le 2hydroxyéthyl méthacrylate (HEMA) est greffé sur l'huile par ouverture du cycle anhydride maléique⁴.

Nous avons donc formé le polyuréthane, sous forme de films, il est utilisé dans de nombreux domaines (automobile ((revêtement protecteur), textile...))⁵.

Il est à noter que ces huiles peuvent être synthétisées comme l'alcool furfurylique (issu de l'essence des fleurs des genêts à balais) ou en thermodurcissable (résine, époxydés).⁶ L'huile de coco et de palme sont utilisées dans les détergents (savons)³.

La vanilline est obtenue à partir de la dépolymérisation⁷ de la lignine⁸.

Elle peut être fonctionnalisée de 3 manières différentes : une mono-ou difonctionnalisation directe d'un dérivé de la vanilline, donnant un monomère monoaromatique. La seconde méthode est le couplage de deux dérivés de la vanilline avant la fonctionnalisation, donnant un monomère difonctionnel et diaromatique avec le même groupe aux deux extrémités. La troisième est le greffage d'un dérivé de la vanilline sur un polymère préexistant⁹.

Nous traitons détaillons la deuxième méthode :

Elle est utilisée principalement dans l'industrie alimentaire pour les, boissons, les parfums et aussi les produits pharmaceutiques¹¹.

Ces polymères ont de nombreuses applications et servent de substitute aux matières plastiques (emballage, agriculture, loisirs)¹². Ils permettent d'utiliser moins de substances dangereuses et toxique¹³.

Les molécules naturelles confèrent des propriétés permettant aux matériaux d'être recyclables et biodégradables afin de préserver l'environnement^{14,15}.

Articles cités :

- (1) La vanilline : intermédiaire clé de la lignine à la synthèse de polymères biosourcés. CAILLOL Sylvain. Editions T.I. 2018. 145
- (2) Vegetable Oil-Derived Epoxy Monomers and Polymer Blends: A Comparative Study With Review. Wang, R.; Schuman, T. P. *Express Polym. Lett.* 2013, 272—292.
- (3) Elaboration de Revêtements à Base d'huile Végétale Par Chimie Thiol-X Photoamorcée. Zhao, Y. H. 2016 231.
- (4) Fonctionnalisation et photopolymérisation de l'huile de lin en vue de l'élaboration de nouveaux matériaux sans émissions de composés organiques volatiles (COV). Zovi, O. 2009 281.
- (5) Modification et photopolymérisation d'huiles végétales en vue de leur application dans les encres et vernis UV. Pelletier, H. 2005, 5.
- (6) Le Cardanol : De l'huile de Coque de Noix de Cajou à La Chimie Verte. CAILLOL Sylvain. Editions T.I. April 10, 2020.145
- (7) Huiles végétales époxydées et alcool furfurylique: deux types de monomères pour l'élaboration de thermodurcissables et de composites biosourcés. Falco, G. 2016. 228.
- (8) Elaboration et caractérisation de nouvelles architectures macromoléculaires à base de lignine: applications dans le domaine du bâtiment. Laurichesse, S. 2013. 299.
- (9) Délignification du bois de châtaignier par une approche de chimie verte: Mise en oeuvre et impacts sur la structure et le potentiel anti-radicalaire des phyto-polysaccharides extraits. Renault, E. 2014, 240.
- (10) Vanillin, a Key-Intermediate of Biobased Polymers. Fache, M.; Boutevin, B.; Caillol, S. *European Polymer Journal* 2015, 68, 488—502.
- (11) Fonctionnalisation et Polymérisation de Dérivés Phénoliques Naturels : Vers Des Matériaux Aromatiques Biosourcés. Fache, M. 2017.162
- (12) Use of Renewable Resource Vanillin for the Preparation of Benzoxazine Resin and Reactive Monomeric Surfactant Containing Oxazine Ring. Van, A.; Chiou, K.; Ishida, H. 2014, 55 (6), 1443—1451.
- (13) Elaboration et évaluation d'additifs verts pour polymères et composites respectueux de l'environnement. Diouf-Lewis, A. 2017. 199.
- (14) Eco-matériaux: les enjeux et les problématiques pour la mécanique. Bretagne, E. 2009, 7.
- (15) Matériaux polymères et développement durable. Halary, J.-L.; Avérous, L.; Borredon, M.-E.; Bourbigot, S.; Boutevin, B.; Bunel, C.; Caillol, S.; Commereuc, S.; Duquesne, S.; Lecamp, L.; Leibler, L.; Pollet, E.; Soulié-Ziakovic, C.; Tournilhac, F.; Vaca-Garcia, C.; Verney, V. 2010.0.15.