

THE GLOBAL INFORMATION ON COSMETICS & FRAGRANCES

expression

cosmétique #94



Le parfum et le goût du carbone : l'industrie entre croissance et durabilité

Bien que représentant moins de 0,04 % du PIB mondial ⁽¹⁾ avec près de 40 Mrds \$ ⁽²⁾, l'industrie des fragrances et arômes façonne profondément notre quotidien. Dans un contexte où les enjeux sur la durabilité du secteur se multiplient, la pétrochimie reste la norme, désormais sous domination asiatique.

The scent and taste of Carbon: F&F industry between growth and green

Despite representing under 0.04% of global GDP ⁽¹⁾ with a value of around \$40 bn ⁽²⁾, the Fragrances & Flavours (F&F) industry nevertheless has a profound effect on our daily lives. Amid growing concerns about the sector's sustainability, petrochemicals remain the norm, now dominated by Asia.

Les dérivés pétrochimiques, omniprésents dans la vie moderne — plastiques, engrais, emballages... — occupent une place majeure dans l'industrie F&F (*Fragrances & Flavors*, parfums et arômes), où ils sont à l'origine de plus de 2 000 molécules aromatiques ⁽³⁾⁽⁴⁾ (voir **Figure 1**).

Selon l'Agence Internationale de l'Énergie, les combustibles fossiles fournissent environ 80 % de l'énergie mondiale ⁽⁵⁾. Malgré la croissance rapide des énergies renouvelables en Asie, la consommation fossile a atteint un record en 2023, portée par la forte demande énergétique asiatique ⁽⁶⁾. À long terme, la pétrochimie devrait devenir le principal moteur de cette demande ⁽⁷⁾⁽⁸⁾.

Malgré cette dépendance, les taux de recyclage des produits pétrochimiques, tels que les thermoplastiques, restent faibles ⁽⁹⁾, freinés par des coûts de production plus élevés des versions recyclées que pour les produits vierges issus de sources fossiles ⁽¹⁰⁾. Cette situation est préoccupante, car les réserves de combustibles fossiles sont limitées : le pétrole pourrait être épuisé d'ici 50 ans, le gaz naturel et le charbon d'ici 100 et 140 ans aux rythmes de consommation actuels.

As the source of more than 2,000 aromatic molecules ⁽³⁾⁽⁴⁾, petrochemical derivatives, omnipresent in modern life — in plastics, fertilizers, packaging, etc. —, play a major role in the F&F industry (see **Figure 1**). All of these materials originate from fossil fuels, which, according to the International Energy Agency, supply approximately 80% of the world's energy ⁽⁵⁾. Despite the rapid growth of renewable energy in Asia, fossil fuel consumption reached a record high in 2023, driven by strong Asian energy demand ⁽⁶⁾, with petrochemicals expected to become the main driver of this demand in the long term ⁽⁷⁾⁽⁸⁾.

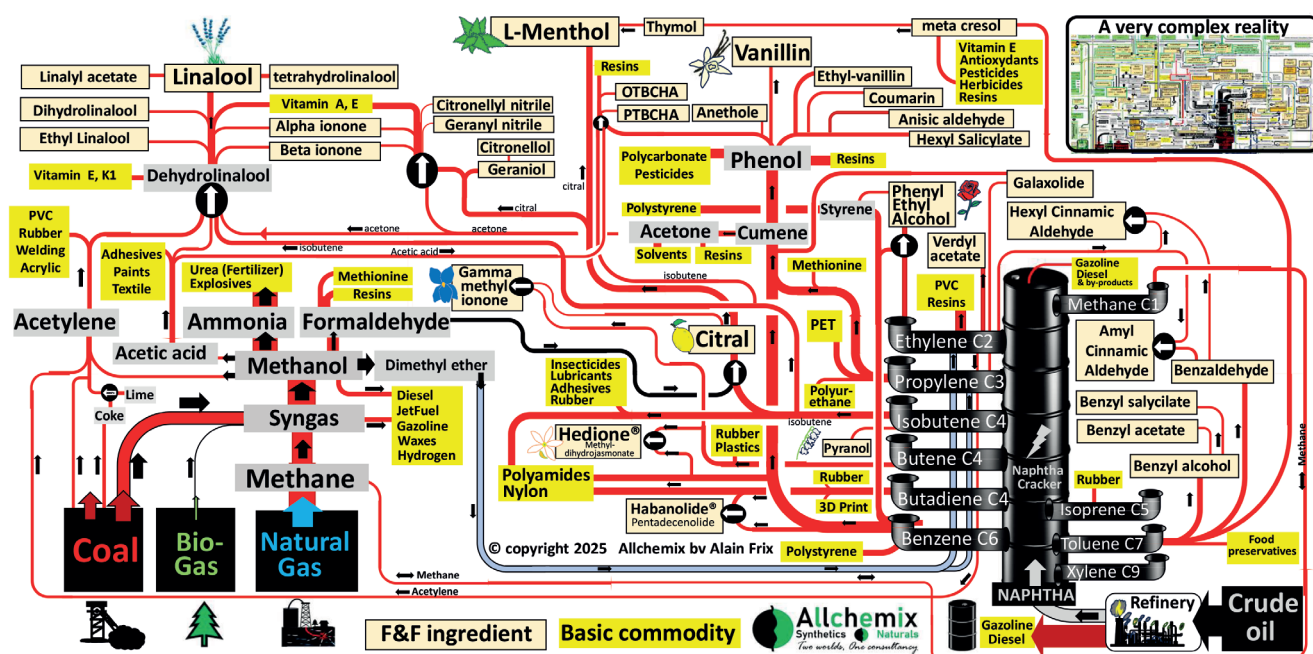
Despite this dependence, recycling rates for petrochemical products, i.e. thermoplastics, remain very low ⁽⁹⁾, hampered by higher production costs for recycled versions than for virgin products from fossil sources ⁽¹⁰⁾.

This situation is worrying because fossil fuel reserves are limited: at current consumption rates, crude oil could be exhausted within 50 years, natural gas and coal within 100 and 140 years.

PAR/BY
Alain Frix
Allchemix Consultancy

Genèse des ingrédients pétrochimiques en parfumerie et arômes

The Making of Petrochemical F&F Ingredients



Les produits pétrochimiques peuvent être fabriqués à partir de divers procédés interconnectés utilisant du pétrole brut, du gaz naturel et du charbon. Principaux composants de base des produits pétrochimiques : acétylène, benzène, éthylène, isobutène, méthanol, propylène et toluène.

Petrochemicals can be produced through a variety of interconnected processes using crude oil, natural gas, and coal. Major building blocks for petrochemicals : acetylene, benzene, ethylene, isobutene, methanol, propylene, & toluene.

Figure 1
Pétrochimie et ingrédients F&F : une illustration

Les ingrédients pétrochimiques des ingrédients F&F sont fabriqués par divers procédés interdépendants à partir de pétrole brut, de gaz et de charbon.

Petrochemistry and F&F Ingredients: an illustration

Petrochemical F&F ingredients are made through various interlinked process from crude oil, gas and coal.

Ce schéma est une simplification de certains processus conduisant à divers ingrédients pétrochimiques majeurs utilisés sur le marché F&F. This chart is a simplification of certain processes leading to various major petrochemicals ingredients used in the F&F markets.

La pétrochimie domine le secteur

Parmi les matières premières utilisées par l'industrie F&F, trois sont particulièrement notables : le naphtha (dérivé du pétrole brut), la térébenthine (sous-produit de l'industrie forestière) et le D-limonène (extrait naturel des écorces d'orange). Depuis la crise financière de 2008, l'écart de prix entre ces matières premières s'est considérablement creusé, le naphtha restant le plus économique au cours des 30 dernières années.

Cette différence a orienté les investissements vers les ingrédients d'origine fossile. La part des naturels a diminué — en particulier sur les marchés sensibles aux coûts, comme l'Asie.

Le L-menthol, prisé pour son effet rafraîchissant dans les produits bucco-dentaires, illustre bien le basculement du naturel au synthétique, principalement dicté par la concurrence des prix.

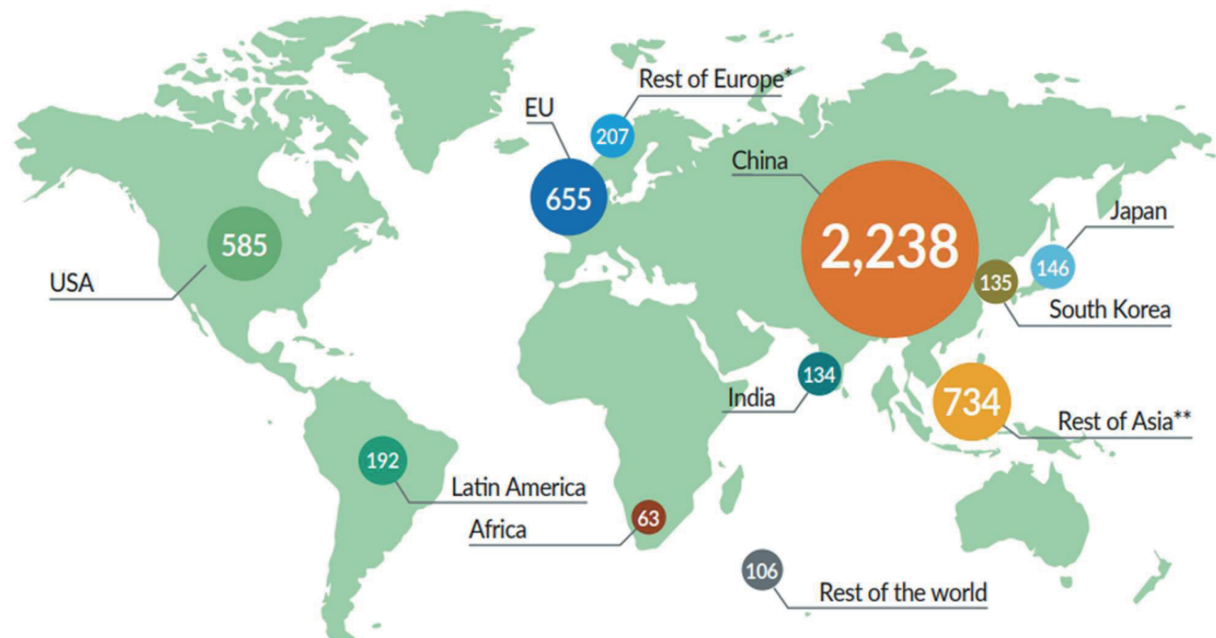
Petrochemicals dominate the sector

Among the raw materials used by the F&F industry, three are notable: naphtha (derived from crude oil), turpentine (a by-product of the forestry industry), and D-limonene (a natural extract from orange peels). The price gap between these raw materials has widened considerably since the 2008 financial crisis, with naphtha remaining the most cost-effective option over the last 30 years.

This variance has steered investments toward fossil-based F&F ingredients, while driving down the share of natural ingredients — mainly in cost-sensitive markets such as Asia.

L-menthol, prized for its cooling effect in oral care products, exemplifies the shift from natural to synthetic ingredients, driven primarily by price competition. Historically, L-Menthol was extracted from *Mentha arvensis* oil (cornmint oil), whose global production exceeded 50,000 t in 2013 ⁽¹⁾⁽¹²⁾. Mint

Ventes mondiales de produits chimiques (2023, 5 195 milliards d'euros) World chemical sales (2023, €5,195 billion)



Source: Cefic Chemdata International

*Le reste de l'Europe comprend le Royaume-Uni, la Suisse, la Norvège, la Turquie, la Russie et l'Ukraine.

** L'Asie exclut la Chine, l'Inde, le Japon et la Corée du Sud.

*Rest of Europe covers UK, Switzerland, Norway, Turkey, Russia and Ukraine

** Asia excluding China, India, Japan and South Korea

Sauf indication contraire, l'industrie chimique exclut les produits pharmaceutiques.

Sauf indication contraire, l'UE fait référence à l'UE 27.

Unless specified, chemical industry excludes pharmaceuticals.

Unless specified, EU refers to EU 27.

Courtesy of CEFIC

Historiquement, il était extrait de l'huile de *Mentha arvensis*, dont la production mondiale dépassait les 50 000 tonnes en 2013 ⁽¹¹⁾⁽¹²⁾. La culture de la menthe majoritairement en Inde, fait vivre plusieurs millions de travailleurs et est souvent pratiquée en cultures intercalaires, renforçant les moyens de subsistance ruraux et la résilience face au changement climatique ⁽¹³⁾.

Des investissements récents ont considérablement augmenté la capacité mondiale de production de L-menthol pétrochimique. En 2022, Symrise AG et, indépendamment, Shengyuan ont étendu leur production de L-menthol à base de toluène ^{(14) (15)}, tandis que Zhejiang NHU Co. a lancé celle à base de citral, un intermédiaire également utilisé pour le menthol ⁽¹⁶⁾. En 2024, Wanhua Chemical Group a inauguré en Chine une usine de citral d'une capacité annuelle de 48 000 tonnes ⁽¹⁷⁾, et BASF AG prévoit d'augmenter sa production de citral à 118 000 tonnes par an d'ici 2026 ⁽¹⁸⁾. Cette progression de l'offre pétrochimique et de ses précurseurs, moins chers et plus abondants, menace directement le marché du menthol naturel. En l'espace de deux décennies, le segment buccodentaire est passé d'un L-Menthol principalement naturel à une prédominance du synthétique.

Figure 2

Ventes mondiales de produits chimiques en 2023 : l'Asie s'est fermement imposée comme l'épicentre de la production chimique mondiale
World chemical sales in 2023: Asia firmly established itself as the epicentre of global chemical production

Source : La compétitivité de l'industrie chimique européenne, une étude conjointe

Cefic — Advancy. / The Competitiveness of the European Chemical Industry,

a joint study by Cefic — Advancy.

<https://cefic.org/app/uploads/2025/01/Cefic-Advancy-study-The-Competitiveness-of-the-European-Chemical-Industry.pdf>

cultivation, mostly in India, supports several million workers and is often practiced as an intercrop, strengthening rural livelihoods and boosting resilience to climate change ⁽¹³⁾.

Recent investments have significantly increased global production capacity for the petrochemical version of L-menthol. In 2022, Symrise AG and, separately, Shengyuan expanded their production of toluene-based L-menthol ⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾, while Zhejiang NHU Co. launched a citral-based version, another intermediate used for menthol ⁽¹⁶⁾. In 2024, Wanhua Chemical Group inaugurated a citral plant in China with an annual capacity of 48,000 t ⁽¹⁷⁾, while BASF AG plans to increase its production of citral to 118,000 t by 2026 ⁽¹⁸⁾. This increase in

Diversité et dépendance de la palette

Palette diversity and dependence

Les 3 000 ingrédients F&F, produits à hauteur de 800 000 tonnes par an (hors solvants), se répartissent en quatre grandes catégories :

- **Pétrochimie (~530 000 t/an)** : ces ingrédients synthétiques non renouvelables, issus des énergies fossiles, dominent — environ deux tiers des ingrédients F&F — grâce à leur rapport coût-efficacité et leur diversité chimique. Ils offrent une liberté créative, essentielle au développement de molécules olfactives parmi lesquelles la vanilline, l'aldéhyde hexyl cinnamique l'Hédione[®], le linalol, l'alcool phényléthylque...
- **Dérivés de térébenthine (~125 000 t/an)** : issus de sous-produits forestiers tels que la colophane de pin et la pâte à papier, ces matériaux renouvelables, souvent modifiés chimiquement et classés comme synthétiques, sont en général plus coûteux que les pétrochimiques, mais indispensables pour la parfumerie, avec des composés comme le dihydromyrcénol et l'Iso E Super[®].
- **Huiles essentielles et extraits (~95 000 t/an)** : principalement d'origine agricole (avec quelques apports forestiers), ces substances naturelles et renouvelables proviennent de plus de 300 espèces végétales. Plus chères que les dérivés de térébenthine, elles revêtent une importance socio-économique majeure, notamment pour les communautés rurales. Exemples : huiles d'orange, d-limonène (terpène issu des écorces d'orange), huiles de menthe. Elles demeurent la principale source d'ingrédients naturels de l'industrie.
- **Autres ingrédients naturels (~50 000 t/an)** : cette catégorie hétérogène comprend des jus de fruits, purées de légumes, divers extraits végétaux, ainsi que de modestes apports issus de biotechnologies et de processus émergents encore marginaux, comme le biogaz. Ce dernier est souvent utilisé dans le cadre de schémas de crédits carbone plutôt qu'intégrés physiquement dans les chaînes de production.

The 3,000 F&F ingredients, representing an annual production of around 800,000 t (excluding solvents), fall into 4 main categories:

- **Petrochemicals (~530,000 t/year)**: due to their cost-effectiveness and chemical diversity these non-renewable, fossil fuel-derived, synthetic ingredients dominate — accounting for around 2/3 of F&F ingredients. They offer creative freedom, key to developing olfactory molecules such as vanillin, hexyl cinnamic aldehyde, Hedione[®], linalool, phenylethyl alcohol, etc.
- **Turpentine derivatives (~125,000 t/year)**: derived from forestry by-products such as pine rosin and pulp, these renewable materials, often chemically modified and classified as synthetic, are generally more expensive than petrochemicals, but are crucial for perfumery, with compounds such as dihydromyrcenol and Iso E Super[®].
- **Essential oils and extracts (~95,000 t/year)**: mainly of agricultural origin (with some forestry contributions), these natural, renewable substances are sourced in over 300 plant species. More expensive than turpentine derivatives, they are of major socio-economic importance, especially for rural communities. Examples include orange oils, d-limonene (a terpene derived from orange peel) and mint oils. They remain the industry's main source of natural ingredients.
- **Other natural ingredients (~50,000 t/year)**: this diverse category includes fruit juices, vegetable purees, various plant extracts, along with contributions from biotech and emerging, marginal processes, such as biogas — the latter often being used for carbon credit schemes rather than physically integrated into production chains.

Délocalisation : compétitivité *versus* climat

Le déplacement des sites de production vers l'Asie — en Chine et en Inde pour les F&F, dès les années 1990 — est principalement motivé par des facteurs de coût et de pression de la part du législateur. Il y a trente ans, la région était perçue comme un marché prometteur pour les producteurs occidentaux, trop confiants dans leur domination historique. L'introduction de politiques réglementaires ambitieuses par l'Union européenne dans les années 2000, bien qu'avec de bonnes intentions, a paradoxalement accéléré cette délocalisation. Les entreprises basées en Occident ont externalisé leurs opérations, en commençant par les processus

petrochemical supply and its cheaper and more abundant precursors directly threatens the natural menthol market. In just two decades, the oral segment has shifted from a predominantly natural L-Menthol to a predominance of synthetics.

Delocalisation: competitiveness vs climate

The relocation of production sites to Asia — to China and India for F&F, as from the 1990s — is mainly driven by cost factors and regulatory pressure. Thirty years ago, the region was seen as a promising market for Western producers, overconfident in their historical dominance. The EU's introduction of ambitious regulatory policies in the

les plus dangereux et générateurs de déchets, avant d'élargir ce transfert à un éventail d'activités manufacturières.

Aujourd'hui, grâce à une technologie avancée, une capacité de production massive et une main-d'œuvre qualifiée, l'Asie s'est imposée comme le nouvel épice centre mondial de la chimie (voir **Figure 2**). Sa suprématie ne se limite plus à la production, elle est également à la pointe de l'innovation, progressant à un rythme fulgurant, la Chine en tête. Cette position stratégique lui permettra de diriger la prochaine génération de solutions durables pour les arômes et parfums, en particulier lorsqu'elle amorcera sa transition hors du charbon. L'industrie de la parfumerie a toujours été intrinsèquement liée au secteur chimique, comme l'a illustré Ronald Piech dans son récit historique sur la chimie des parfums en Allemagne ⁽¹⁹⁾.

Le déplacement continu de la production chimique de l'Occident vers l'Orient devrait profondément remodeler le paysage mondial des arômes et parfums. À l'instar de ce qui s'est produit dans l'industrie textile, l'Asie est en bonne voie pour devenir, dans les décennies à venir, le principal producteur mondial de parfums, en particulier pour les produits d'hygiène et d'entretien.

Coûts réduits, GES accrus

Ce transfert de la production chimique, bien que rentable, contredit les objectifs de durabilité et s'associe généralement à une augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES), et ce, pour trois raisons majeures. L'énergie d'abord, l'industrie asiatique dépend fortement du charbon, principale source en Chine, en Inde, en Indonésie, au Vietnam, et dans de nombreux pays d'Asie du Sud-Est. De nouvelles mines ouvrent chaque année ⁽²⁰⁾ et la demande mondiale devrait atteindre un niveau record en 2024 ⁽²¹⁾. En 2023, le charbon a été le contributeur prédominant aux émissions mondiales de dioxyde de carbone (CO₂), avec 15,7 gigatonnes ⁽⁷⁾.

Les procédés de fabrication, ensuite, qui l'utilisent comme matière première principale. Par exemple, la conversion du charbon en composés chimiques clés tel que le méthanol, puis en propylène ou en éthylène via la technologie *Methanol-to-Olefins* (MTO), génère des émissions de GES nettement plus élevées que la production des mêmes molécules chimiques à partir du pétrole brut ou du gaz naturel par craquage à la vapeur, méthode plus courante dans les pays occidentaux ⁽²²⁾⁽²³⁾. Enfin, le transport constitue un troisième facteur significatif d'émissions de GES ⁽²⁴⁾, les marchés occidentaux restant les plus grands consommateurs, avec des distances parcourues considérables.

Conception durable : faire mieux avec moins

Le secteur F&F est confronté à des réglementations de plus en plus strictes limitant l'usage d'ingrédients

2000s, although well-intentioned, ironically accelerated this relocation. Western-based companies outsourced their operations, starting with the most hazardous and waste-generating processes, eventually expanding this transfer to include a range of manufacturing activities.

Today, through advanced technology, massive production capacity and a skilled workforce, Asia has established itself as the new global chemicals' hub (see **Figure 2**). Its dominance is no longer limited to production; it now spearheads innovation, advancing at a rapid pace, led by China — a strategic position that will enable it to lead the next generation of sustainable F&F solutions, especially as it begins to transition away from coal. As illustrated by Ronald Piech in his historical account of fragrance chemistry in Germany ⁽¹⁹⁾, the fragrance industry has always been intrinsically linked to the chemicals sector.

The ongoing west-to-east shift of chemicals production is expected to profoundly reshape the global F&F landscape. Mirroring events in the textile industry, Asia is poised to become the world's leading producer of fragrances in the coming decades, in particular for personal care and household products.

Lower costs, higher GHG

While profitable, this shift to Asian chemicals production challenges sustainability goals and is generally associated with higher greenhouse gas (GHG) emissions for three main reasons. Firstly, energy: the Asian industry relies heavily on coal, the main energy source in China, India, Indonesia, Vietnam, and many Southeast Asian countries. New mines open every year ⁽²⁰⁾ and global demand is expected to reach record levels in 2024 ⁽²¹⁾. In 2023, at 15.7 Gt ⁽⁷⁾, coal was the prime contributor to global carbon dioxide (CO₂) emissions.

Secondly, in various manufacturing processes coal is the main raw material. For instance, converting coal into key chemical compounds such as methanol, and then into propylene or ethylene using *Methanol-to-Olefins* (MTO) technology, generates significantly higher GHG emissions than when producing the same chemical molecules from crude oil or natural gas via steam cracking, the method generally preferred in Western countries ⁽²²⁾ ⁽²³⁾. Thirdly, transport is another key factor in GHG emissions ⁽²⁴⁾, due to western markets remaining the largest consumers, with considerable distances travelled.

Sustainable design: do better with less

Due to concerns over safety and environmental impacts, the EU is applying ever more stringent regulations to the F&F sector that limit the use of conventional high-volume ingredients, such as butylphenyl methylpropional (known as Liliol,

Projection 2040 : évolution des catégories de matières premières dans les parfums

Projection 2040: evolution of feedstocks categories in fragrances

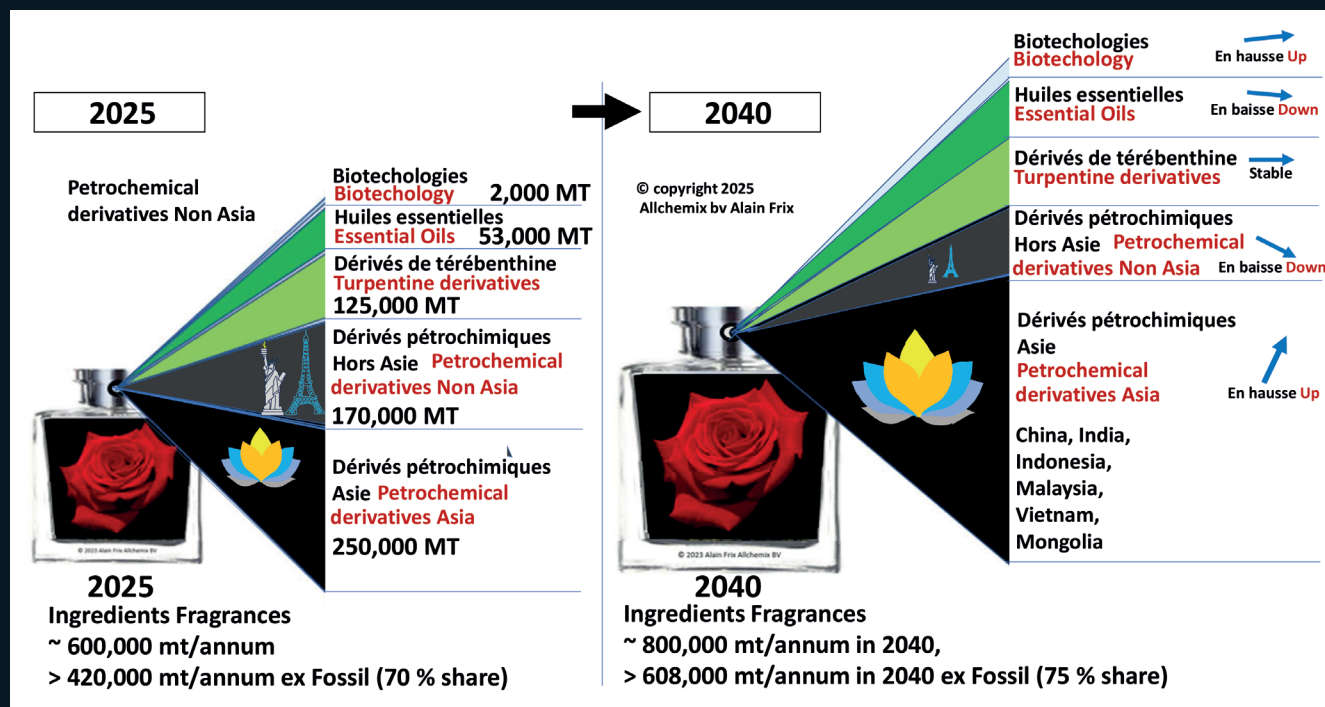


Figure 3

Les ingrédients pétrochimiques devraient jouer un rôle de plus en plus dominant dans la parfumerie. En revanche, l'expansion des ingrédients renouvelables restera limitée en raison de leurs coûts plus élevés.

À noter : ce graphique concerne uniquement les ingrédients de parfumerie, les ingrédients arômes ne sont pas inclus

Petrochemical ingredients are expected to play an increasingly dominant role in Perfumery. In contrast, the expansion of renewable ingredients will likely remain limited due to their higher costs.

Please note: This chart presents data exclusively on fragrance ingredients; flavour ingredients are not included

Source : Allchemix

traditionnels à fort volume, comme le butylphényl méthylpropional (connu sous les noms de Lilial, Lilestralis, Lysméral), par l'Union européenne en raison des inquiétudes liées à la sécurité et à l'impact environnemental. Ces molécules volumineuses, souvent présentes dans les savons et détergents, se retrouvent dans les eaux usées. Le défi est de concevoir des composants biodégradables, mais suffisamment stables pour être efficaces dans les formulations. La solution passe par des ingrédients très concentrés, efficaces à faible dose : les « super-molécules ». Ambroxan[®] (boisé-ambre), Z11[®] (boisé sec), Pomarose[®] (pomme-rose), Romandolide[®] (musqué)... L'industrie privilégie de plus en plus ces ingrédients à fort impact, très efficaces, permettant de réduire la consommation de matières premières et d'énergie, le volume de transport et les déchets environnementaux. Bien que très performants, ils sont souvent bien plus coûteux que leurs homologues pétrochimiques volumineux⁽²⁵⁾, et la formation des jeunes parfumeurs est toujours axée sur cette artillerie lourde.

Lilestralis[®], Lysméral[®]). These large molecules, often found in soaps and detergents, end up in wastewater. The challenge is to design components that are biodegradable, yet stable enough to be effective in formulations. The solution is to use highly concentrated ingredients that are effective at low doses, i.e. "super-molecules", like Ambroxan[®] (woody-amber), Z11[®] (dry woody), Pomarose[®] (apple-rose), Romandolide[®] (musk), etc. The industry is increasingly favouring these high-impact, highly effective ingredients, which reduce raw material and energy consumption, transportation volume, and environmental waste. While highly effective, they are often far more expensive than their larger petrochemical counterparts⁽²⁵⁾, which are still the main focus of the training of young perfumers.

Many of the ingredients used in F&F date back more than 60 years and have changed little in that time. Unlike electronics, the industry remains dependent on massive, energy-intensive materials, due not to a lack of talent, but rather to a "business as usual" ethos. For agile, innovation seeking players,

Appel à l'action

Call to action

Bien que les entreprises du secteur F&F exercent une influence limitée sur les pratiques d'extraction des matières premières, elles portent la pleine responsabilité de leurs choix d'approvisionnement et doivent en évaluer rigoureusement les impacts environnementaux et sociaux. Pour faire progresser la durabilité, l'industrie se doit de :

- Mettre en œuvre des évaluations rigoureuses du cycle de vie (ACV) basées sur des données primaires et secondaires, pour les chaînes d'approvisionnement pétrochimiques et biomasses, afin d'identifier les produits à moindre impact environnemental.
- Accroître les investissements dans la diversification des matières premières, en soutenant le développement des technologies de conversion de la biomasse, la biologie synthétique et autres technologies biosourcées.
- Valoriser leurs investissements en R&D consacrés aux ingrédients issus de la biomasse en les distinguant de celles dédiées aux ingrédients fossiles et les rapporter séparément.
- Prioriser les solutions à fort impact et faible volume, permettant de réduire la consommation de matières premières, énergie et les déchets environnementaux tout au long de la chaîne de valeur.
- Encourager, avec les entreprises de biens de consommation, une consommation responsable et la conception de produits plus légers et durables, offrant une qualité égale ou supérieure, à l'instar de ce qui se fait dans le secteur de l'électronique.
- Favoriser la collaboration entre toutes les parties prenantes : chercheurs, régulateurs et industriels pour créer des écosystèmes d'innovation avec une trajectoire claire et prévisible vers des produits plus durables.

While F&F sector companies have limited influence over raw material extraction practices, they bear full responsibility for their sourcing choices and must accurately assess the actual sustainability of their raw materials and derivatives. To enhance sustainability, the industry must:

- Implement rigorous life cycle assessments (LCAs) based on primary and secondary data, for petrochemical and biomass supply chains, to identify products with a lower environmental impact.
- Increase investments in raw material diversification, supporting the development of biomass conversion technologies, synthetic biology and other biobased technologies.
- Promote their R&D investments in biomass-derived ingredients both by distinguishing them from those dedicated to fossil ingredients and by reporting them separately.
- Prioritize high-impact, low-volume solutions that reduce the consumption of raw materials, energy and environmental waste throughout the value chain.
- Partner consumer goods companies in encouraging responsible consumption and the design of lighter, more sustainable products that offer equal or superior quality, as already seen in the electronics sector.
- Foster collaboration between all stakeholders — researchers, regulators and manufacturers — to create innovation ecosystems with a clear, predictable trajectory towards more sustainable products.

De nombreux ingrédients F&F utilisés datent de plus de 60 ans et ont peu évolué. Contrairement à l'électronique, la filière reste dépendante de matériaux massifs et énergivores, non par manque de talents, mais plutôt d'une culture du « *business as usual* ». Pour les acteurs agiles et innovants, la contrainte réglementaire — souvent perçue au premier abord comme un obstacle — devient un levier stratégique : elle stimule la créativité, renforce la différenciation et favorise l'émergence de modèles responsables. Plutôt que de freiner le progrès, elle pénalise le manque d'anticipation⁽²⁶⁾ et encourage une collaboration étroite entre régulateurs, décideurs, chercheurs et industriels.

Le potentiel inexploité de la biomasse

Les combustibles fossiles sont des hydrocarbures formés à partir d'une biomasse ancienne pendant des millions d'années sous l'effet d'une chaleur et d'une pression souterraines intenses, pratiquement

regulatory constraints — often initially perceived as an obstacle — can become a strategic lever, boosting creativity, strengthening differentiation, and fostering the emergence of responsible models. Rather than hindering progress, they penalize a lack of anticipation⁽²⁶⁾ and promote close collaboration between regulators, decision-makers, researchers and industrialists.

The untapped potential of biomass

Fossil fuels are hydrocarbons formed from ancient biomass over millions of years under intense underground heat and pressure, at virtually no cost. In contrast, producing comparable hydrocarbons from fresh biomass using current technologies remains both inefficient and expensive.

Forest biomass — the most abundant on Earth — consisting primarily of cellulose, hemicellulose, and lignin, is difficult to break down into usable molecules. While emerging technologies such as

sans aucun coût. En revanche, la production d'hydrocarbures comparables à partir de biomasse fraîche à l'aide des technologies actuelles reste inefficace et coûteuse.

La biomasse forestière — la plus abondante sur Terre —, principalement composée de cellulose, d'hémicellulose et de lignine, est complexe à décomposer en molécules utilisables. Bien que des technologies émergentes comme la liquéfaction hydrothermale supercritique (HTL), la dépolymérisation microbienne et la biologie synthétique offrent des perspectives prometteuses, il faudra probablement plusieurs décennies avant que les polymères biosourcés puissent rivaliser sur les marchés de masse.

Dans l'industrie F&F, malgré des investissements significatifs en biotechnologie, notamment la fermentation aérobie, seules quelques molécules biosourcées ont connu un succès commercial, représentant moins de 0,4 % en volume. Pour remplacer les pétrochimiques, les coûts de production doivent être drastiquement réduits — un défi qui a échoué pour les biocarburants.

Des avancées dans la fermentation anaérobie et le contrôle des souches microbiennes sont prometteuses, mais leur montée en échelle nécessite des investissements conséquents. En cas de succès, ces technologies pourraient bénéficier à l'agriculture en améliorant la santé des sols, mais aussi capter directement certains gaz à effet de serre et les convertir en carburants, produits chimiques ou protéines avec des émissions nettes plus faibles que les méthodes fossiles ⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾⁽²⁹⁾⁽³⁰⁾.

Face à l'incertitude réglementaire environnementale et aux tensions géopolitiques, les entreprises pourraient être tentées de retarder leurs investissements dans les technologies de décarbonation. Pourtant, sans recherche suffisante pour améliorer l'utilisation de la biomasse, la raréfaction progressive des combustibles fossiles d'ici la fin du siècle posera un problème majeur.

Les secteurs agricoles et les communautés rurales joueront un rôle encore plus important, devant relever les défis actuels et futurs, puisqu'ils deviendront les derniers fournisseurs de carbone, une fois les fossiles devenus rares. Ce changement pourrait même inverser les flux migratoires, attirant les populations des mégapoles vers des pôles ruraux carbonés plus dispersés.

Enfin, le produit le plus durable demeure celui que nous ne consommons pas. Il sera crucial de faire évoluer progressivement les comportements des consommateurs et d'éduquer les générations futures à une consommation réduite et responsable, et à l'industrie de concevoir des biens de consommation qualitatifs avec une empreinte carbone beaucoup plus légère. Car sans innovation audacieuse et transformation systémique, le secteur risque d'aggraver son empreinte environnementale et de compromettre sa pérennité. ●

supercritical hydrothermal liquefaction (HTL), microbial depolymerization, and synthetic biology offer promising prospects, it may be several decades before biobased polymers can compete in mass markets.

Despite major biotech investments in the F&F industry, in aerobic fermentation in particular, only a few biobased molecules have achieved commercial success, accounting for less than 0.4% of the market by volume. Efforts to replace petrochemicals involve drastically cutting production costs — a challenge that has so far failed for biofuels.

While advances in anaerobic fermentation and microbial strain control are promising, scaling them up requires significant investment. If successful, these technologies could benefit agriculture by improving soil health, as well as directly capturing certain GHG and converting them into fuels, chemicals, or proteins with lower net emissions than fossil-based methods ⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾⁽²⁹⁾⁽³⁰⁾.

In the face of environmental regulatory uncertainty and geopolitical tensions, companies may be tempted to delay their investments in decarbonization technologies. However, without sufficient research to improve biomass utilization, the gradual depletion of fossil fuels by the end of the century will pose a major challenge.

Given that biomass will become the last remaining carbon supplier once fossil fuels become scarce, agricultural sectors and rural communities are set to play a key role in addressing current and future challenges. This shift could even reverse migration flows, drawing populations from megacities to more dispersed rural carbon hubs.

Ultimately, the most sustainable product is the one we do not consume. Over the coming years, it will be vital to gradually modify consumer attitudes and educate future generations to embrace lower, more socially responsible consumption patterns, and for the industry to design high-quality consumer goods with a much lighter carbon footprint. Without bold innovation and systemic transformation, the F&F sector risks worsening its environmental footprint and compromising its sustainability. ●

Remerciements / Acknowledgements

Ce document a bénéficié de l'aimable révision du Dr Sylvain Antoniotti, du Dr Jonathan Bonello, de M. Hussein Fakhry, du Dr Peter Greenhalgh, de M. Tim Valentin, du Dr Koenraad Vanhessche et du Dr Stephan Verdier. L'auteur reste seul responsable des opinions exprimées dans cet article.

—
This document has benefited from the kind review of Dr. Sylvain Antoniotti, Dr. Jonathan Bonello, Mr. Hussein Fakhry, Dr. Peter Greenhalgh, Mr. Tim Valentin, Dr. Koenraad Vanhessche and Dr. Stephan Verdier. The author alone remains responsible for the views expressed in this work.

Transparence et responsabilité : les outils à disposition

Transparency and accountability: the available tools

L'ACV : mesurer au-delà du carbone

Les analyses complètes du cycle de vie (ACV) sont essentielles pour évaluer avec précision la durabilité des produits de parfumerie et arômes. Une schématisation du cycle de vie peut être divisée en 8 étapes, chacune avec une répercussion distincte sur la durabilité.

Les étapes 1, 2 et 3 génèrent les plus grands impacts environnementaux, qu'ils proviennent de ressources renouvelables ou fossiles. Elles correspondent à la transformation primaire des ressources planétaires, sont très énergivores et émettent d'importantes quantités de gaz à effet de serre (GES). Pour la biomasse, cela inclut les transformations agronomiques — acquisition et préparation des terres, labour, récolte... Pour les activités fossiles, cela comprend la préparation des sols, les infrastructures, le forage, l'extraction, la vaporisation, la séparation des carburants dans les raffineries et les lourdes transformations chimiques. D'importantes émissions de GES proviennent des fuites de méthane sur les sites d'extraction du charbon et du gaz : le torchage du gaz, en augmentation de 5 % en 2023, émet environ 300 millions de tonnes de CO₂ chaque année⁽³¹⁾. Les rapports de l'ONU pour 2024 attribuent 11 % des émissions mondiales de GES à l'agriculture et 10 % à l'extraction et au traitement des combustibles fossiles, soulignant leur impact climatique majeur⁽²⁴⁾.

L'étape 4 (rectification et chimie fine) a généralement un impact environnemental plus faible grâce aux avancées en chimie verte qui réduisent la consommation d'énergie.

Les étapes 5 et 6 (formulation et incorporation dans les produits finis) contribuent peu à la charge environnementale additionnelle, car elles impliquent principalement des opérations de mélange.

Enfin, les étapes 7 et 8 (déchets et dégradation) sont complexes et critiques : l'impact environnemental des molécules de carbone libérées lors de la dégradation des parfums et arômes est fortement scruté. De nombreux dérivés renouvelables et fossiles sont remis en question, notamment ceux utilisés en grandes quantités. Des ACV fiables nécessitent un audit détaillé et indépendant des champs agricoles et des sites d'extraction fossile pour vérifier les données.

Les audits approfondis des pétrochimiques

Bien que des initiatives telles que *Together for Sustainability* (TfS) et *Oil & Gas Climate Initiative* (OGCI) visent à améliorer la transparence et la traçabilité des émissions liées aux combustibles fossiles, de nombreux producteurs à la base fournissent des données incomplètes ou partielles.

La majorité des sites d'extraction fossile sont contrôlés par quelques géants de l'énergie — China Coal, Gazprom,

LCA: measuring beyond carbon

Comprehensive life cycle assessments (LCAs) are vital to accurately assess the sustainability of F&F products. A life cycle diagram can be divided into 8 stages, each having a distinct impact on sustainability.

Steps 1, 2, and 3 generate the greatest environmental impacts, whether from renewable or fossil resources. They correspond to the primary transformation of the Earth's resources, are highly energy-intensive, and emit significant quantities of GHG. For biomass, this includes agronomic transformations — land acquisition and preparation, ploughing, harvesting, etc. For fossil fuel activities, this includes land preparation, infrastructure, drilling, extraction, vaporization, fuel separation in refineries, and heavy chemical transformations. Significant GHG emissions come from methane leaks at coal and gas extraction sites: gas flaring, up 5% in 2023, emits around 300m tonnes of CO₂ annually⁽³¹⁾. UN reports for 2024 attribute 11% of global GHG emissions to farming and 10% to fossil fuel extraction and processing, highlighting their major climate impact⁽²⁴⁾.

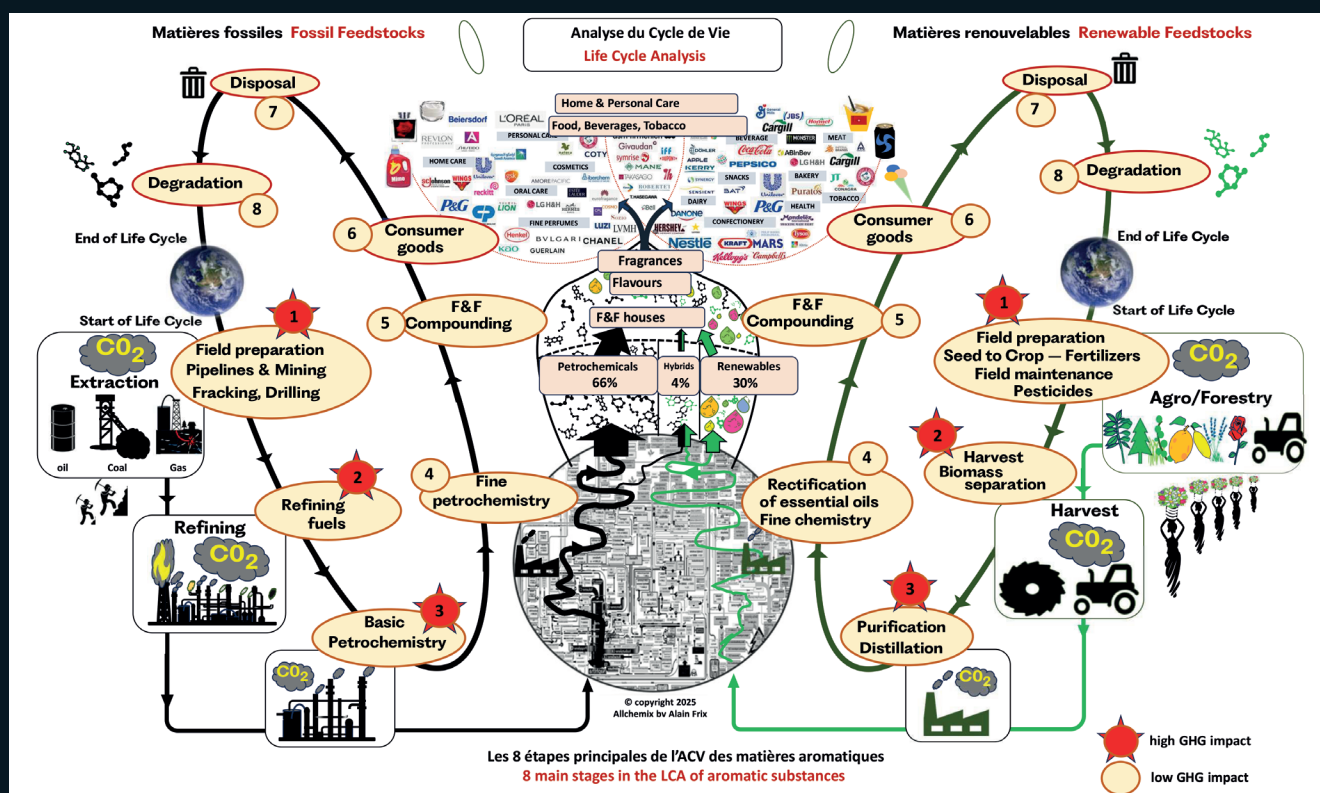
Step 4 (rectification and fine chemistry) generally has a lower environmental impact due to advances in green chemistry that reduce energy consumption. Steps 5 and 6 (formulation and incorporation into finished products) primarily involve blending operations that contribute little in the way of additional environmental impact.

Lastly, steps 7 and 8 (waste and breakdown) are both complex and critical: the environmental impact of carbon molecules released during the breakdown of fragrances and flavours is highly scrutinized. Many renewable and fossil derivatives are challenged, particularly those used in large quantities. Reliable LCAs require a detailed, independent audit of agricultural fields and fossil extraction sites in order to verify the data.

Detailed petrochemical audits

While initiatives such as *Together for Sustainability* (TfS) and the *Oil & Gas Climate Initiative* (OGCI) seek to improve the transparency and traceability of fossil fuel emissions, many producers only provide partial data.

Most fossil fuel extraction sites are controlled by just a few energy giants — China Coal, Gazprom, ExxonMobil, Saudi Aramco, Total, Coal India, etc.,



Industrie F&F : analyse du cycle de vie des ingrédients fossiles et renouvelables

Identification des 8 principales étapes de l'évaluation du cycle de vie des produits F&F.

F&F industry: Life Cycle Assessment of Fossil and Renewable ingredients

Identification of the 8 main stages in the life cycle assessment of F&F products.

ExxonMobil, Saudi Aramco, Total, Coal India, etc. La plupart n'ont pas réussi à établir des objectifs crédibles de réduction des émissions via l'initiative *Science-Based Targets* (SBTi), se contentant d'engagements de neutralité carbone jugés insuffisants.

Alors que l'industrie F&F met l'accent sur la responsabilité sociale des entreprises (RSE) pour les produits naturels, cette rigueur est rarement appliquée aux catégories issues des fossiles. Le bien-être des travailleurs et des communautés avoisinantes aux mines de charbon ou sites de fracturation hydraulique, souvent exposés à des risques environnementaux et sanitaires, reste largement ignoré.

Cette disparité entre les exigences RSE pour les produits naturels et les pratiques opaques du secteur fossile appelle à la mise en place de normes éthiques unifiées pour l'approvisionnement. De plus, certaines entreprises pétrochimiques — notamment celles impliquées dans le raffinage des combustibles fossiles ou la production en aval — gèrent simultanément des gammes de commodités — plastiques ou pesticides — et de spécialités. Dans ce contexte, il est crucial de comprendre comment l'empreinte carbone est répartie entre ces différents segments. Une ventilation avantageuse pourrait réduire artificiellement l'impact carbone apparent des produits destinés à des marchés sensibles aux enjeux de durabilité, tels que les ingrédients utilisés en cosmétique, parfumerie et arômes.

La création d'un organisme de vérification indépendant, tel

most of whom have failed to set credible emission reduction targets via the Science-Based Targets (SBTi) initiative, contenting themselves with carbon neutrality commitments deemed insufficient.

While the F&F industry advocates corporate social responsibility (CSR) for natural products, this rigour is rarely applied to fossil-based categories — largely ignoring the well-being of workers and communities around coal mines or hydraulic fracturing sites, often exposed to environmental and health risks.

This gap between CSR requirements for natural products and the opaque practices of the fossil fuel sector calls for the establishment of unified ethical sourcing standards. Also, certain petrochemical companies — chiefly those involved in fossil fuel refining or downstream production — simultaneously manage ranges of commodities, i.e. plastics or pesticides, and specialties. As such, it is vital to understand how the carbon footprint is distributed between these various segments. An advantageous breakdown could artificially reduce the apparent carbon impact of products destined for markets sensitive to sustainability issues, such as ingredients used in cosmetics, fragrances and flavourings.

The creation of an independent inspection body, such as an "Ethical Petroleum Trade Union", would improve upstream transparency, guarantee workers' rights, protect the environment and more rigorously monitor emissions allocation practices in the petrochemical value chain.

qu'une « Union du Commerce Éthique du Pétrole », permettrait d'améliorer la transparence en amont, de garantir les droits des travailleurs, de protéger l'environnement et de contrôler plus rigoureusement les pratiques de répartition des émissions dans la chaîne de valeur pétrochimique.

L'empreinte carbone : une information incomplète

L'indicateur de durabilité le plus utilisé à ce jour ne reflète qu'une partie limitée de l'ensemble des enjeux. Se focaliser uniquement sur l'empreinte carbone masque les problématiques essentielles comme la pollution par les déchets toxiques, la conservation de l'eau potable, ou l'impact socio-économique sur plus de 4 milliards de personnes vivant dans des zones rurales.

Pour mesurer correctement l'impact durable d'un produit, il est nécessaire d'adopter une approche claire et complète, capable de saisir les différences réelles liées aux méthodes de production et aux matières premières utilisées pour fabriquer une même molécule. Par exemple, le profil de durabilité de la vanilline varie fortement selon sa source : gousses de vanille naturelles, lignine, huile de clou de girofle, fermentation d'acide férulique, fermentation à base de sucre, curcuma, pétrochimie chinoise ou pétrochimie occidentale. L'absence de protocole standardisé pour les indicateurs de durabilité dans l'industrie F&F reflète un manque d'harmonisation sectorielle et souligne le chemin important qu'il reste à parcourir pour passer d'une transparence partielle à un alignement véritable. ●

The carbon footprint: incomplete information

The most widely used sustainability indicator to date reflects only a limited part of the overall picture. Focusing solely on the carbon footprint obscures key issues such as toxic waste pollution, drinking water conservation, or the socio-economic impact on more than 4 billion people living in rural areas.

Correct measurement of a product's sustainable impact requires adopting a clear and comprehensive approach, capable of capturing the actual differences linked to the production methods and raw materials used to manufacture a given molecule. For example, the sustainability profile of vanillin varies greatly depending on its source: natural vanilla beans, lignin, clove oil, ferulic acid fermentation, sugar-based fermentation, turmeric, Chinese petrochemicals or Western petrochemicals. The absence of a standardised protocol for sustainability indicators in the F&F industry reflects a lack of sectoral harmonization, highlighting the effort still required to move from partial transparency to true alignment. ●

Références / References

- (1) Markets and Markets. *Flavours and Fragrances Market 2025*. March 2025.
- (2) World Bank. *The Gross Domestic Product (GDP) in World, 2023*. World Bank Open Data, 2023.
- (3) Frix, A. "Flavour and Fragrance Ingredients: A Changing Market." *IFEAT World*, July 2022; *Perfumer & Flavourist*, April 2022; *Expression Cosmétique*, December 2021.
- (4) Frix A. "Essential oils and Forest extracts: the European Union's «Green Deal», or the endangerment of an age-old green industry", *Expression Cosmétique* #85, January/February 2024
- (5) International Energy Agency. *World Energy Outlook 2024*. IEA, 2024.
- (6) British Petroleum Bp Energy Outlook: 2024 edition <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics.html>
- (7) International Energy Agency. *The Future of Petrochemicals: Towards a More Sustainable Chemical Industry*, pp. 11–27. IEA, 2018.
- (8) OECD/International Energy Agency. *The Future of Petrochemicals: Towards More Sustainable Plastics and Fertilisers*. OECD/IEA, 2018.
- (9) Levi, P. G., & Cullen, J. M. «Mapping Global Flows of Chemicals: From Fossil Fuel Feedstocks to Chemical Products.» *Environmental Science & Technology*, 2018, 52(4), 1725–1734.
- (10) Rahimi, A., & Garcia, J. M. «Chemical Recycling of Waste Plastics for New Materials Production.» *Nature Reviews Chemistry*, vol. 1, Article 0046, June 7, 2017.
- (11) Jain, A. K., "A View of Natural Menthol Used in the Global Fragrance and Flavour Industries and India's Role." *IFEAT International Conference 2013*. San Francisco, USA, October 2013.
- (12) Greenhalgh, P. "IFEAT Socio-economic Impact Study Mint Cormmint (*Mentha arvensis* L.)." *IFEAT World journal*, September 2014
- (13) Lawrence, B. M., "Natural Product (essential oils and extracts) *Data and Dossier*", 2013
- (14) The evolution of Menthol synthesis at Bushy Park https://www.symrise.com/our-stories/150-shades-of-innovation/menthol/bushy-park/?utm_source=chatgpt.com, 2022
- (15) Ludlum, Bill, <https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6792933976286883840/>
- (16) Menthol developed by NHU, *NHU website announcement* 19 Oct 2022, <https://www.cnhu.com/newsDetails/245/en>
- (17) Andrew Warmington "Wanhua Chemical Group Co, Ltd "Largest citral plant opens", *Specialty Chemicals Magazine*, August 30, 2024
- (18) "BASF to invest in its aroma ingredients business by expanding its global production footprint with new plants in China and Germany", *BASF Business & Financial News*, March 7, 2023
- (19) Piech, Ronald "Cradle of an Industry: Scents and Flavors from Central Germany (original German title: Wiege einer Industrie: Düfte und Aromen aus Mitteldeutschland)", *Passage-Verlag*, December 2022
- (20) Global Energy Monitor. *Global Coal Mine Tracker Report 2024*.
- (21) International Energy Agency. *Coal 2024: Analysis and Forecast to 2027*. December 2024.
- (22) Boltz, M., Losch, P., & Louis, B. «A General Overview on the Methanol to Olefins Reaction: Recent Catalyst Developments.» *Advanced Chemistry Letters*, September 2013, DOI: 10.1166/ac1.2013.1032.
- (23) Jiang, M., Cao, Y., Liu, C., Chen, D., Zhou, W., Wen, Q., Yu, H., Jiang, J., Ren, Y., Hu, S., Hertwich, E., & Zhu, B. «Tracing Fossil-Based Plastics, Chemicals and Fertilizers Production in China.» *Nature Communications*, May 2024. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-47930-0>.
- (24) United Nations Environment Programme (UNEP). *Emissions Gap Report 2024*
- (25) Kraft, P., & Elterlein, F., Bugdahn, N. "Sniffing Out the Sustainable Future: The Renewability Revolution in Fragrance Chemistry" *Chemistry Europe*, Volume 30, Issue 19, April 2024 e202400006
- (26) Bochon, A. "Code of Research and Technological Development", *Larcier*, 2023
- (27) Orfali, D. M., Meramo, S., & Sukumara, S. «Ranking Economic and Environmental Performance of Feedstocks Used in Bio-Based Production Systems.» *Current Research in Biotechnology*, vol. 9, 2025, Article 100275.
- (28) García, J. L., & Galán, B. «Integrating Greenhouse Gas Capture and C1 Biotechnology: A Key Challenge for the Circular Economy.» *Microbial Biotechnology*, vol. 15, no. 1, 2021, pp. 228–239. doi:10.1111/1751-7915.13991.
- (29) Orsi, E., Nikel, P. I., Nielsen, L. K., & Donati, S. «Synergistic Investigation of Natural and Synthetic C1-Trophic Microorganisms to Foster a Circular Carbon Economy.» *Nature Communications*, October 2023. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-42166-w>
- (30) Lecourt, M. & Antoniotti, S. "Chemistry, Sustainability and Naturality of Perfumery Biotech Ingredients." *ChemSusChem* 13, 5600-5610 (2020).
- (31) World Bank. *Global Gas Flaring Tracker Report*, June 2024.