

La vanille et la biologie synthétique

Une étude de cas

PRODUIT : L'arôme naturel et la fragrance naturelle de vanille sont obtenus à partir des gousses séchées de l'orchidée du genre *Vanilla*.

ÉTAT DE LA SITUATION : L'entreprise suisse de biologie synthétique Evolva a établi un partenariat avec le géant de l'industrie étasunien International Flavors & Fragrances (IFF) afin de concevoir des voies métaboliques microbiennes permettant de produire les composés aromatiques clés retrouvés dans la vanille.

PAYS AFFECTÉS : Le nombre de personnes travaillant annuellement à la production de gousses de vanille séchées est estimé à 200 000. Historiquement, Madagascar, les Comores et la Réunion sont à l'origine d'environ les trois quarts de la production mondiale de gousses de vanille. Les autres producteurs comprennent : l'Indonésie, la Chine, le Mexique, l'Ouganda, la République démocratique du Congo, la Tanzanie, la Polynésie française, le Malawi, les Tonga, la Turquie et l'Inde.

MARCHÉ : Le marché mondial de la vanille, qu'elle soit d'origine naturelle ou dérivée de la chimie (vanilline), est évalué à environ 650 millions de dollars. Il est prévu que le commerce mondial des gousses de vanille atteigne une valeur de 150 millions de dollars en 2013. Pour les consommateurs, la vanille naturelle se vend à plusieurs milliers de dollars le kilogramme, alors que la vanilline synthétique se vend pour quelques dizaines de dollars.

COMMERCIALISATION :

Evolva et IFF accroissent actuellement leur production et sont en voie de commercialiser un arôme de vanille biosynthétique en 2014¹.

Bien que l'industrie proclame haut et fort qu'elle s'engage à s'approvisionner en matières premières de manière éthique et durable, les plus importants



« Les voies biosynthétiques ont le potentiel de remplacer complètement n'importe quelle source naturelle. »

Kalib Kersh, analyste de l'industrie, cité dans *Chemical and Engineering News*, 16 juillet 2012²

producteurs d'arômes et de fragrances (ex. Givaudan, Firmenich et IFF) établissent des partenariats avec des entreprises de biologie synthétique afin de mettre au point de nouvelles plateformes de fabrication – des « usines cellulaires microbiennes » – pour la biosynthèse de molécules à haute valeur ajoutée servant d'arômes et de fragrances. Cela pourrait réduire drastiquement les importations botaniques et exclure des centaines de milliers de petits agriculteurs, particulièrement dans les tropiques, des chaînes d'approvisionnement en produits de base.

Si les organismes de réglementation gouvernementaux autorisent les entreprises à commercialiser de nouveaux produits issus de la biologie synthétique comme étant des produits « naturels », les consommateurs ne sauront jamais si les arômes ou les fragrances qu'ils achètent proviennent de petits agriculteurs dans les tropiques ou d'énormes cuves de fermentation dans des usines du Nord.

¹ Site web d'Evolva : www.evolva.com/products/vanilla#sthash.x0PLnUHO.dpuf. Dernier accès le 13 novembre 2013.

² Melody Bomgardner, « The Sweet Smell of Microbes », *Chemical and Engineering News*, 16 juillet 2012, p. 26.

Grâce à ses cuves de fermentation, la plateforme de la biologie synthétique a le potentiel de garantir un approvisionnement ininterrompu, à l'échelle industrielle, de composés aromatiques, fragrant ou pharmaceutiques à forte valeur ajoutée. Il n'est ainsi plus nécessaire de s'approvisionner en matières végétales auprès des millions d'agriculteurs des pays du Sud. Comparées aux familles d'agriculteurs dont le mode de subsistance dépend de la culture et de l'exportation de produits botaniques à forte valeur ajoutée, les usines cellulaires microbiennes sont moins contraintes par la géographie, les événements climatiques extrêmes, les mauvaises récoltes et la volatilité des prix.

Les communautés agricoles des pays du Sud pourraient être affectées par la production biosynthétique d'arômes et de fragrances à forte valeur ajoutée. Par exemple, l'un des plus importants producteurs commerciaux d'arômes et de fragrances, l'entreprise suisse Firmenich, achète annuellement plus de 1 000 produits naturels issus de 170 familles botaniques provenant de plus d'une cinquantaine de pays³. Givaudan (Suisse), la plus importante entreprise d'arômes et de fragrances au monde, s'approvisionne annuellement en plus de 10 000 ingrédients provenant des quatre coins du monde⁴. En 2012, Symrise (Allemagne), le quatrième plus important fournisseur d'arômes et de fragrances, a acheté 202 000 tonnes de matières premières provenant de plus d'une centaine de pays pour les transformer.

Extraite à partir de la gousse de l'espèce d'orchidée *Vanilla planifolia*, la vanille naturelle possède un arôme complexe constitué de plus de 150 composés aromatiques. Parmi ceux-ci, la « vanilline » constitue le plus important. En raison du prix élevé des gousses de vanille, les entreprises d'arômes et de fragrances ont depuis longtemps recours à la chimie pour produire de la vanilline synthétisée chimiquement, qui est moins coûteuse. Bien que la vanille synthétisée chimiquement représente actuellement 97 % de tout l'arôme de vanille utilisé commercialement⁶, ce produit artificiel n'est pas parvenu à reproduire de manière fidèle le

En 2012, le marché mondial des arômes et des fragrances valait 23 milliards de dollars. Les quatre plus importantes entreprises de ce secteur contrôlent 56 % du marché mondial des arômes et des fragrances⁵.

goût complexe de la vanille naturelle – qui est toujours en forte demande.

La vanille naturelle extraite des gousses séchées de l'orchidée du genre *Vanilla* est coûteuse, étant ultimement vendue aux consommateurs à plusieurs milliers de dollars le kilogramme. Au contraire, la vanilline synthétique, fabriquée à partir du phénol ou de résidus de pâte de bois contenant de la lignine, coûte généralement entre 10 et 20 \$ le kilogramme. Le marché mondial de la vanilline synthétisée chimiquement représente environ 15 000 à 16 000 tonnes par année, alors que le marché de la vanille naturelle ne représente annuellement que 50 tonnes⁷. Les spécialistes de la biologie synthétique utilisent maintenant un procédé complexe de génie génétique pour modifier certaines voies métaboliques chez la levure afin qu'elle produise de la vanilline biosynthétique dans des cuves de fermentation industrielles⁸. Les séquences de gènes construites artificiellement ne comprennent pas seulement des gènes de levure, mais également de bactéries, de moisissures, de plantes et d'humain.

Modes de subsistance en danger

À travers le monde, ce sont approximativement 200 000 personnes qui prennent part annuellement à la production de gousses de vanille séchées⁹. Les analystes de l'industrie prévoient que le marché mondial des exportations de gousses de vanille atteindra une valeur estimée à 150 millions de dollars en 2013 – les producteurs africains représentant environ 64 % du marché total des exportations¹⁰.

La production de vanille naturelle à partir des gousses de vanille demande beaucoup de travail : il faut environ 500 kg de gousses de vanille et la pollinisation manuelle d'environ 40 000 fleurs pour produire un seul

³ Communiqué de presse de Firmenich. *Firmenich CEO confirms long-term commitment to farmers in Haiti*. 4 avril 2013. www.firmenich.com

⁴ Anonyme. « 2013 flavor and fragrance leaderboard ». *Perfumer and Flavorist*, vol. 38, juin 2013.

⁵ *Ibid.*

⁶ La vanilline synthétique est généralement produite à partir du phénol ou de la pâte de bois contenant de la lignine.

⁷ Robin Wyers. « Bringing sustainability to vanillin ». *The World of Food Ingredients*, septembre 2011. www.foodingredientsfirst.com

⁸ Hansen, E. H., B. L. Møller, G. R. Kock, C. M. Bunner, C. Kristensen, O. R. Jensen, F. T. Okkels, C.E. Olsen, M. S. Motawia et J. Hansen. « De novo biosynthesis of vanillin in fission yeast (*Schizosaccharomyces pombe*) and baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) ». *Applied and Environmental Microbiology*, 75, 2009, pp. 2765-2774.

⁹ Communication personnelle avec Michel Grisoni du CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement), basé à la Réunion. Toutes les estimations se rapportant à la production de vanille et les informations sur les pratiques agronomiques ont été fournies par Michel Grisoni.

¹⁰ Parker, Philip M. 2013. *The world market for vanilla beans: A 2013 global trade perspective*. INSEAD. www.icongrouponline.com

kilo de vanille¹¹. Madagascar et d'autres pays insulaires situés dans l'Océan indien (Comores, Réunion) sont historiquement à l'origine d'environ les trois quarts de la production mondiale de gousses de vanille. Aujourd'hui, ces pays dominent encore ce marché. La production et la transformation des gousses de vanille constituent des activités commerciales vitales au sein de systèmes agroforestiers où il n'existe que peu d'autres sources de revenus.

À Madagascar, il est estimé que 80 000 familles cultivent l'orchidée du genre *Vanilla* sur environ 30 000 hectares. Aux Comores, ce sont environ 5 000 à 10 000 familles qui dépendent de la production de gousses de vanille. Au Mexique, centre d'origine géographique de la vanille, approximativement 10 000 familles cultivent l'orchidée *Vanilla*¹².

Dans ces pays, le système de culture de la vanille est vital au maintien et à la pérennité des zones agroforestières (surtout exploitées selon les pratiques de l'agriculture biologique). Les lianes de l'orchidée *Vanilla* ont besoin de l'ombre et du support que leur procure la forêt tropicale, et demandent d'importants efforts pour être cultivées, récoltées et transformées.

Environ 8 000 familles d'Afrique centrale (Ouganda, République démocratique du Congo, Tanzanie) dépendent de la production de gousses de vanille. Au cours des dernières années, l'Indonésie et la Chine sont devenues d'importants pays producteurs de gousses de vanille. Les autres producteurs de gousses de vanille comprennent la Polynésie française, le Malawi, les Tonga, la Turquie et l'Inde.

¹¹ Hansen et coll. *De novo biosynthesis of vanillin*.

¹² Selon les informations compilées par ETC Group, ce nombre comprend au moins 4 000 fermes familiales situées à Veracruz, 4 000 à Puebla et au moins 1 000 à Oaxaca. Outre les producteurs commerciaux, ce nombre inclut les familles d'agriculteurs qui se consacrent à la culture et à la conservation de l'orchidée *Vanilla* suivant leur identité traditionnelle, leur culture et leurs pratiques agroforestières durables.

Retenons

En 2009, les chercheurs travaillant avec l'entreprise de biologie synthétique suisse Evolva ont décrit la création d'une voie métabolique afin de produire de la vanilline *de novo* à partir du glucose chez deux souches de levures, ainsi qu'une autre voie métabolique faisant appel à des gènes de bactéries, de moisissures, de plantes et à des versions synthétiques de gènes humains¹³.

- 2010 – Evolva conclut une entente de quatre ans avec le conseil de recherche stratégique du gouvernement danois afin de mettre au point une voie environnementalement durable pour produire de la vanilline biosynthétique.

- Janvier 2011 – Evolva et International Flavors & Fragrances (IFF) inaugurent un partenariat pour commercialiser une voie biosynthétique pour produire de la vanilline.

- Février 2013 – Evolva et IFF annoncent qu'ils augmentent leur production de vanilline biosynthétique et qu'ils seront en mesure de la commercialiser en 2014.

En 2009, le marché mondial de la vanille et de la vanilline – incluant les sources naturelles, synthétiques et artificielles – avait une valeur estimée de 650 millions de dollars. Evolva croit que sa vanilline fabriquée par fermentation peut s'appropriier jusqu'à 360 millions de dollars du marché mondial¹⁴. La voie métabolique mise au point par l'entreprise, qui fait appel à la fermentation accomplie par des levures, produit de la vanilline à un prix qui reste compétitif par rapport à la vanilline artificielle la plus coûteuse sur le marché actuel¹⁵. Selon le chef de la direction d'Evolva, Neil Goldsmith, « 99 % de la vanilline que nous

¹³ Hansen et coll. *De novo biosynthesis of vanillin*.

¹⁴ Communication personnelle avec le chef de la direction d'Evolva, Neil Goldsmith, 5 octobre 2011.

¹⁵ Communication personnelle avec le chef de la direction d'Evolva, Neil Goldsmith, 5 octobre 2011. Un courriel envoyé par Neil Goldsmith le 10 octobre 2013 confirme que cette information est toujours valable.

consommons tous proviennent de produits pétrochimiques ou de pâte à papier traitée chimiquement. Si nous pouvons offrir une autre manière qui est plus durable et qui engendre un produit de meilleure qualité, alors nous croyons que cela est bénéfique¹⁶. »

Evolva reconnaît que l'arôme de sa vanilline biosynthétique n'égale pas celui issu des gousses de vanille séchées. Toutefois, elle affirme que le goût de la vanilline produite à partir de levures modifiées est plus complexe et plus près de celui de l'arôme naturel de vanille que ne l'est la vanilline artificielle¹⁷.

Ultimement, le succès commercial de la vanilline biosynthétique ne dépend pas seulement de son prix compétitif et de son arôme, mais également de son étiquetage. Les clients d'IFF – soit les entreprises alimentaires qui utilisent de la vanilline dans les produits de boulangerie, les confiseries, les produits laitiers et les boissons – seront-ils autorisés à présenter la vanilline biosynthétique sur leurs étiquettes comme étant un ingrédient naturel? Comme l'a récemment mentionné le directeur de la R et D chez IFF au *New York Times*, « [l]a demande pour les produits naturels est un facteur clé¹⁸. » Un récent précédent suggère que la vanilline biosynthétique produite par fermentation pourra être étiquetée comme étant un produit naturel : le géant de la chimie Solvay (Belgique) fabrique déjà de la vanilline par la fermentation d'acide férulique dérivé du son de riz. Or, les organismes de réglementation gouvernementaux permettent à Solvay d'étiqueter sa vanilline obtenue par fermentation comme « aromatisant naturel », « arôme naturel » ou « arôme naturel de vanille » (Union européenne), ou encore comme « vanilline dérivée d'un procédé naturel » (États-Unis)¹⁹.

Evolva envisage de fabriquer plusieurs molécules entrant dans la composition du goût complexe de la vanille naturelle. Bien qu'Evolva insiste sur le fait que sa vanilline biosynthétique n'a pas été conçue pour concurrencer les gousses de vanille cultivées par les agriculteurs, elle a le potentiel d'offrir un substitut d'origine biologique qui s'appropriera inévitablement une certaine part du marché de l'arôme de vanille naturel obtenu à partir des gousses.

¹⁶ Communication par courriel avec Neil Goldsmith, chef de la direction d'Evolva, 10 octobre 2013.

¹⁷ Communication personnelle avec le chef de la direction d'Evolva, Neil Goldsmith, 5 octobre 2011. Un courriel envoyé par Neil Goldsmith le 10 octobre 2013 confirme que cette information est toujours valable.

¹⁸ Andrew Pollack. « What's that smell? Exotic scents made from reengineered yeast ». *New York Times*, 20 octobre 2013.

¹⁹ www.rhodia.com/en/binaries/Rhovani_Natural_Highlight_2013.pdf

Vraie ou artificielle?

L'industrie des arômes et des fragrances s'engage à s'approvisionner en vanille d'une manière durable et éthique

International Flavors & Fragrances : Dans les mois qui ont suivi l'annonce qu'elle était sur la voie de commercialiser sa vanilline biosynthétique, IFF a publié en 2013 son rapport sur la durabilité, affirmant son engagement envers la « vanille naturelle éthique » – soit l'achat de vanille auprès d'agriculteurs qui adhèrent à des lignes directrices strictes en matière de durabilité²⁰. IFF veut s'assurer que les agriculteurs qui l'approvisionnent en gousses de vanille naturelle ont recours à des pratiques de production durables. Toutefois, l'entreprise finance simultanément la mise au point d'un nouveau procédé de biosynthèse (tout en clamant son monopole sur les brevets y étant rattachés) qui pourra nuire ou faire disparaître le mode de subsistance de centaines de milliers de petits agriculteurs – littéralement du jour au lendemain.

Givaudan : « L'approvisionnement durable en matières premières fait partie intégrante de nos opérations, en plus de constituer l'un de nos piliers stratégiques et d'être un élément de notre programme sur la durabilité. Notre programme d'approvisionnement éthique en vanille à Madagascar implique d'améliorer la traçabilité, d'aider les agriculteurs à faire certifier leurs produits biologiques et à soutenir des projets de construction d'écoles²¹. »

Firmenich : Firmenich a commencé à commercialiser une vanille Bourbon provenant de fermes certifiées par Rainforest Alliance. Firmenich a travaillé avec un partenaire local à Madagascar afin d'aider une coopérative de production de gousses de vanille rassemblant plus de 1300 familles en provenance de 38 villages à se faire accorder sa certification par la Rainforest Alliance²².

²⁰ IFF. 2013. *Moving forward, our sustainability report 2012*. <http://www.iff.com>

²¹ Givaudan. 2012. *Annual Report*. <http://www.givaudan.com>

²² Communiqué de presse de Firmenich. *Firmenich Becomes the First Flavor House to Offer Rainforest Alliance Certified™ Vanilla*. 27 mars 2013. <http://www.firmenich.com>

Propriété intellectuelle liée à la biosynthèse de la vanille

Entreprise	Numéro de brevet ou d'application	Titre	Date de publication
International Flavors & Fragrance/Evolva	WO2013022881 A8 (application)	Compositions et procédés de biosynthèse de la vanilline	21 mars 2013
Evolva SA	US8105786	Procédé pour la production d'un composé organique de faible poids moléculaire dans une cellule	31 janvier 2012
Evolva SA	EP2388333A3	Procédé pour la production d'un composé organique de faible poids moléculaire dans une cellule	4 avril 2012



Pour plus d'information :

Ressources en ligne sur la biologie synthétique préparées par ETC Group :

www.etcgroup.org/issues/synthetic-biology