

Impacts potentiels de la biologie synthétique sur les communautés agricoles haïtiennes productrices d'huiles essentielles



Impacts potentiels de la biologie synthétique sur les communautés agricoles haïtiennes productrices d'huiles essentielles

Rapport préparé par le Groupe ETC Octobre 2016



Le Groupe ETC

...travaille pour aborder les problèmes socio-économiques ainsi que écologiques entourant les nouvelles technologies qui pourraient avoir un impact sur la population plus pauvre et les plus vulnérable au monde. Nous examinons l'érosion écologique (y compris l'érosion des cultures et des droits de l'homme); le développement de nouvelles technologies (en particulier agricoles, mais aussi d'autres technologies qui travaillent avec la génomique et la matière); et nous surveillons les questions de gouvernance mondiale, y compris la concentration et le commerce dans le domaine technologique. Nous opérons au niveau politique mondial. Nous travaillons en étroite collaboration avec des organisations de la société civile (OSC) partenaires et avec les mouvements sociaux, en particulier en Afrique, en Asie et en Amérique latine.

www.etcgroup.org

Photos de Couverture: Oranger amer (cc) Zeynel Cebeci; l'amyris (cc) Gail Hampshire; et plantes de vétiver (cc) Josuah.

ETC est reconnaissante à la Fondation 11th Hour pour le soutien financier dans la recherche et la rédaction de ce rapport.



Publié en Octobre 2016

Des recherches supplémentaires par:
Nydia Dauphin, Kathy Jo Wetter,
Hope Shand.

Conception graphique: Stig

Table des matières

Sommaire : Haïti, huiles essentielles et biologie synthétique	4
I. Mise en contexte : la biologie synthétique et l'industrie mondiale des arômes et des fragrances	6
Qu'est-ce que la biologie synthétique?	6
Encadré 1 : Avantages de la biologie synthétique pour l'industrie	8
L'industrie mondiale des arômes et des fragrances	8
Graphique 1 : Parts du marché détenues en 2013 par les différentes entreprises de l'industrie des arômes et des fragrances	9
Tableau 1 : Entreprises de biologie synthétique et produits ciblés par les entreprises de l'industrie des arômes et des fragrances	10
II. Le commerce des huiles essentielles en Haïti	11
Contexte géopolitique du commerce des huiles essentielles en Haïti	11
Encadré 2 : Note sur les impacts de l'embargo contre Haïti imposé par l'Organisation des États américains entre 1991 et 1994	12
Tableau 2 : Principaux produits exportés par Haïti en 2012	12
Le vétiver	13
Le vétiver haïtien et l'industrie des arômes et des fragrances	14
L'oranger amer	16
L'amyris (santal des Indes occidentales)	17
III. Les cultures haïtiennes productrices d'huiles essentielles et la biologie synthétique	19
Le vétiver et la biologie synthétique	19
Tableau 3 : Brevets d'Allylix sur la biosynthèse du vétiver (maintenant) détenus par Evolva)	20
Où en sont actuellement les travaux de R et D d'Evolva sur EpivoneMD, le composé associé au vétiver?	20
L'oranger amer et la biologie synthétique	21
L'amyris (santal des Indes occidentales) et la biologie synthétique	22
Encadré 3 : Mise en perspective historique des avancées de la biologie synthétique : technologie, modes de subsistance et commerce des produits végétaux	23
Conclusion	25
Prochaines étapes à envisager	27
Notes	28

Sommaire :

Haïti, huiles essentielles et biologie synthétique

La biologie synthétique est employée pour créer une plateforme destinée à la production d'arômes et de fragrances prétendument « naturelles » — incluant les huiles essentielles extraites à partir de plantes retrouvées en Haïti. Les entreprises de biologie synthétique visent à produire de petites quantités de composés aromatiques ou odoriférants à forte valeur ajoutée à partir de microorganismes modifiés, qu'elles présentent comme étant une solution de rechange aux coûteux produits végétaux importés ou à leurs succédanés obtenus par synthèse chimique. Prenant acte de cet état de choses, le présent rapport de recherche tente de répondre aux deux questions cruciales suivantes : Le marché haïtien des huiles essentielles est-il menacé par les travaux actuels de R et D dans le domaine de la biologie synthétique? Les modes de subsistance des communautés agricoles haïtiennes sont-ils compromis par ces progrès?

Les huiles essentielles constituent les produits agricoles d'exportation les plus lucratifs pour Haïti, leur valeur totalisant 16 millions de \$ US en 2012¹. Haïti occupe le 30^e rang des pays exportateurs d'huiles essentielles, mais ce classement mondial ne permet aucunement d'apprécier toute l'importance des huiles essentielles pour l'économie de la petite agriculture ni pour l'industrie des arômes et des fragrances. Haïti constitue l'unique source mondiale d'huile de vétiver de haute qualité, ce pays étant à l'origine de 50 % de la production mondiale, estimée à 250 tonnes par année. Quelque 30 000 agriculteurs du sud-ouest d'Haïti cultivent le vétiver sur de petites parcelles de terre; par ailleurs, la subsistance de plusieurs autres personnes dépend également de la production et de la transformation de cette plante herbacée.

Notre rapport analyse l'état actuel des travaux de R et D dans le domaine de la biologie synthétique ainsi que les impacts potentiels que ces travaux pourraient avoir sur la production des huiles essentielles les plus importantes pour Haïti : 1) l'huile de vétiver; 2) l'huile d'orange amère; et 3) l'huile d'amyris (santal des Indes occidentales).

Les arômes et les fragrances obtenus par l'entremise de la biologie synthétique sont en fait des composés produits par de nouvelles technologies de fermentation industrielle faisant appel à des microorganismes modifiés.

Il a été démontré qu'il était possible d'obtenir certains composés à forte valeur ajoutée par l'entremise de la biologie synthétique. Par exemple, l'artémisinine d'Amyris, la vanilline d'Evolvea et le valencène du partenariat formé par Isobionics et DSM sont déjà sur le marché, et de nombreux autres produits sont en voie d'élaboration. La réglementation actuellement en vigueur en Union européenne et aux

États-Unis autorise que ces produits biosynthétiques (c.-à-d. provenant de la fermentation ou d'autres procédés microbiologiques, et qui sont considérés comme étant des auxiliaires de procédé par la réglementation) soient identifiés comme étant des ingrédients ou des produits « naturels », ce qui leur permet de concurrencer les composés extraits de végétaux ainsi que leurs versions obtenues par synthèse chimique.

S'ils parviennent à percer sur le marché, les organismes engendrés par la biologie synthétique ont le potentiel de déstabiliser les marchés traditionnels des arômes et des fragrances, de perturber leur commercialisation et de supprimer des emplois. Les travailleurs agricoles de pays tels qu'Haïti, où les autres sources de revenus sont rares, pourraient subir de lourdes conséquences négatives si le marché des huiles essentielles se trouvait à être renversé par la plateforme de production que propose la biologie synthétique. Ces travailleurs ne bénéficient d'aucun filet social et ne sont pas en mesure de se recycler rapidement en acquérant de nouvelles compétences ou en pratiquant d'autres cultures de base.

Les arômes et les fragrances obtenus par l'entremise de la biologie synthétique sont en fait des composés produits par de nouvelles technologies de fermentation industrielle faisant appel à des microorganismes modifiés.

En ce qui concerne l'huile de vétiver, nous avons recensé une seule entreprise — Evolva — dont les brevets lui permettent de recourir à la biologie synthétique pour produire des molécules associées à extrait végétal. En 2015, Evolva a indiqué à ETC Group qu'elle ne menait pas de travaux de R et D en vue de commercialiser ses composés brevetés associés au vétiver, et qu'il était peu probable qu'elle le fasse ultérieurement. Nous croyons qu'Evolve est en train de faire marche arrière sous l'effet de différentes pressions défavorables : l'importante attention médiatique entourant le tremblement de terre en Haïti et le soutien d'initiatives hautement visibles mises sur pied par la Fondation Clinton et d'autres organisations qui mettent l'accent sur des projets de culture du vétiver afin de soutenir les petits agriculteurs haïtiens; les questions incessantes d'ETC Group au sujet de la situation d'Evolve; et la mise en place de campagnes (lancées par les AmiEs de la Terre et soutenues par ETC Group) destinées à accroître la sensibilisation des consommateurs et leur opposition à la vanilline biosynthétique d'Evolve en raison de ses impacts négatifs potentiels sur les petits agriculteurs. En conséquence de ces pressions, Evolve pourrait avoir remis en cause le fait que son nom était lié aux composés associés au vétiver, considérant qu'il s'agissait d'un défi en matière de relations publiques, sans compter que cette production détournait l'entreprise de ses produits de plus grande importance stratégique. (Il est en outre possible que la technologie employée, bien que brevetable, ne soit pas parvenue à produire un succédané de fragrance de vétiver commercialisable.)

Bien qu'ils ne fassent actuellement pas l'objet de travaux de R et D, rien ne garantit que des composés odoriférants associés au vétiver ne deviennent pas un jour la cible d'Evolve ou d'autres entreprises de biologie synthétiques.



Photo(cc) RDECOM

La plateforme de production biosynthétique est bien réelle, croît rapidement, a déjà causé son lot de préjudices et représente une sérieuse menace à l'économie et aux modes de subsistance des producteurs de nombreux produits végétaux naturels.

Au moment même où les géants de l'industrie des arômes et des fragrances (p. ex., Givaudan, Firmenich) appuient des initiatives très médiatisées pour aider les communautés agricoles à cultiver des plantes aromatiques et odoriférantes (dont la culture du vétiver en Haïti), ils financent la R et D dans le domaine de la biologie synthétique. Au moins six des dix plus grandes entreprises d'arômes et de fragrances au monde ont établi des partenariats de R et D avec des entreprises de biologie synthétique (et il est fort probable que certaines alliances n'ont pas été rendues publiques).

La plateforme de production biosynthétique est bien réelle, croît rapidement, a déjà causé son lot de préjudices et représente une sérieuse menace à l'économie et aux modes de subsistance des producteurs de nombreux produits végétaux naturels. Cela ne veut pas nécessairement dire que les procédés de la biologie synthétique (parfois appelés modification de voies métaboliques ou fermentation microbienne avancée) seront techniquement et économiquement viables dans le cas de tous les composés aromatiques ou odoriférants. Et cela ne veut pas dire non plus que les marchés pour les arômes et les fragrances naturelles extraites de plantes s'effondreront. En raison du secret notoire qui entoure l'industrie des arômes et des fragrances, un certain nombre d'entreprises de biologie synthétique n'a pas divulgué les composés aromatiques ou odoriférants particuliers sur lesquels elles mènent actuellement des travaux de R et D.

Sous la réglementation en matière d'étiquetage actuellement en vigueur en Union européenne et aux États-Unis, les consommateurs n'ont aucun moyen de savoir si les huiles essentielles, les arômes ou les fragrances dits « naturels » qu'ils se procurent proviennent de plantes ou de microorganismes biosynthétiques. **Très peu de consommateurs savent en fait que la mention « produit naturel » s'applique également aux arômes et aux fragrances sécrétées par des microorganismes modifiés au cours d'un procédé de fermentation industrielle.**

I. Mise en contexte : la biologie synthétique et l'industrie mondiale des arômes et des fragrances

Qu'est-ce que la biologie synthétique?

Surnommée « génie génétique dopé aux stéroïdes », la biologie synthétique implique généralement l'utilisation du génie biologique assisté par ordinateur pour concevoir et fabriquer des parties vivantes, dispositifs ou systèmes synthétiques qui jusqu'alors, n'existaient pas dans la nature. Ce terme implique également le réaménagement intentionnel d'organismes biologiques existants par l'entremise des mêmes techniques. La biologie synthétique tente d'apporter une approche d'ingénierie prédictive aux transformations génétiques d'organismes vivants en utilisant des « parties » génétiques qui sont jugées bien différenciées et qui possèdent un comportement rationnellement prévisible.

« L'objectif général de la biologie synthétique est de simplifier le génie biologique en appliquant à la biologie des principes et des modèles empruntés au génie — qui proviennent du génie électronique et informatique². »

Au cours des dernières décennies, avant que ne survienne la chute du prix du pétrole sur les marchés mondiaux, des entreprises de biologie synthétique en démarrage (soutenues financièrement par les grandes entreprises de combustibles fossiles) ont affirmé avec emphase vouloir employer leurs microorganismes synthétiques pour produire d'abondantes quantités de biocarburants dans d'énormes cuves de fermentation. La fabrication de substituts aux produits pétrochimiques s'est toutefois révélée décevante. De nos jours, alors que les marchés énergétiques vacillent, la plupart des entreprises de biologie synthétique ont renoncé aux biocarburants pour se tourner vers la fabrication de molécules aromatiques et odoriférantes à forte valeur ajoutée, qui peuvent être produites de manière économiquement viable en quantités plus faibles que les biocarburants³.

En raison de leur diversité, les plantes et les animaux — notamment en milieu tropical — sont source d'arômes et de fragrances naturels depuis des millénaires. Les plantes, les animaux et les microorganismes sont de prolifiques producteurs de composés aromatiques et odoriférants appelés « métabolites secondaires » qui, une fois extraits, sont grandement employés en alimentation humaine et animale, en cosmétologie, en chimie et en pharmacologie.

Préoccupées par l'incertitude croissante que laissent planer les changements climatiques sur la production de ces précieuses molécules naturelles, et séduites par la possibilité de garantir une source de rechange abordable, constante et plus facilement accessible, les plus grandes entreprises mondiales d'arômes alimentaires et de fragrances sont impatientes de collaborer avec les entreprises de biologie synthétique. Ainsi, plutôt que de dépendre de coûteuses importations de composés végétaux ou de la synthèse chimique classique, le recours à la biologie synthétique vise la production d'arômes et de fragrances à forte valeur ajoutée à l'aide de microorganismes de synthèse. La plateforme biosynthétique permet de créer de nouvelles voies génétiques qui modifient le métabolisme des microorganismes de manière à ce que ceux-ci produisent des molécules qui traditionnellement, étaient extraites de plantes. Les scientifiques et les ingénieurs informatiques manipulent l'ADN de microorganismes naturels existants ou créent de nouvelles formes de vie à partir de composantes génétiques de base. Pour citer Kalib Kersh, un analyste de l'industrie à Lux Research : « Les voies biosynthétiques ont le potentiel de remplacer complètement n'importe quelle source naturelle⁴. »

« *Les voies biosynthétiques ont le potentiel de remplacer complètement n'importe quelle source naturelle.* »
– Kalib Kersh, Lux Research,⁴

S'appuyant sur les avancées de la biologie moléculaire et du génie moléculaire, les chercheurs tentent de décrypter avec précision l'information cellulaire qui mène à la production de molécules bioactives chez les organismes vivants. Or, les processus métaboliques menant à la production de composés végétaux naturels demeurent excessivement complexes. Par exemple, chez une espèce de plante couramment employée en biologie végétale, *Arabidopsis thaliana* (également connue sous les noms d'arabette des dames ou d'arabette de Thalius), au moins 20 % des gènes joueraient un rôle dans la biosynthèse de métabolites secondaires⁵. Les interactions complexes qui surviennent entre les gènes et les enzymes jouent toutes un rôle au sein des « voies métaboliques » d'une plante — c.-à-d. les processus par lesquels cette plante produit des composés chimiques utiles.



Haiti et ses voisins Carte (cc) Wikipedia

À l'aide du « génie métabolique », les spécialistes de la biologie synthétique transforment les microorganismes en « usines chimiques vivantes » qui peuvent être stimulées pour produire des substances qu'ils ne sont pas en mesure de produire naturellement.

Actuellement, les entreprises de biologie synthétique se concentrent sur les voies métaboliques les mieux caractérisées comme celles menant à production de terpénoïdes, de polycétides et d'alcaloïdes, qui ouvrent la porte à la production de dizaines de milliers de molécules appartenant à diverses familles de produits naturels. Afin d'accroître le volume de production d'un composé donné, la nouvelle voie de biosynthèse (construite à partir d'ADN de synthèse) est insérée dans un microorganisme hôte (une souche de levure, de bactérie, de mycète ou d'algue, par exemple) qui sera nourri de glucides végétaux dans d'énormes cuves de fermentation (p. ex., 200 000 litres).

Il n'y a rien de vraiment nouveau à modifier des microorganismes à des fins industrielles. Toutefois, les entreprises de biologie synthétique se servent des principes du génie informatique et de systèmes robotiques hautement automatisés pour accélérer ce travail. Lors d'une opération essentiellement aléatoire, des systèmes robotiques contrôlés par des logiciels conçoivent, fabriquent, testent et analysent des séquences d'ADN et des composés actifs afin de cerner ceux qui sont prometteurs, pour ensuite optimiser leurs mécanismes de production biomoléculaires dans les microorganismes. Malgré l'ahurissante complexité des systèmes biologiques, les spécialistes de la biologie synthétique se comparent à des créateurs de produits industriels : « Cette stratégie de conception peut être comparée à la construction de millions de variantes d'usine chimique, puis à la sélection ou au criblage des variantes de systèmes de contrôle qui ont le meilleur rendement, pour rejeter toutes les autres et ne conserver qu'une ou deux des variantes les plus productives⁶. »

Une entreprise de biologie synthétique affirme que ses employés sont des « créateurs d'organismes », qui ne travaillent pas dans un laboratoire, mais bien plutôt dans une « fonderie⁷ ».

« En essence, notre technologie s'inspire de ce qui existe dans la nature et le reproduit d'une manière durable et uniforme par la fermentation, ce qui nous permet d'offrir à une entreprise d'arômes et de fragrances une toute nouvelle plateforme à partir de laquelle innover [...] tant et aussi longtemps que nous pouvons l'introduire dans notre plateforme microbienne et nous servir de sucre à titre de matière première, la fiabilité n'est pas un problème. » — Ena Cratsenburg, vice-présidente du développement commercial, Amyris⁸.

Selon les mots de Bryan Johnson, un investisseur en capital de risque qui a créé OS Fund, le but ultime de la biologie synthétique est de prendre le contrôle de la biologie pour la rendre prévisible : « Nous n'en sommes pas encore rendus là avec la biologie – Je ne peux pas simplement m'asseoir et me mettre à programmer un code génétique capable d'engendrer un résultat particulier à une échelle plus complexe. J'estime que la biologie offre à l'humanité le plus vaste et le plus important code de base. Ce qui nous empêche de faire un bon usage de celui-ci est notre capacité à le rendre prévisible⁹. »

Malgré cette rhétorique technologique, la conception et le contrôle d'organismes synthétiques n'ont rien de tâches routinières; elles demeurent très compliquées et très coûteuses, comme le montrent les deux exemples suivants :

- **Des chercheurs d'Amyris** (Californie) ont réussi à modifier les voies métaboliques d'une levure afin qu'elle produise de l'acide artémisinique, un précurseur de l'artémisinine. Cette dernière substance constitue un médicament antipaludique efficace, et est normalement obtenue à partir de l'armoise annuelle qui pousse en Chine¹⁰. Cette modification a nécessité l'intervention d'au moins 12 nouvelles constituantes génétiques synthétiques¹¹, et l'investissement de plus de 53 millions de \$ en fonds de recherche¹².
- **Evolva** (Suisse) a commercialisé une plateforme de biosynthèse brevetée faisant appel à une levure capable de produire de la vanilline — un composé aromatique clé entrant dans la composition de la vanille naturelle. En 2009, les chercheurs ont révélé que cette voie métabolique de novo implantée dans la levure comprenait des gènes de bactérie, de moisissure, de plante et d'humain¹³.

Ces deux produits sont maintenant sur le marché.

Encadré 1 : Avantages de la biologie synthétique pour l'industrie des arômes et des fragrances

La plateforme de biologie synthétique pourrait offrir deux importants avantages à l'industrie des arômes et des fragrances :

1) La possibilité d'assurer un approvisionnement uniforme et ininterrompu en matières premières à haute valeur ajoutée à partir de cuves de fermentation. Autrement dit, les entreprises n'auraient plus besoin de se soucier du climat, des conditions météorologiques, des mauvaises récoltes, de la volatilité des prix, de la précarité du contexte politique, ou de tout autre problème qui pourrait compromettre l'approvisionnement en matières premières à partir d'agriculteurs ou d'autres fournisseurs éloignés.

2) Le droit, conféré par les réglementations actuellement en vigueur aux États-Unis et en Europe, de commercialiser des composés aromatiques ou odoriférants sous la mention de produits « naturels¹⁴ ». En d'autres mots, les composés biosynthétiques générés par fermentation sont considérés comme étant « naturels » ou « substantiellement équivalents » à ceux extraits de plantes. Au contraire, les arômes et les fragrances synthétiques issus de la chimie ne sont pas naturels et ne peuvent donc pas être étiquetés comme tels¹⁵. Des études ont montré que les consommateurs préfèrent nettement les produits portant la mention « naturel », et ce, malgré le flou entourant cette appellation. Un sondage a pour sa part révélé que 60 % des consommateurs étasuniens recherchent la mention « naturel » lorsqu'ils achètent des produits alimentaires¹⁶. Le cadre réglementaire régissant les produits naturels autorise explicitement que ceux-ci soient issus de la « fermentation » ou d'autres processus « microbiologiques ». Dans cette situation, les arômes et les fragrances fabriqués à partir de microorganismes synthétiques ne sont pas seulement en mesure de rivaliser avec leurs analogues naturels dérivés de plantes, mais sont également avantagés par rapport à leurs analogues synthétiques issus de la chimie¹⁷. En conséquence, les consommateurs n'auront aucun moyen de savoir si un arôme ou un parfum « naturel » provient d'un microorganisme génétiquement modifié ou d'une source végétale traditionnelle.

L'industrie mondiale des arômes et des fragrances

Le marché mondial des arômes et des fragrances devrait atteindre 26,5 milliards de dollars en 2016¹⁸; il devrait atteindre 35 milliards de dollars en 2019¹⁹. Ces chiffres tiennent uniquement compte de la valeur des ingrédients entrant dans la fabrication des aliments transformés et des fragrances — ils n'incluent pas celle des cultures de base comme le café et le cacao, qui sont couramment employées pour aromatiser les aliments transformés. L'industrie des arômes et des fragrances se retrouve de plus en plus concentrée entre les mains de quatre entreprises multinationales²⁰ : Givaudan, Firmenich, International Flavors and Fragrances (IFF) et Symrise, qui ensemble, détenaient 56,7 % du marché mondial des arômes et des fragrances en 2015²¹. Toujours en 2015, les dix entreprises les plus importantes contrôlaient environ 74 % de toutes les ventes de l'industrie (en comparaison de 64 % en 2000)²². **En outre, au moins six de ces entreprises ont soit conclu des ententes de R et D avec des entreprises de biologie synthétique, soit décidé de mener elles-mêmes des activités de telles activités²³.**

Les géants de l'industrie des arômes et des fragrances font tout en leur pouvoir pour accéder plus facilement et à moindres coûts aux ingrédients bruts, qu'ils proviennent de sources naturelles (obtenus à partir de plantes) ou synthétiques (produits chimiques synthétisés à partir du pétrole).

Bien que l'industrie des arômes et des fragrances se plaise à mettre au premier plan l'utilisation d'ingrédients « naturels », la vaste majorité des arômes et des fragrances sont le fruit de la synthèse chimique : environ 95 % des composés employés sont synthétisés à partir du pétrole (c.-à-d. qu'ils ne proviennent pas de plantes, d'animaux ou de microorganismes)²⁴. Cela dit, les géants des arômes et des fragrances puisent néanmoins des milliers d'ingrédients à partir de plantes ou d'animaux répartis au sein d'une douzaine de pays à travers le monde.

Les arômes et les fragrances sont des ingrédients essentiels à la fabrication des produits d'entretien ménager, des parfums, des produits cosmétiques, des produits pharmaceutiques, des aliments et des boissons, des produits d'aromathérapie et bien d'autres encore. Par exemple, l'industrie des boissons gazeuses est le principal consommateur d'arômes et de fragrances d'origine naturelle, notamment d'huiles essentielles d'agrumes²⁵. En fait, aucune boisson gazeuse de type « cola » ne pourrait être fabriquée sans huiles essentielles comme celle de citron et de lime²⁶.

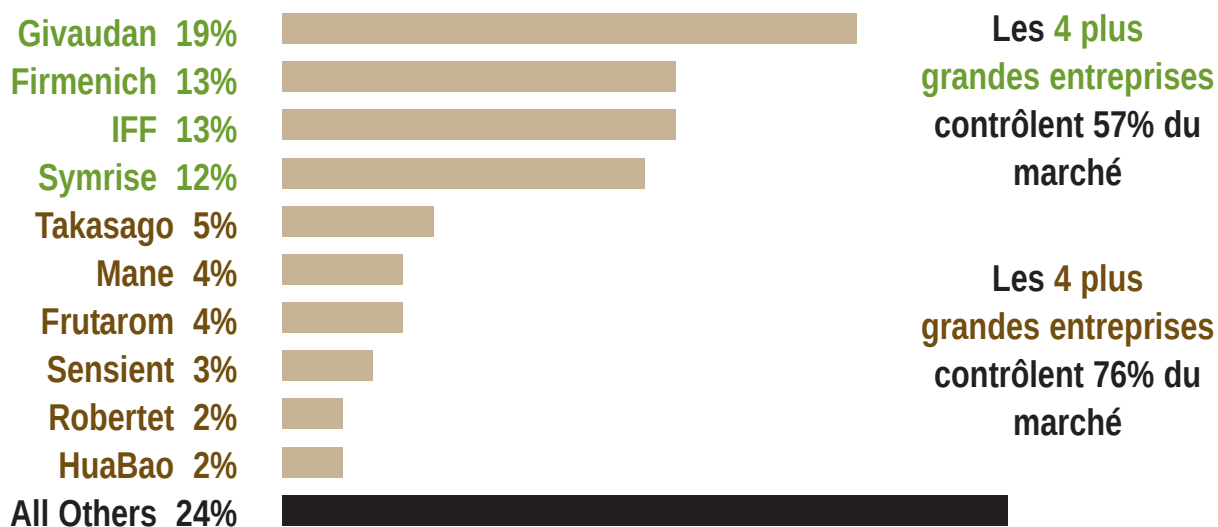
L'industrie des arômes et des fragrances s'approvisionne à partir de 200 à 250 plantes cultivées différentes, qui poussent sur environ 250 000 hectares répartis à travers la planète. Environ 95 % de ces cultures sont produites par de petits agriculteurs qui se concentrent dans les pays du Sud²⁷. On estime que 20 millions de petits agriculteurs et de travailleurs agricoles dépendent de cultures végétales servant à produire des arômes et des fragrances d'origine naturelle²⁸. (Il s'agit d'une estimation prudente, qui n'inclut pas les arômes courants comme le cacao et le café.)

Les organismes commerciaux représentant l'industrie des arômes et des fragrances reconnaissent que ces plantes ont « des retombées socioéconomiques très importantes sur les populations rurales, et qu'elles peuvent comporter d'importants bienfaits environnementaux dans les systèmes agricoles »²⁹. Bien que « les huiles essentielles proviennent de cultures généralement considérées comme “marginales”, elles revêtent une importance majeure sur les plans socioéconomique et environnemental pour les communautés qui sont impliquées dans leur production. De plus, les cultures desquelles elles sont extraites constituent d'incontournables cultures de rente au sein de leur combinaison d'activités agricoles qui favorisent l'amélioration des indicateurs sociaux — notamment en santé et en éducation »³⁰.

Bien que l'industrie demeure particulièrement avare de détails quant à sa chaîne d'approvisionnement complexe, les matières premières dont elle a besoin proviennent des quatre coins du monde. Par exemple :

- Givaudan (Suisse, ventes de 4,58 milliards de dollars en 2015) dépense environ 1,6 milliard de francs suisses par année pour acheter 11 000 ingrédients destinés à « enrichir la palette de création de nos parfumeurs et de nos aromaticiens »³¹.
- Firmenich (Suisse, ventes de 3,14 milliards de dollars en 2015) achète et transforme chaque année plus de 1 000 produits naturels, provenant de 170 familles botaniques cultivées par les producteurs de plus de 50 pays³².
- International Flavors and Fragrances (États-Unis, ventes de 3 milliards de dollars en 2015) se procure plus de 9 000 produits de base auprès de plus de 2 200 entreprises³³. La moitié de ces produits de base sont des ingrédients naturels extraits de fleurs, de fruits et d'autres produits botaniques, ou des produits animaux (achetés sous une forme transformée ou semi-transformée)³⁴. En retour, International Flavors and Fragrances vend ses produits aromatiques et odoriférants à plus de 4 000 entreprises réparties dans environ 80 pays.

Graphique 1 : Parts du marché détenues en 2015 par les différentes entreprises de l'industrie des arômes et des fragrances



Source: Perfumer & Flavorist 2016

Tableau 1 : Entreprises de biologie synthétique et produits ciblés par les entreprises de l'industrie des arômes et des fragrances

Entreprise de biologie synthétique	Produit ciblé et partenaire (si divulgué)	Autres partenaires
Amyris (É.-U.) « 22 molécules sous contrat avec les principales entreprises mondiales » ³⁵	Patchouli; Sclaréol (sauge sclarée/ambre gris); Farnésène; Biofène — Givaudan	Firmenich; IFF; Givaudan; Takasago ³⁶
Celbius (Royaume-Uni)	2-phényléthanol (un alcool aromatique doté d'une odeur de rose largement utilisé dans les aliments, les boissons et les produits cosmétiques)	
Evolva (Suisse, fondée en 2004)	Stevia — Cargill; Vanilline — IFF; Safran; Valencène; Nootkatone; Santal (alpha- et bêta-santalol); Calambac – Universiti Malaysia Pahang « Tourmoline » (produit non dévoilé); Vétiver (fondé sur les précédents travaux de R et D d'Allylix)	BASF; Roquette; Ajinomoto; L'Oréal; Takasago
Ginkgo Bioworks (É.-U.) Contrats pour créer 20 microorganismes sur mesure	Essence de rose — Robertet	Robertet
Isobionics (Pays-Bas)	Lactones; Valencène; Nootkatone; Bêta-élémente (extrait de la racine de gingembre); Santal (en cours d'élaboration)	DSM Nutritional Products
Oxford Biotrans (Royaume-Uni)	Huile de patchouli (en cours d'élaboration)	De Monchy Aromatics (Dorset, Angleterre)
Pareto Biotechnologies (É.-U.)	Nootkatone (par bioconversion du valencène extrait de l'orange); Composés aromatiques non spécifiés « dotés de nouvelles propriétés améliorées », à partir de la voie métabolique des polycétides	DNA 2.0
PhytoMetaSyn Project (Canada) Initiative publique/privée mettant l'accent sur des systèmes biosynthétiques pour produire des métabolites végétaux à forte valeur ajoutée	75 plantes ciblées (incluant le pavot à opium)	Projet de 13.6 million \$ de 4 ans (2009-2013; maintenant expire), impliquant 7 centres de recherche; soutenu par le gouvernement canadien et l'industrie
P2 Science, Inc. (É.-U.) a également conclu une entente renouvelable pour l'élaboration de molécules aromatiques et odoriférantes avec Bedoukian Research (Danbury, Connecticut).	Ingrédients aromatiques et odoriférants (source: Perfumer & Flavorist, vol. 39, septembre 2014)	Symrise; Bedoukian Research, Inc.

Compilé par le Groupe ETC

II. Le commerce des huiles essentielles en Haïti

Les huiles essentielles constituent les produits agricoles d'exportation les plus lucratifs pour Haïti, leur valeur totalisant 16 millions de \$ US en 2012 (ce qui représente 1,7 % de tous les revenus d'exportation du pays). Celles-ci atteignent le neuvième rang en ce qui concerne la valeur sur la liste des produits haïtiens exportés (Tableau 2)³⁷.

Mondialement, les exportations d'huiles essentielles ont atteint une valeur de 3,6 milliards de dollars en 2012³⁸. Haïti occupe le 30^e rang parmi les pays exportateurs d'huiles essentielles, ne fournissant qu'une infime quantité (0,44 %) des huiles essentielles retrouvées sur le marché mondial. Toutefois, Haïti est le seul pays caribéen à se retrouver parmi les 50 plus importants pays exportateurs au monde³⁹, un classement qui ne permet aucunement d'apprécier toute l'importance des huiles essentielles pour la petite économie agricole haïtienne ni pour l'industrie des arômes et des fragrances.

Le rôle que joue Haïti dans l'approvisionnement d'arômes et de fragrances d'origine végétale induit un paradoxe frappant : les ingrédients nécessaires à la fabrication de nombre des produits les plus coûteux et les plus luxueux (parfums, huiles essentielles, liqueurs, produits cosmétiques) proviennent du travail d'agriculteurs indigents vivant dans l'un des pays les plus pauvres du monde.

Contexte géopolitique du commerce des huiles essentielles en Haïti

Haïti compte à la fois parmi les pays les moins avancés (PMA) et les petits États insulaires en développement (PEID); de plus, il est le pays le plus pauvre de sa région et compte parmi les moins nantis de toute la planète. Les statistiques actuelles et fiables sur l'économie d'Haïti sont rares; celles sur l'industrie haïtienne des huiles essentielles plus encore. Par exemple, les statistiques récentes sur les exportations d'Haïti contenues dans la base de données Comtrade des Nations unies sont, par la force des choses, basées sur des « statistiques miroirs », c'est-à-dire des statistiques fondées sur les importations des pays développés. Or, les statistiques miroirs sont reconnues pour leur manque de fiabilité⁴⁰. Néanmoins, les statistiques miroirs suggèrent qu'en 2014, les exportations haïtiennes d'huiles essentielles ont été évaluées à 21,1 millions de \$ US⁴¹. D'autres facteurs viennent compliquer l'établissement d'un tableau fidèle de la production d'huiles essentielles en Haïti, notamment dans le cas de l'oranger amer et de l'amyris; en voici quelques-uns :

Qu'est-ce qu'une huile essentielle?

Une huile essentielle est un liquide concentré contenant des composés aromatiques volatils qui est extrait de certaines plantes par l'entremise de la distillation. Ces huiles sont employées pour fabriquer des parfums et des produits cosmétiques, aromatiser les aliments et les boissons, de même que pour donner une fragrance aux produits d'entretien ménager. Note : Les composés aromatiques « volatils » sont des molécules qui sont retrouvées à l'état gazeux à la température de la pièce.

- 1) La nature très secrète de l'industrie des arômes et des fragrances, parmi laquelle comptent les acheteurs d'huiles essentielles haïtiennes.
- 2) Le statut informel de l'économie haïtienne — selon les données récoltées en 2012 à l'occasion du tout premier recensement des entreprises jamais entrepris par le gouvernement haïtien, 80 % de l'économie de ce pays relève du secteur informel⁴².
- 3) En comparaison du vétiver, l'oranger amer et l'amyris sont des produits d'exportation de moindre importance pour Haïti. Haïti est le principal pays exportateur de vétiver au monde, et il est généralement admis que 60 000 personnes en Haïti tirent leurs revenus du vétiver. Le nombre de personnes actuellement impliquées dans la production de l'oranger amer et de l'amyris est inconnu.
- 4) L'embargo commercial imposé par l'Organisation des États américains (1991-1994), qui a eu un effet dévastateur sur les exportations haïtiennes. La réputation proverbiale de l'industrie haïtienne des huiles essentielles, vieille de plusieurs décennies, a été réduite à néant à la suite de cet embargo. L'huile de lime, par exemple, constituait un pilier de l'exportation haïtienne depuis les années 1950, les États-Unis étant le principal importateur de ce produit. Or, sa production a été virtuellement abolie durant l'embargo. Néanmoins, elle est en cours de « revitalisation » grâce à des projets mis sur pied par des ONG et des œuvres de bienfaisance (par ex., la Hugh Locke's Smallholder Farmers Alliance et la Fondation Clinton) en partenariat avec des entreprises désireuses de bonifier leur profil de durabilité (par ex., le projet du parfumeur suisse Firmenich, qui vise à diversifier les cultures des petits agriculteurs par la plantation de semences de limettier, d'oranger amer et d'ylang-ylang dans le département du Sud d'Haïti)⁴³.

5) Le tremblement de terre en janvier 2010, qui a frappé trois millions de personnes en plus de perturber encore plus profondément la capacité industrielle de tous les secteurs. Les statistiques sur l'industrie haïtienne des huiles essentielles qui datent d'avant le tremblement de terre pourraient bien ne pas refléter la situation en Haïti à la suite de celui-ci.

Bien que l'huile de vétiver soit la principale huile essentielle produite en Haïti, il semblerait que les huiles essentielles d'orange amère et d'amyris constituent elles aussi des sources de revenus. Actuellement, la verveine des Indes (*Cymbopogon citratus*), la lime (*Citrus aurantiifolia* [Christman] Swingle) et l'ylang-ylang (*Cananga odorata*) constituent des cultures marginales.

Encadré 2 : Note sur les impacts de l'embargo contre Haïti imposé par l'Organisation des États américains entre 1991 et 1994

Anciennement à la tête du bureau de l'UNICEF en Haïti et actuellement en poste à l'Université Harvard, Elizabeth Gibbons⁴⁴ a tenté d'évaluer les impacts des sanctions économiques imposées à Haïti en réponse au coup d'État qui a renversé le président nouvellement élu, Jean-Bertrand Aristide⁴⁵. Décrété par l'Organisation des États américains (OÉA) et appuyé par la force par les États-Unis de Bill Clinton, cet embargo a prohibé les importations de carburant et d'armes vers Haïti, en plus de suspendre ses exportations. Selon l'estimation de Gibbons, cet embargo a causé la disparition de 200 000 emplois en Haïti, en plus d'engendrer des pertes sur le plan des exportations totalisant 15 millions de dollars dans le cas du café et du cacao; 12 millions de dollars dans le cas de la mangue; et 14 millions de dollars dans le cas des huiles essentielles. Il a en outre décimé l'industrie haïtienne de l'huile de lime (les États-Unis étaient le principal importateur d'huile de lime haïtienne au moment où l'embargo a été imposé). La Fondation Clinton concentre actuellement ses œuvres caritatives sur Haïti. Firmenich, la deuxième plus grande entreprise d'arômes et de fragrances au monde, et qui se dit par ailleurs « partenaire pour l'avenir d'Haïti », explique qu'elle s'approvisionnait en huile de lime haïtienne dans les années 1980, mais qu'« au fil du temps », cette industrie s'est effondrée. Il s'agit là d'une conséquence directe de l'embargo commercial imposé dans les années 1990⁴⁶.

Tableau 2 : Principaux produits exportés par Haïti en 2012

Rang	Produits exportés	Valeur (millions de \$ US)	Part des importations totales (%)*
1	T-shirts de tricot	360	38.8
2	Chandails de tricot	222	23.9
3	Costumes pour hommes non tricotés	122	13.1
4	Ferraille	35	3.7
5	Chemises pour hommes non tricotées	21	2.2
6	Sous-vêtements féminins en tricot	20	2.1
7	Costumes pour femmes en tricot	18	2.0
8	Costumes pour femmes non tricotés	16	1.8
9	Huiles essentielles	15.9	1.7
10	Déchets de cuivre	12.5	1.3
11	Fruits tropicaux	11.4	1.2
12	Vêtements de sport non tricotés	10.1	1.0
13	Fèves de cacao	8.6	0.9
14	Crustacés	4.5	0.4
15	Café	3.5	0.3
16	Chemises pour femmes non tricotées	3.3	0.3
17	Déchets d'aluminium	3.0	0.3
18	Costumes pour hommes en tricot	2.9	0.3
19	Manteaux pour hommes non tricotés	2.9	0.3
20	Peaux de chèvre tannées	2.2	0.2
30	Pelures d'agrumes et de melons	1.1	0.1
33	Plantes à parfum	1.0	0.1
134	Vanille	.015	-

* Revenus totaux des exportations en 2012 = 929 millions de dollars.

Source: MIT's Observatory of Economic Complexity⁴⁷

Le vétiver

L'huile de vétiver est de loin l'huile essentielle la plus importante pour Haïti. Il s'agit d'une fragrance largement employée dans les parfums et les produits cosmétiques, extraite à partir des racines d'une plante herbacée vivace, *Chrysopogon zizanioides*, communément appelée vétiver. Le vétiver est une plante originaire de l'Inde et du sud-est du continent asiatique, mais Haïti constitue l'unique source mondiale d'huile de vétiver de haute qualité. Ce dernier pays produit 50 % des 250 tonnes d'huile de vétiver produites mondialement chaque année. L'Indonésie génère quant à elle 25 % de la production mondiale. La Chine, Madagascar, le Brésil, le Paraguay et l'Inde exportent également l'huile de vétiver.

Récolté pour ses racines aromatiques, le vétiver, qui prolifère dans les environnements inhospitaliers, exige énormément de travail à cultiver. Cette plante peut être cultivée sur des pentes abruptes; elle est donc bien adaptée à la topographie d'Haïti, dont la moitié du territoire possède une pente supérieure à 40%⁴⁸.

Risques et bénéfices environnementaux : En raison de la profondeur exceptionnelle qu'atteignent ses racines, le vétiver est employé pour contrôler l'érosion et purifier l'eau dans plusieurs régions du monde, y compris Haïti. Toutefois, les profondes racines de cette plante empêchent l'implantation de tout couvert végétal sur les sols destinés à sa culture; ainsi, une fois le vétiver récolté pour produire de l'huile, une sévère érosion affaiblissant les sols peut s'en suivre. Si des pratiques appropriées de culture et de récoltes sont observées, la production du vétiver en Haïti semble pouvoir se faire de manière durable. Les agriculteurs peuvent prendre des mesures préventives permettant d'éviter l'appauvrissement des sols. Toutefois, lorsque ceux-ci sont soumis à d'importantes pressions économiques, les récoltes prématurées et le manque de ressources pour la replantation peuvent mener à des dommages environnementaux. Rédigé par Scott Freeman et publié par le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) en 2011, un rapport intitulé *Vétiver in Southwest Haiti* décrit les pressions auxquelles sont confrontés les producteurs de vétiver en Haïti :



Plantes de vétiver Photo (cc) Josuah

L'impact environnemental du vétiver dépend du contexte dans lequel il est cultivé. Bien qu'il soit doté de propriétés remarquables en matière de protection de l'environnement, les impacts du vétiver doivent être interprétés à l'aune de son contexte d'utilisation. Lors du procédé de production d'huile essentielle, le « creusage » peut endommager la fine couche arable sur les pentes mises en culture par les agriculteurs. Bien que les agriculteurs reconnaissent l'existence de ces dommages et qu'ils puissent entreprendre des efforts concertés pour restaurer les sols ou réduire leur érosion, les besoins économiques de nombre de familles haïtiennes les forcent à récolter à des moments qui sont environnementalement et économiquement inopportuns⁴⁹.

L'huile de vétiver est un ingrédient majeur pour bon nombre de marques de parfums. Surnommé « le caractère unisexe de l'univers des fragrances », le vétiver est employé dans certains parfums destinés aux femmes comme aux hommes⁵⁰. En fait, la majorité des parfums du monde contiennent une certaine quantité d'huile de vétiver⁵¹. Outre les parfums, l'huile de vétiver entre dans la composition de lotions, de pots-pourris, de produits d'entretien ménager, de glaces, de produits cosmétiques et d'agents de conservation alimentaires.

Les nez de l'industrie décrivent le vétiver de la manière suivante :

« L'huile de vétiver est un liquide visqueux dont la coloration va de l'ambré au brun grisâtre, brun olive ou brun foncé, dont l'odeur douce est dotée d'un puissant caractère boisé-terreux qui rappelle les racines et la terre mouillée, et d'une riche nuance de notes de bois précieux⁵². »

« Il a lui-même l'odeur d'un parfum, avec une ouverture citronnée, un cœur vert et rosé, et une base poivrée-boisée. Le meilleur produit est à la fois d'origine sauvage et raffiné. Il procure une effervescence ensoleillée au Cristalle de Chanel, une verdeur brute à l'Eau sauvage de Christian Dior, et une aura de vedette au Vétiver de Guerlain, la fragrance pour homme la plus fréquemment adoptée par les femmes⁵³. »

Environ 60 000 personnes du sud-ouest d'Haïti tirent leur principale source de revenus du vétiver.

Dans l'arrondissement des Cayes, où les agriculteurs cultivent le vétiver sur de petites parcelles de terre, cette plante odoriférante possède traditionnellement plus de potentiel à générer des revenus que n'importe quel autre produit agricole. Environ 13 distillateurs de vétiver sont actifs dans l'arrondissement des Cayes. La récolte demeure un travail éreintant, qui exige de creuser le sol compacté pour en extraire les denses mottes de racines. Ces racines sont ensuite acheminées aux distillateurs locaux, qui extraient l'huile de vétiver par distillation à la vapeur. Il faut environ 68 kg de racines pour produire 0,45 kg d'huile⁵⁴.

Rédigé par Scott Freeman et publié par le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) en 2011, le rapport intitulé *Vetiver in Southwest Haiti* souligne la nature « secrète et extractive » de la chaîne d'approvisionnement du vétiver en Haïti⁵⁵. Cette chaîne d'approvisionnement comprend différents maillons : cultivateurs/récolteurs; intermédiaires; distillateurs; producteurs d'huile; exportateurs; parfumeurs et aromaticiens. Parmi ceux-ci, ce sont les communautés agricoles qui cultivent et récoltent le vétiver dans le sud-ouest d'Haïti qui constituent le maillon le plus laborieux, bien qu'ils aient le moins de pouvoir. Ce même rapport estime qu'en Haïti, le producteur de vétiver moyen dégageait un revenu brut annuel de seulement 130 \$ US en 2011; malgré la possibilité pour l'agriculteur de gagner de l'argent, sa situation demeure précaire :

Les cultivateurs de vétiver sont rarement satisfaits de leur métier. Un sentiment de frustration prévaut dans le système au sein duquel ils travaillent. Bien que le vétiver permette de générer plus d'argent que n'importe quelle autre stratégie susceptible de générer des revenus dont pourraient se prévaloir les agriculteurs et leur famille, cet argent ne suffit pas à combler leurs besoins en liquidité⁵⁶.

La récolte du vétiver est physiquement épuisante, exige beaucoup de temps et peut potentiellement endommager la couche arable. Parce que l'huile produite par le vétiver se retrouve exclusivement dans son système racinaire, il est nécessaire de déterrer complètement la plante pour en récolter les racines. Cette tâche nécessite de couper les hautes tiges herbacées pour ensuite creuser le sol afin de retirer les racines. Cette opération rend le sol des pentes récoltées meuble et retourné. Déjà dénuées d'arbres pour la plupart, ces pentes deviennent ensuite très vulnérables à l'érosion en cas de pluie. Les outils employés pour la récolte sont simples : ils consistent souvent en un pic ou une machette. Considérant ces outils minimalistes, le type de terrain et la nature de la récolte, la production du vétiver a la réputation d'être extrêmement exigeante sur le plan physique⁵⁷.

Le vétiver haïtien et l'industrie des arômes et des fragrances

Avant le tremblement de terre de 2010 qui a tué plus de 300 000 Haïtiens et privé de toit des millions d'entre eux, la production du vétiver en Haïti était déjà instable et accusait un lent déclin (voir la section Contexte géopolitique du commerce des huiles essentielles en Haïti ci-dessus).

Soumis à d'importantes pressions économiques, certains producteurs de vétiver ont été forcés de vendre les racines de cette plante à n'importe quel prix. La récolte prématurée des racines (notamment lors de la saison des pluies) a aggravé l'érosion des sols, réduit le rendement des récoltes et fait chuter les prix. Les problèmes se sont en outre intensifiés parce que les agriculteurs n'avaient pas les ressources nécessaires pour récolter et replanter les cultures de manière durable. En conséquence, les exportations haïtiennes d'huile de vétiver auraient chuté de moitié au cours des 30 dernières années⁵⁸. Le tremblement de terre de 2010 a concentré l'attention de la communauté internationale sur la dévastation en Haïti. À la suite de l'arrivée de l'aide humanitaire, il a été établi que le vétiver constituait l'une des rares cultures commerciales en mesure de procurer un revenu aux petits agriculteurs du sud-ouest d'Haïti.

Depuis 2011, le vétiver haïtien est devenu une cause célèbre. L'industrie des arômes et des fragrances a reconnu que sa chaîne d'approvisionnement pour le vétiver était menacée, mais l'attention tournée vers Haïti a également instauré un climat propice aux relations publiques pour différentes initiatives publiques ou privées embrassant les concepts de « commerce équitable », de « durabilité » et d'« approvisionnement éthique ». Même l'ancien président des États-Unis, Bill Clinton, s'est rallié à la défense de la cause des producteurs de vétiver. Par ailleurs, en 2013, le directeur général de Firmenich s'est rendu dans le sud-ouest d'Haïti pour visiter les communautés cultivant le vétiver. Les instigateurs de ces initiatives publiques ou privées ainsi que d'autres acteurs (voir ci-dessous) affirment soutenir les communautés dans le sud-ouest d'Haïti en permettant aux petits agriculteurs de se convertir à un mode de production socialement et écologiquement responsable.

Bien qu'il soit possible de se procurer de l'huile de vétiver à partir d'autres pays, les parfumeurs considèrent que le vétiver haïtien possède la meilleure qualité. Au cours des quatre dernières années, les principales entreprises d'arômes et de fragrances ainsi que plusieurs autres acteurs de l'industrie (entreprises de parfumerie et d'aromathérapie, etc.) ont lancé des initiatives très médiatisées pour soutenir l'approvisionnement durable en vétiver haïtien.

Voici quelques exemples :

Firmenich : Dans le cadre de la Clinton Global Initiative, cette entreprise s'est engagée en 2010 à travailler avec des agriculteurs haïtiens dans le but d'assurer la production durable d'huile de vétiver⁵⁹. En partenariat avec la Direction du développement et de la coopération (DDC), une agence suisse, Firmenich aurait investi un million de dollars dans son programme pour le vétiver durable, ce qui comprend la construction de routes et d'une école primaire, un soutien aux énergies renouvelables pour le procédé de distillation, et une attention particulière afin d'offrir aux femmes l'occasion d'obtenir un gagne-pain⁶⁰. Le programme de Firmenich se concentre sur la communauté agricole de Débouchette (population d'environ 6 300 personnes) dans l'arrondissement des Cayes (sud-ouest d'Haïti). Selon Firmenich, Débouchette a reçu une certification d'ECOCERT, un organisme de certification qui favorise le développement durable et qui s'assure de l'application de méthodes agricoles respectueuses de l'environnement.

IFF : En juillet 2016, cette entreprise s'est associée à Unilever pour annoncer la création de Vetiver Together, « un nouveau partenariat rassemblant les principales organisations non gouvernementales qui a pour objectif d'améliorer le mode de subsistance des petits producteurs de vétiver en Haïti⁶¹ ». Unilever utilise l'huile de vétiver pour ses marques Axe et Impulse. Vetiver Together est soutenu par l'Enhancing Livelihoods Fund, un partenariat réunissant Unilever, Oxfam Grande-Bretagne et la Fondation Ford. Le projet vise « l'amélioration durable de la sécurité alimentaire, l'augmentation des rendements, la diversification des revenus, en plus de soutenir l'autonomisation des femmes et la conservation de l'environnement⁶² ».

Givaudan : Cette entreprise soutient également une initiative visant à assurer un approvisionnement durable en vétiver haïtien dans le cadre d'un partenariat avec un distillateur des Cayes — Agri-Supply — qui serait le plus important producteur et exportateur d'huile de vétiver au monde⁶³. Depuis 2013, Givaudan soutient une coopérative de 160 producteurs de vétiver provenant de trois villages — Massey, Faucault et Bazalais — qui produit une huile de vétiver certifiée pour l'usage exclusif des parfumeurs de Givaudan⁶⁴. (Firmenich est également un partenaire d'Agri-Supply.)

Les fondations et les organisations sans but lucratif soutenues par l'industrie ont également été mises sur pied pour favoriser l'« approvisionnement éthique » et le « commerce équitable » du vétiver, entre autres matières premières. Créé par un consortium d'entreprises de produits de beauté, d'arômes et de fragrances, le Natural Resources Stewardship Circle (NRSC) est une organisation sans but lucratif basée en France qui fait la promotion de l'« approvisionnement responsable » en ingrédients naturels, incluant le vétiver. Cette organisation soutient six coopératives en Haïti dans le but d'accroître la capacité de production d'une huile de vétiver traçable à quelque 14-18 tonnes. Le NRSC a notamment préparé un document de 26 pages qui précise les spécifications propres à chaque acteur impliqué dans la chaîne d'approvisionnement du vétiver. L'objectif consiste « à assurer la durabilité économique, écologique et sociale de la chaîne du vétiver en Haïti⁶⁵ ». Ces spécifications, qui s'appliquent aux coopératives de petits agriculteurs, aux producteurs individuels, aux distillateurs, aux exportateurs, aux fabricants et aux entreprises commercialisant les produits finis, établissent un seuil pour les pratiques d'excellence.

Bien que le NRSC encourage les acteurs à respecter ces spécifications, il ne mène aucune vérification puisqu'il s'agit de mesures non contraignantes (c.-à-d. qu'elles demeurent volontaires)⁶⁶. Lors d'une séance conjointe portant sur les normes privées, la CNUCED et l'OMC ont fait remarquer que le terme « volontaire » pouvait porter à confusion dans le contexte de chaînes d'approvisionnement fortement concentrées : « Bien qu'elles ne soient pas légalement contraignantes au sens réglementaire, les normes du secteur privé prennent de facto une nature obligatoire en raison de l'influence économique de certains grands détaillants et exportateurs agissant à l'échelle mondiale⁶⁷. »

Les « normes volontaires privées » deviennent des éléments clés de nombreuses chaînes d'approvisionnement mondiales en produits alimentaires et agricoles. Bien que les « spécifications » se rattachant aux acteurs de la chaîne du vétiver visent à favoriser des pratiques durables, l'approche du haut vers le bas en matière d'établissement de normes soulève plusieurs interrogations, notamment en ce qui concerne les acteurs les plus vulnérables des chaînes d'approvisionnement. Par exemple, les pratiques en matière de tenue des comptes et de « suivi interne » imposées par les spécifications du NRSC (p. ex., localisation à l'aide de coordonnées GPS, consignation des rendements, exigences en matière d'entreposage) profiteront-elles à certains agriculteurs tout en désavantageant ou en excluant les autres?

La conformité aux normes environnementales a le potentiel d'améliorer la gestion des ressources naturelles et d'offrir de meilleures conditions aux agriculteurs, mais cela peut également favoriser la consolidation et la concentration au sein du cercle des producteurs et des transformateurs. Un rapport préparé en 2009 par le rapporteur spécial pour le droit à l'alimentation du Conseil des droits de l'homme des Nations unies a d'ailleurs émis l'avertissement suivant : « l'élaboration de normes privées a nui aux petits propriétaires⁶⁸ ».

Il est difficile d'évaluer combien de producteurs de vétiver sont actuellement membres de coopératives, et à quel point ceux-ci bénéficient directement des nouvelles initiatives décrites ci-dessus. Il s'agit toutefois de questions importantes pour les chercheurs sur le terrain en Haïti. Selon un article publié en avril 2014 par l'agence de presse Reuters qui porte sur les nouvelles initiatives soutenant la production de vétiver en Haïti : « Les agriculteurs membres de coopératives ont assisté à une augmentation de leurs revenus pouvant aller jusqu'à 30 %, de même qu'une amélioration du rendement et de la qualité des racines, indique René Louis Maurice, 69 ans, membre de l'une de ces coopératives. Les parfumeurs qui travaillent avec les distillateurs offrent maintenant une prime de 15 % aux agriculteurs qui se conforment aux pratiques d'excellence, en plus de leur assurer un prix minimum garanti. Ces pratiques d'excellence impliquent de laisser les racines de vétiver en place pendant au moins 12 mois, et de ne pas les récolter durant la saison des pluies (soit d'août à novembre)⁶⁹. »

Pratiquement tous les principaux acteurs de l'industrie, de même que les initiatives publiques ou privées, mettent un fort accent sur l'établissement de coopératives agricoles, l'approvisionnement durable et le commerce équitable du vétiver. Les nouvelles initiatives sont considérées comme des partenariats gagnant-gagnant pour les agriculteurs haïtiens et l'industrie des arômes et des fragrances. L'article publié par Reuters rapporte que les agriculteurs qui sont membres de coopératives fournissent maintenant entre 30 et 50 % du vétiver transformé par les grosses distilleries, mais il demeure difficile de déterminer combien d'agriculteurs profitent de ces nouvelles initiatives⁷⁰.

L'oranger amer

Nom scientifique : *Citrus aurantium*; famille : Rutaceae; synonymes : bigaradier, oranger de Séville, oranger sûr; nom créole : pye zoranj sure.



Oranger amer Photo (cc) Zeynel Cebeci

L'oranger amer est source de nombreux ingrédients indispensables à l'industrie des arômes et des fragrances. Selon Mark Blumenthal de l'American Botanical Council :

Dans l'industrie des fragrances, les produits extraits de l'oranger amer sont l'huile de néroli, l'absolue de fleur d'oranger amer (une absolue est un concentré d'huile de fleur employé par l'industrie des fragrances), l'absolue d'eau de fleur d'oranger amer (extraite des feuilles de l'oranger amer), l'absolue d'eau de feuille

d'oranger amer, l'absolue de petit-grain d'oranger amer et d'autres huiles de petit-grain.

En ce qui a trait à l'industrie alimentaire, l'huile d'orange amère, qui est habituellement extraite des pelures fraîches, est largement employée comme agent aromatisant. L'huile d'orange amère sert à aromatiser les boissons, notamment les liqueurs, et à accentuer le goût d'orange dans les boissons gazeuses⁷¹.

Il est difficile d'évaluer combien de producteurs de vétiver sont actuellement membres de coopératives, et à quel point ceux-ci bénéficient directement des nouvelles initiatives décrites ci-dessus. Il s'agit toutefois de questions importantes pour les chercheurs sur le terrain en Haïti.

Selon les informations fournies sur le site web de l'Aromatic Plant Project : « Les fleurs du véritable oranger amer (sûr) [...], lorsque distillées, donnent de l'huile de néroli. Si, d'autre part, les feuilles et les pétioles (pédoncules des feuilles) sont distillés, de l'huile et de l'hydrolat de petit-grain bigarade sont obtenus⁷². » L'oranger amer contient de la p-synéphrine, un proto-alcaloïde. La pelure des fruits, les fleurs et les feuilles de l'oranger amer renferment quant à elles différents flavonoïdes, incluant le limonène, l'hespéridine, la néohespéridine, la naringine et la tangéritine. Enfin, l'oranger amer contient également deux furocoumarines, le bergaptène et l'oxypeucedanane⁷³.

En Haïti, l'oranger amer est surtout cultivé dans le département du Nord, dans les communes de Ranquitte, de Bahon, de Grande-Rivière-du-Nord et de Saint-Raphaël⁷⁴. Une analyse technique de l'agriculture publiée en 2010 a estimé que le département du Nord comptait environ 66 000 producteurs d'agrumes, ce qui comprend toutefois les oranges douces et amères, ainsi que la lime et le « chadèque » (c.-à-d. pomélo).

En raison du secret qui entoure l'industrie des arômes et des fragrances, il est difficile de savoir quelles entreprises achètent des pelures d'orange amère en Haïti et à quelles fins. Toutefois, au début des années 2000, deux entreprises françaises produisant des liqueurs d'orange de qualité supérieure — la Société des produits Marnier-Lapostolle qui fabrique le Grand Marnier, et le Groupe Rémi Cointreau qui fabrique le Cointreau — ont été la cible de campagnes visant la défense des droits des travailleurs organisées par l'association de travailleurs haïtiens Batay Ouvriye. L'orange amère cultivée en Haïti entre dans la composition des deux liqueurs susmentionnées, et la médiatisation de la lutte des travailleurs a permis d'attirer l'attention internationale et de dévoiler certains détails au sujet de leur ouvrage et de leurs conditions de travail. Un article publié par Charles Arthur dans le journal International Union Rights décrit « une lutte acharnée — et considérablement — fructueuse visant l'amélioration des salaires et des conditions des travailleurs d'une plantation d'orangers amers détenue par la Société des produits Marnier-Lapostolle. En 1999, les travailleurs de cette plantation située aux abords de Cap-Haïtien se sont eux-mêmes rassemblés en un syndicat pour exiger des vêtements de protection et une augmentation du salaire journalier qui équivalait à moins de 1 \$ US. Lorsque les gestionnaires haïtiens ont refusé d'envisager une solution réaliste, des militants internationaux ont bombardé la maison mère de l'entreprise en France de courriels et de lettres de protestation. En août 2000, la Société de produits Marnier-Lapostolle, par crainte de voir l'image de leur produit vedette, le Grand Marnier, être ruinée, a autorisé une augmentation des salaires de 25 %, en plus d'améliorer les conditions de travail...⁷⁵ ».

Un autre article abordant le même sujet paru dans The Guardian⁷⁶ en 2002 offre une description du travail qu'exige la transformation des oranges amères :

Les 16 femmes qui travaillent ici [à l'usine de transformation de Madeline à Cap-Haïtien] coupent les oranges en deux et les introduisent dans une machine qui en extrait l'huile. Elles sont payées pour chaque boîte de 42 kg, donc elles doivent travailler rapidement. Elles tiennent trois ou quatre oranges dans une main à la fois et, inévitablement, certaines travailleuses ont perdu des parties de leurs doigts. L'acide citrique endommage aussi leur peau, mais elles disent que les émanations des oranges sont pires. Elles perdent parfois connaissance lors de longues journées de travail, et plusieurs d'entre elles disent souffrir de maladies respiratoires. Elles gagnent 4,5 gourdes (11 pence) par boîte d'oranges qu'elles coupent. Lors d'une bonne journée, elles peuvent en gagner entre 40 et 50. Le travail est saisonnier : 20 semaines l'année dernière, mais moins de 8 semaines cette année. À [la plantation de] Marnier-Lapostolle, le travail est encore plus dur. Environ 300 personnes transforment les oranges selon deux procédés. Les femmes coupent une partie des oranges en quartiers et les pèlent à la main avant d'envoyer les pelures au séchoir. D'autres travailleurs râpent laborieusement le zeste à la main, pour ensuite le soumettre à un procédé permettant d'en extraire l'huile. Ces personnes sont également payées pour chaque boîte de 42 kg : 32 gourdes (83 pence) pour couper les oranges et extraire la pulpe, et 45 gourdes (1,16 £) pour râper le zeste à la main. Aucune des femmes que j'ai rencontrées n'avait d'ongles reconnaissables : l'acide citrique les avait brûlés, ne laissant que des moignons déformés. Parfois, elles disent aussi que leurs mains sont tellement endolories qu'elles ne peuvent pas faire la lessive de leur famille. Elles rapportent également des problèmes respiratoires : « Parfois, si nous toussons, il y a du sang... »

L'amyris (santal des Indes occidentales)

Nom scientifique : *Amyris balsamifera* ; famille : Rutaceae ; noms créoles : bwa chandèl (bois chandelle), bwa chandèl vèt

Selon les informations retrouvées sur le site web de l'entreprise française Albert Vieille qui fabrique des parfums⁷⁷ :

L'Amyris balsamifera est un petit arbre en forme de bosquets touffus, originaire de la région des Caraïbes et du golfe du Mexique [...] Bien que sa fragrance ait une note boisée caractéristique du santal, il n'appartient pas au genre Santalum, et ne doit pas être confondu avec le « santal des Indes », Santalum album.



Bois chandelle Photo (cc) Kinsbuk Sunil

Dans la tradition indigène, le bois d'amyris était appelé « bois-chandelle » en raison de sa teneur en huile essentielle qui lui permet de brûler longtemps. Les pêcheurs haïtiens en faisaient des « torches » qu'ils utilisaient de nuit pour attraper des crabes de mer. Les paysans s'en servaient aussi lorsqu'ils devaient se rendre au marché avant le lever du soleil. Le parfum de l'huile essentielle de bois d'amyris s'impose par un cœur boisé et doux qui s'épanouit et s'ancre en fond, avec une note légèrement fumée.

[...] Les zones de production du bois sont très difficiles d'accès. La collecte et la découpe réalisées par les paysans indigènes demandent de gros efforts physiques. Les branches et les troncs débités sont ensuite acheminés vers les distilleries, principalement à la Caye et Port-au-Prince. Le bois doit sécher au moins un an, et idéalement deux ou trois ans avant la distillation. Il est grossièrement broyé et ensuite distillé à la vapeur d'eau. L'huile essentielle qui en résulte est ensuite affinée pendant plusieurs mois voire un an afin d'en obtenir les meilleures qualités olfactives.

Selon un document préparé en 2001 par Bernard P. Champon père, propriétaire de l'Haiti Essential Oil Company, « Seul le bois provenant d'arbres morts naturellement est utilisé. La collecte de bois est effectuée par des "spéculeurs" qui l'apportent à des distilleries pour le vendre. Certains distillateurs disposent de réserves de bois équivalentes à plusieurs dizaines de barils d'huile⁷⁸. »

Selon un recensement agricole mené en 1987 par l'USAID, l'exportation d'huile d'amyris haïtienne a commencé en 1943-1944 à partir d'une usine de production située à Chalon, à l'extérieur de la ville portuaire de Miragoâne⁷⁹. À l'époque où ce rapport de l'USAID a été publié, les principaux sites d'approvisionnement pour le bois d'amyris étaient l'île de la Tortue et la commune de Môle-St-Nicolas. Citant une étude sur les huiles essentielles haïtiennes réalisée par Leslie Delatour en 1983, le rapport de l'USAID rapporte en outre que seuls les arbres de certaines régions sont aptes à la transformation, et le bois doit préalablement être mis à sécher pendant au moins six mois (notez la différence quant à la durée du séchage par rapport à ce qu'indique le site web d'Albert Vieille).

Le bois est ensuite manuellement mis en copeaux, puis transformé mécaniquement en sciure avant d'être soumis à une distillation pouvant durer jusqu'à 168 heures. En raison de son caractère corrosif, tout l'équipement destiné à sa transformation doit être fait d'acier inoxydable. Selon une étude parue en 2003, les distilleries d'amyris sont situées à Ducis, Maniche, Miragoâne et Jacmel — ces villes sont situées dans la péninsule du Sud, qui englobe les départements du Sud, du Sud-est et de Nippes⁸⁰.

D'après le magazine *Perfumer & Flavorist*, la production annuelle d'huile d'amyris en Haïti était de 60 tonnes pendant toute la première décennie du 21^e siècle (note : cette estimation date de 2009, soit un an avant le tremblement de terre de 2010)⁸¹. Bien qu'il soit possible qu'Haïti continue de produire de petites quantités d'huile d'amyris, les réserves indigènes de bois d'amyris sont réputées être épuisées. Une proposition de projet de production d'énergie à partir de biomasse (vétiver) déposée en 2004 au gouvernement dominicain par le producteur d'huiles essentielles Texarome rapporte que tout le bois d'A. balsamifera qui alimente les distilleries haïtiennes provient de République dominicaine et traverse la frontière en contrebande⁸². En 2001, Bernard Champon écrivait : « De temps à autre, des rumeurs colportent qu'il y a une pénurie ou une pénurie potentielle de matière première en Haïti. Toutefois, je me spécialise dans les huiles haïtiennes depuis 50 ans, et j'ai souvent entendu ces rumeurs. Il semble qu'il y ait toujours eu suffisamment de bois et je suis certain qu'il serait possible d'en trouver plus si la demande en huile augmentait⁸³. » En avril 2015, cependant, Gilbert Assad d'Arôme et Essence d'Haïti a indiqué à ETC Group qu'actuellement, la production d'huile d'amyris est virtuellement inexistante au pays en raison de l'épuisement des réserves de bois indigène et d'une modification des règlements régissant les exportations dominicaines⁸⁴.

III. Les cultures haïtiennes productrices d'huiles essentielles et la biologie synthétique

Le vétiver et la biologie synthétique

Est-il possible pour des microorganismes modifiés de produire des composés aromatiques structuralement associés au vétiver? La biosynthèse de ces composés est-elle commercialement viable? S'agit-il d'une menace pour les petits agriculteurs haïtiens?

Mise en contexte : En avril 2012, l'entreprise californienne de biologie synthétique Allylix a annoncé qu'elle était parvenue à concevoir une voie métabolique dans une levure afin qu'elle produise un composé odoriférant clé retrouvé dans l'huile de vétiver. Allylix a alors indiqué que sa nouvelle fragrance biosynthétique, nommée EpivoneMD, était structuralement semblable à la bêta-vétivone, l'un des principaux composés de l'huile de vétiver. Selon le directeur général d'Allylix à l'époque, « EpivoneMD est un composé très précieux, et parce que nous détenons le brevet qui protège la fragrance et sa nouvelle méthode de production, nous comptons être son seul fournisseur commercial⁸⁵. » Allylix a par ailleurs affirmé que la bêta-vétivone n'avait jamais été commercialisée auparavant en raison du coût prohibitif de sa synthèse. L'entreprise prévoyait alors que sa fragrance biosynthétique EpivoneMD générerait des revenus variant entre 20 et 200 millions de dollars⁸⁶.

Evolva fait l'acquisition d'Allylix : Bien qu'Allylix ait annoncé son intention de lancer la commercialisation de sa fragrance EpivoneMD au cours du troisième trimestre de 2012⁸⁷, l'entreprise a par la suite cessé d'émettre de l'information sur le lancement de ce produit qui finalement, n'a pas eu lieu. En novembre 2014, Allylix a été rachetée par Evolva, une autre entreprise de biologie synthétique basée en Suisse⁸⁸. À l'instar d'Allylix, Evolva détenait sa propre « plateforme de fermentation exclusive » pour produire des arômes et des fragrances biosynthétiques à partir de levures⁸⁹.

En faisant l'acquisition d'Allylix, Evolva a mis la main sur une centaine de brevets et deux produits aromatiques et odoriférants déjà commercialisés : le valencène (qui a l'arôme et la fragrance de l'orange douce) et la nootkatone (qui a l'arôme et la fragrance du pamplemousse). Le portefeuille de propriété intellectuelle d'Evolva comprend quatre brevets étatsuniens rattachés à la bêta-vétivone, en plus de plusieurs demandes de brevets.

Les analystes de l'industrie laissent entendre que l'acquisition d'Allylix par Evolva était essentiellement motivée par l'appropriation de la technologie brevetée d'Allylix qui apparemment, permet de produire des composés

biosynthétiques dans des levures, notamment du stevia, avec de meilleurs rendements⁹⁰. Le stevia est un édulcorant naturel très intense produit par une plante du même nom. Depuis 2013, Evolva et Cargill sont partenaires pour mettre au point et commercialiser des glycosides de stéviol biosynthétiques produits par des levures. (Les glycosides de stéviol sont les principaux composés responsables du goût sucré des feuilles de stevia.) Conformément aux termes de l'entente,

Evolva a créé une coentreprise avec Cargill pour mettre en marché une gamme de produits liés au stevia connue sous le nom d'Eversweet, que l'entreprise compte commercialiser plus tard en 2016. D'après ce que rapporte Evolva, à lui seul, le marché des édulcorants de haute intensité destinés à une valeur estimée à quatre milliards de dollars⁹¹.

*Allylix Inc.
a conçu la levure qui
produit un composé de
parfum clé trouvée dans
l'huile de vétiver
surnommé
«Epiphone™»*

Tableau 3 : Brevets d'Allylix sur la biosynthèse du vétiver (maintenant détenus par Evolva)

Numéro de brevet	Date de publication	Titre
1. US 8,642,815 B2	4 Feb. 2014	Fragrance And Methods For Production of 5-epi-beta-vetivone, 2-isopropyl-6,10-dimethyl-spiro[4.5]deca-2,6-dien-8-one
2. US 8,362,309 B2	29 Jan. 2013	Fragrance And Methods For Production of 5-epi-beta-vetivone, 2-isopropyl-6,10-dimethyl-spiro[4.5]deca-2,6-dien-8-one, And 2-isopropyl-6,10-dimethyl-spiro[4.5]deca-1,6-dien-8-one
3. US 8,124,811 B2	28 Feb 2012	Fragrance And Methods For Production Of 5-epi-beta-vetivone, 2-isopropyl-6,10-dimethyl-spiro[4.5]deca-2,6-dien-8-one, And 2-isopropyl-6,10-dimethyl-spiro[4.5]deca-1,6-dien-8-one
4. US 7,622,614 B2	24 Nov 2009	Methods For Production Of 5-epi-beta-vetivone, 2-isopropyl-6,10-dimethyl-spiro [4.5]deca-2,6-dien-8-one, And 2-isopropyl-6,10-dimethyl-spiro[4.5]deca-1,6-dien-8-one

Où en sont actuellement les travaux de R et D d'Evolva sur EpivoneMD, le composé associé au vétiver?

Depuis qu'elle a fait l'acquisition d'Allylix en 2014, Evolva n'a mentionné publiquement aucun plan futur en ce qui concerne la recherche, le développement ou la commercialisation de la bêta-vétivone (c.-à-d. EpivoneMD), qui constitue l'un des composés clés du vétiver. Le site web de l'entreprise ne fait d'ailleurs aucune mention d'EpivoneMD ni du marché potentiel pour une fragrance reliée au vétiver.

ETC Group a communiqué avec le directeur général d'Evolva, Neil Goldsmith, afin d'en apprendre davantage sur les plans de commercialisation de son produit breveté EpivoneMD. Selon ce dernier, « Non, nous ne travaillons pas au développement d'EpivoneMD. Allylix a décidé de ne pas le commercialiser, et nous n'entendons pas revenir sur cette décision. S'agit-il d'un "non" définitif? Non. Mais je pense que cela reste très peu probable⁹². »

Contrairement aux affirmations faites par le directeur général d'Allylix, Goldsmith a expliqué que le produit de son entreprise, EpivoneMD, ne peut pas être comparé au vétiver, car il ne contient pas le composé aromatique clé

retrouvé dans cette plante :

L'huile de vétiver est un mélange complexe où l'alpha-vétivone (non pas l'isomère bêta) demeure la principale molécule aromatique, bien qu'il contienne une certaine quantité de bêta-vétivone. EpivoneMD n'a pas l'odeur du vétiver, et il ne se mélange pas ni ne se comporte de la même manière que celui-ci; il n'a d'ailleurs pas été prévu à ces fins. Oui, certains aspects sont communs, mais c'est comme dire que les humains et les souris sont une même chose, car les deux mangent du fromage. En réalité, ils ne sont pas semblables⁹³...

Les chimistes spécialisés dans les fragrances réfutent l'idée selon laquelle l'alpha-vétivone est la « principale molécule aromatique » de l'huile de vétiver. Dans un article publié en février 2012 dans *Perfumer & Flavorist*, un chimiste souligne qu'il existe « un débat quant aux molécules précises qui contribuent à l'odeur du vétiver⁹⁴ ».

Selon Günter Ohloff et ses collaborateurs, qui ont publié un livre intitulé *Scent and Chemistry: The Molecular World of Odors* en 2012, l'huile de vétiver est un mélange complexe de plus de 150 sesquiterpènes (un type de terpènes, les terpènes constituant une classe de composés organiques⁹⁵). L'alpha-vétivone, la bêta-vétivone et le khusimol, trois sesquiterpènes, sont invariablement retrouvés dans l'huile de vétiver à des concentrations pouvant atteindre jusqu'à 35 %; conséquemment, « ils sont considérés comme l'empreinte digitale de l'huile même

s'ils ne possèdent pas les caractéristiques odoriférantes typiques associées au vétiver⁹⁶ ».

Les chimistes et les parfumeurs croient que la khusimone joue un rôle important dans le « principe odorant du vétiver », bien que ce composé chimique ne soit présent qu'en petites quantités (environ 2 %) dans l'huile de vétiver⁹⁷. Bien que la khusimone a été synthétisée pour la première fois en 1979⁹⁸, il n'a jamais été possible de fabriquer une version synthétique d'huile de vétiver par voie chimique : « le rêve de produire une odeur synthétique de vétiver n'a jamais été réalisé et demeure [...] l'un des plus grands défis pour les chimistes spécialisés dans les fragrances⁹⁹ ». Dans une entrevue accordée en 2013, le chimiste principal de Givaudan, Philip

Kraft, a affirmé : « une copie fidèle à 100 % semble impossible ou du moins extrêmement difficile à réaliser¹⁰⁰ ».

« Parce que l'huile de vétiver contient un mélange

complexe de sesquiterpénoïdes aux structures compliquées, il est peu probable d'envisager de reproduire de manière économiquement viable cette huile dans un proche futur¹⁰¹. »

La biologie synthétique réussira-t-elle où la chimie organique a échoué? Jusqu'à présent, les chimistes ont échoué à répliquer l'huile de vétiver en laboratoire. De leur côté, les spécialistes de la biologie synthétique réussiront-ils à créer des microorganismes capables de fabriquer des molécules qui imitent l'huile de vétiver? S'ils y parviennent, leur création menacera-t-elle le marché de l'extrait végétal de vétiver et les modes de subsistance d'environ 30 000 familles haïtiennes? Considérant la complexité des systèmes biologiques, cela ne sera pas une tâche facile.

Les spécialistes des fragrances admettent que la composition chimique et la qualité odoriférante de l'huile de vétiver sont influencées par son origine géographique et l'environnement où il est cultivé¹⁰² — ce qui pourrait avantager Haïti en faisant de ce pays la source préférée de vétiver d'origine végétale. Une étude menée par des chercheurs italiens a révélé que la qualité de l'huile de vétiver est influencée par la composition des communautés microbiennes présentes dans les racines de la plante et autour de celles-ci¹⁰³. Les cellules des racines du

vétiver produisent certains précurseurs de l'huile qui sont ensuite métabolisés par ces bactéries, ce qui agit ultimement sur la qualité odoriférante de l'huile de vétiver extraite des racines de la plante¹⁰⁴.

D'après une étude publiée en 2015 par une équipe de scientifiques indiens : « Cela ouvre la porte à l'utilisation de ces colonies de bactéries pour manipuler directement la composition de l'huile. Cela peut être réalisé par une méthode in vitro se servant de souches spécifiques de bactéries pour donner à la matière première la composition désirée, ou encore, par une méthode in vitro modifiant la colonisation bactérienne des racines de la plante¹⁰⁵. »

« Les bactéries semblent stimuler la production d'huile essentielle, mais elles modifient également la structure moléculaire de l'huile, considérant ses différentes qualités et propriétés odoriférantes¹⁰⁶. »

Pourquoi Evolva (Allylix) a-t-elle renoncé à commercialiser EpivoneMD? Nous ne savons pas pourquoi Evolva a décidé de ne pas commercialiser son produit EpivoneMD. Evolva a indiqué à ETC Group que cette décision avait déjà été prise avant qu'elle fasse l'acquisition d'Allylix, bien qu'elle ait déjà dit à d'autres qu'il s'agissait plutôt de sa propre décision. Nous croyons que le solide soutien dont jouit le vétiver haïtien de la part d'organisations philanthropiques, de même que les préoccupations soulevées par ETC Group et ses alliés quant aux impacts de la commercialisation du produit EpivoneMD sur les producteurs de vétiver, ont été considérés comme d'importants obstacles aux efforts de relations publiques de l'entreprise. Cela pourrait également détourner les projecteurs des produits d'Evolva les plus importants sur le plan stratégique (notamment son stevia biosynthétique, fruit d'un partenariat avec Gargill).

L'oranger amer et la biologie synthétique

L'oranger amer (*Citrus aurantium*) est la source de trois ingrédients aromatiques et odoriférants majeurs : l'huile d'orange amère (bigarade), qui est extraite par pression de la pelure du fruit, sert à aromatiser les boissons et les liqueurs¹⁰⁷; l'huile de petit-grain, qui est extraite par distillation des feuilles et des petites branches, est largement employée en parfumerie; l'huile de néroli, enfin, est extraite des fleurs par distillation à la vapeur.

L'huile de néroli est un exemple type d'ingrédient à forte valeur ajoutée produit en petite quantité, deux caractéristiques des produits ciblés par les travaux de R et D dans le domaine de la biologie synthétique. La distillation à la vapeur de 850 kg de fleurs d'oranger cueillies avec soin ne permet de produire

qu'un seul kilo d'huile de néroli¹⁰⁸. La production annuelle mondiale d'huile de néroli varie entre 1,8 et 2,7 tonnes, les principaux producteurs étant situés en Afrique du Nord¹⁰⁹.

L'huile d'orange amère contient de la p-synéphrine, un proto-alcaloïde. La pelure, la fleur et la feuille de l'oranger amer renferment quant à elles différents flavonoïdes, incluant le limonène, l'hésperidine, la néohésperidine, la naringine et la tangéritine. Enfin, l'oranger amer contient également deux furocoumarines, le bergaptène et l'oxypeucedanine¹¹⁰. La nootkatone, une molécule convoitée par au moins deux entreprises de biologie synthétique, ne se retrouve pas dans l'huile de néroli ou de petit-grain¹¹¹.

Bien que nos recherches ne nous aient pas permis de trouver d'entreprises ayant publiquement annoncé qu'elle ciblait l'oranger amer en particulier, un certain nombre d'autres arômes d'agrumes ont été mis au point. (Celbius au Royaume-Uni a créé du 2-phényléthanol biosynthétique, un alcool aromatique employé dans les aliments, les fragrances et les produits cosmétiques; cet alcool serait de plus apparemment retrouvé dans l'huile de néroli, mais en faibles concentrations.) En raison du proto-alcaloïde qu'elle contient, la p-synéphrine, l'huile essentielle d'orange amère est traditionnellement employée pour soulager les troubles digestifs et favoriser la perte de poids¹¹², ce qui pourrait bien en faire un ingrédient aromatique attrayant, notamment pour les produits « nutraceutiques ». On ne saurait trop insister sur la nature secrète de l'industrie des arômes et des fragrances : il est souvent difficile de savoir quels ingrédients sont la cible des entreprises. Par exemple, Evolva se sert de « noms de code » pour désigner les produits qui sont en cours d'élaboration et dont elle n'est pas prête à révéler l'existence — dans son rapport annuel de 2014, Evolva fait mention de six produits en développement dont la nature exacte n'a pas été divulguée; de plus, une note indique que « d'autres ingrédients non divulgués sont en développement en interne¹¹³ ».

L'Amyris (santal des Indes occidentales) et la biologie synthétique

L'huile d'amyris est riche en alcools sesquiterpéniques. Comme le mentionne un article paru en 2009 dans *Perfumer & Flavorist*, l'analyse d'un échantillon d'huile d'amyris « présumée provenir d'Haïti » a révélé la présence de valérianol (21,5 %), de 7-épi-alpha-eudesmol (10,7 %) et de 10-épi-

gamma-eudesmol (9,7 %) ¹¹⁴. Note : le santal haïtien ne contient pas de santalols, des alcools sesquiterpéniques qui sont considérés être les principaux vecteurs de l'odeur du santal des Indes orientales.

En fait, le santal haïtien n'a aucun lien phylogénique avec le santal des Indes orientales (*Santalum album*), qui est l'essence de feuillu tropical la plus chère au monde, son huile se vendant aujourd'hui à plus de 2 000 \$/kg. Pour sa part, et bien qu'ayant une fragrance boisée semblable, le santal des Indes occidentales est décrit comme étant moins puissant que son homologue oriental plus coûteux et plus prisé. (Le prix de détail de l'huile d'amyris est d'environ 100 \$/kg.) En raison de la surexploitation des santals en Inde, l'Australie-Occidentale est devenue une source majeure d'huile de santal extraite d'une espèce différente d'arbre (*Santalum spicatum*) de même que de l'espèce non indigène *S. album*, qui est cultivée dans des plantations. Il existe déjà sur le marché des versions synthétiques de fragrances de santal (p. ex., Santalore) qui sont largement employées dans les parfums, certains étant très luxueux¹¹⁵. Toutefois, il existe une demande sur le marché pour des fragrances de santal pouvant recevoir les mentions « naturel » et « durable ». Bien que nos recherches ne nous aient pas permis de trouver d'entreprises de biologie synthétique ciblant *Amyris balsamifera* en particulier, nous savons qu'Allylix/Evolva tente de mettre au point une fragrance biosynthétique semblable à celle du santal, qui pourrait affecter de manière indirecte le marché de l'amyris haïtien.

La situation demeure toutefois incertaine, car nous ne savons pas s'il reste de bois d'*Amyris balsamifera* en Haïti. Au cours de la première décennie du 21^e siècle, la production annuelle d'huile d'amyris était estimée à 60 tonnes, mais depuis lors, les statistiques ne sont plus disponibles. En 2010, à la suite du tremblement de terre, l'Haïti Essential Oil Company a indiqué que « les stocks [étaient] suffisants pour répondre à la demande normale », sans toutefois donner de détails sur l'importance de cette demande ou sur l'origine du bois.

Une source provenant de l'industrie en Haïti a mentionné à ETC Group qu'il ne reste plus de bois d'amyris dans ce pays¹¹⁶. Des efforts sont-ils actuellement entrepris pour revitaliser l'industrie de l'amyris en Haïti? Ces efforts pourraient-ils être ruinés par les travaux de R et D dans le

secteur de la biologie synthétique? Avant de pouvoir prédire les effets de l'arrivée sur le marché d'une fragrance biosynthétique de santal, la situation doit être clarifiée à l'aide de recherches sur le terrain.

Encadré 3 : Comment les agriculteurs pourraient-ils être touchés par les avancées de

la biologie synthétique? Mise en perspective historique des avancées de la biologie synthétique : technologie, modes de subsistance et commerce des produits végétaux

L'histoire montre que l'introduction de nouvelles technologies peut avoir de profonds impacts dévastateurs sur les modes de subsistance des agriculteurs, des travailleurs agricoles et des systèmes économiques nationaux. Il est possible de relever différentes vagues de transfert de technologie au fil de l'histoire. Durant la période coloniale, par exemple, l'expansionnisme européen a intensifié le flux de plantes alimentaires et d'animaux d'élevage entre les continents et les peuples. Dans la plupart des cas, les pouvoirs coloniaux contrôlaient ces flux de cultures et des semences, en plus de monopoliser les technologies de production et de transformation essentielles à la commercialisation (p. ex., coton, caoutchouc, café, thé et épices). En conséquence, les transferts de technologie engendrent souvent des situations de dépendance économique de longue durée dans les pays colonisés.

Les avancées dans le domaine de la chimie vers la fin du 19^e siècle — notamment en Allemagne, en France et au Royaume-Uni — ont provoqué une nouvelle vague technologique qui a réduit ou éliminé la demande pour une vaste gamme de matières premières qui originalement, provenaient des pays du Sud. Les teintures synthétiques allemandes, par exemple, ont rapidement remplacé les teintures naturelles telles que le colorant de garance. Entre 1850 et 1870, les agriculteurs turcs exportaient 15 000 tonnes de racine de garance par année aux entreprises britanniques du secteur des textiles. Le marché turc des teintures naturelles s'est éteint aux alentours de 1900 en raison de l'arrivée d'une version d'alizarine issue de la chimie organique. Presque du jour au lendemain, la teinture rouge extraite du camwood, un produit à forte valeur ajoutée exporté par le Libéria, a perdu son

importance commerciale — tout comme le carmin mexicain (une teinture extraite d'un insecte appelé cochenille).

Lorsque les teintures synthétiques bleues furent produites à grande échelle en Allemagne en 1897, les agriculteurs indiens cultivaient encore l'indigotier sur 574 000 hectares au Bengale et le Bihar.

Or, en 1920, cette culture a complètement disparu. À la suite de la Deuxième Guerre mondiale, les fibres synthétiques à base de pétrole ont porté un dur coup au marché mondial des textiles (soie et coton) de même qu'à celui des fibres dures habituellement employées pour la fabrication d'une vaste gamme de produits, dont les tapis, les tapis pour voitures, les cordes et les ficelles agricoles. Au

cours des années 1930, la science des polymères a donné naissance à la révolution du plastique.

Moins d'un siècle plus tard, nous commençons à saisir les conséquences sociales, environnementales et sanitaires des produits pétrochimiques et des polymères de synthèse.

Les principaux bénéficiaires des changements technologiques soudains sont ceux qui les ont mis au point ou qui les contrôlent. Les « perdants » se trouvent alors à être les producteurs de matières premières qui n'ont pas anticipé ces changements imminents ou qui n'ont pas pu s'adapter rapidement aux nouvelles demandes.

Afin d'apaiser les inquiétudes voulant que la biologie synthétique mène à ce genre de scénario faisant des gagnants et des perdants, certains font valoir que substituer la production en champs par la production en cuves peut être bénéfique aux écosystèmes et à la sécurité alimentaire des pays traditionnellement producteurs. L'entreprise Amyris (Berkeley, Californie) a laissé entendre que si la Chine cessait de cultiver l'armoise annuelle pour en extraire un composé pharmaceutique (artémisinine), cela permettrait aux agriculteurs chinois de faire pousser plus de pommes de terre. Cet argument n'est toutefois pas valable sur le plan

Les principaux bénéficiaires des changements technologiques soudains sont ceux qui les ont mis au point ou qui les contrôlent. Les « perdants » se trouvent alors à être les producteurs de matières premières qui n'ont pas anticipé ces changements imminents ou qui n'ont pas pu s'adapter rapidement aux nouvelles demandes.

économique ou environnemental puisque l'armoise annuelle pousse dans des environnements peu cléments qui ne conviennent pas à d'autres cultures. Du reste, les agriculteurs ne retirent pas seulement un bénéfice substantiel de la production d'armoise annuelle; la tisane aux propriétés antipaludiques qu'ils préparent à la maison offre un bienfait direct aux familles et aux communautés.

La pomme de terre, pour sa part, a un effet dévastateur connu sur les sols, et oblige les agriculteurs à faire un usage extensif de produits agrochimiques — avec toutes les conséquences négatives que cela implique sur les plans économique, sanitaire et environnemental.

Pour donner un autre exemple, réduire la production de vanille naturelle à Madagascar (et remplacer celle-ci par une production dans des laboratoires situés en Suisse) affecterait immédiatement les modes de subsistance des familles de producteurs. Ces derniers seraient par ailleurs forcés d'abattre les précieuses forêts diversifiées qui servent à créer les conditions nécessaires à la croissance des lianes de vanille.

En théorie toutefois, la biologie synthétique pourrait en contrepartie stimuler la demande pour certains produits d'origine naturelle. Par exemple, quelques dizaines d'années après son invention aux États-Unis au cours de la Deuxième Guerre mondiale, le caoutchouc synthétique est parvenu à conquérir 60 % du marché mondial. Néanmoins, en raison de la hausse de la demande pour les pneus à la suite de la guerre, la demande pour le caoutchouc naturel a également augmenté, au profit des pays producteurs d'Asie du Sud-Est.

De même, dans les années 1950 en Thaïlande, la découverte d'une bactérie ayant mené à l'invention du sirop de glucose à haute teneur en fructose aurait pu mettre fin à la demande pour la canne à sucre ou la betterave à sucre. En fait, l'explosion de la demande pour les édulcorants — et l'éthanol-carburant — a plutôt stimulé la demande pour ces deux plantes, pour le meilleur et pour le pire.

Les arômes et des fragrances naturels pourraient-ils subir le même sort? Les produits synthétiques émulant les substances naturelles occupent actuellement 95 % du marché. Cependant, les 5 % restants de ce marché permettent encore de faire vivre des dizaines de millions de familles d'agriculteurs à travers le monde. Il vaut la peine que nous nous battions pour elles. Au cours des dernières années, certaines grandes entreprises de transformation alimentaire et même de grandes chaînes de restauration rapide (incluant Pizza Hut et Taco Bell) ont décidé de réutiliser des arômes « naturels » devant le rejet massif des analogues artificiels par les consommateurs. Il est donc possible de remporter cette bataille.

Toutefois, la théorie de la « destruction créatrice » de Schumpeter vaut toujours. Le changement, mais aussi la seule possibilité qu'il survienne, comporte un grand potentiel destructeur, même si cela s'avère bénéfique à long terme. Ainsi, la seule possibilité de remplacer une culture par une cuve de fermentation suffit à perturber les chaînes d'approvisionnement et à faire chuter les prix de production. Cela peut ultimement pousser les agriculteurs à se détourner d'une production lucrative de crainte que personne ne l'achète. Dans une telle situation, si les agriculteurs battent en retraite par crainte d'affronter la concurrence de la biologie synthétique, cette dernière n'a même pas à réussir sur le plan technologique pour remporter une victoire

commerciale. En conclusion, le vent de destruction créative a toujours un

effet dévastateur sur les peuples marginalisés. En conséquence, tout changement de paradigme technologique, même sur le long terme, ne devrait s'effectuer qu'après s'être assuré que les acteurs affectés par celui-ci peuvent participer pleinement aux négociations politiques et économiques.

Conclusion

La création, à l'aide de la biologie synthétique, de microorganismes capables de synthétiser des arômes ou des fragrances par l'entremise d'un procédé de fermentation industrielle est une technologie qui a déjà fait ses preuves dans le cas de certains composés à forte valeur ajoutée — et plusieurs autres produits sont encore en voie d'élaboration. La réglementation en vigueur en Union européenne et aux États-Unis permet que ces produits ou ces ingrédients (obtenus par des processus microbiologiques, dont la fermentation) soient considérés comme étant naturels. Cela leur permet de concurrencer les produits extraits de végétaux ainsi que leur version synthétique.

La plateforme de production biosynthétique est bien réelle, croît rapidement, a déjà causé son lot de préjudices et représente une sérieuse menace à l'économie et aux modes de subsistance des producteurs de nombreux produits végétaux naturels. Certains produits de la biologie synthétique sont déjà sur le marché, et ont déjà fait chuter le prix des produits naturels qu'ils tentent de remplacer, comme l'ont notamment vécu les petits agriculteurs en Afrique de l'Est dans le cas de l'armoise annuelle (à partir de laquelle un remède antipaludique, l'artémisinine, est extrait).

Le processus de mise au point de chaque produit de la biologie synthétique varie en complexité, ce qui influence conséquemment son coût et sa durée. Malgré

l'impressionnante liste de brevets et de demandes de brevets, la modification de voies métaboliques et la fermentation ne constituent pas nécessairement des moyens techniquement ou économiquement viables pour tous les arômes et toutes les fragrances. L'existence d'une technologie n'implique pas nécessairement qu'elle soit commercialisable. Les entreprises en démarrage exagèrent systématiquement la rapidité et la portée de leurs innovations.

Dans le cas du vétiver :

- D'après nos recherches, Evolva est la seule entreprise à détenir actuellement des brevets qui traitent de biologie synthétique et de production de composés structurellement associés au vétiver.
- Evolva affirme qu'elle ne mène actuellement aucune activité de R et D pour mettre en marché ses composés associés au vétiver; il est par ailleurs peu probable qu'elle le fasse un jour. (Les brevets ont été émis au nom d'Allylix, une entreprise qui a été rachetée par Evolva en 2014.)
 - Evolva affirme que ses composés brevetés (associés à la bêta-vétivone) ne correspondent pas à ceux qui sont principalement responsables de la fragrance de vétiver. Il semble toutefois que cette affirmation soit contestée. Nous avons communiqué avec plusieurs chimistes spécialisés dans les arômes et les fragrances rattachés à l'université ou à l'industrie pour leur demander leur avis, en plus d'avoir fait la recension des brevets et de la littérature sur le sujet. Les chimistes n'ont jamais été en mesure de créer une version synthétique de l'huile de vétiver; seuls quelques-uns de ses composés clés, comme la khusimone, l'ont été¹¹⁷.
- Rien ne garantit que les composés responsables de la fragrance de l'huile de vétiver ne soient pas un jour dans le collimateur des entreprises ou des chercheurs du domaine de la biologie synthétique.

Rien ne garantit que les composés responsables de la fragrance de l'huile de vétiver ne soient pas un jour dans le collimateur des entreprises ou des chercheurs du domaine de la biologie synthétique.

Bien que des acteurs majeurs de l'industrie des arômes et des fragrances (p. ex., Givaudan et Firmenich) investissent actuellement dans des initiatives très médiatisées pour favoriser la production durable de vétiver dans l'arrondissement des Cayes, ceux-ci soutiennent parallèlement la R et D dans le domaine de la biologie synthétique (bien qu'à notre connaissance, cette activité de R et D ne soit pas liée au vétiver).

En ce qui concerne l'oranger amer, aucune entreprise n'a indiqué cibler *Citrus aurantium* en Haïti. Traditionnellement employée pour soulager les troubles digestifs et favoriser la perte de poids, l'huile essentielle d'orange amère pourrait néanmoins devenir une cible attrayante pour les entreprises désireuses de fabriquer un substitut biosynthétique, notamment pour en faire un ingrédient « naturel » entrant dans la composition de produits nutraceutiques. D'autres substances retrouvées dans les agrumes (p. ex., valencène et nootkatone) ciblées par les activités de R et D dans le domaine de la biologie synthétique pourraient constituer des précédents.

En raison d'au moins deux facteurs, il demeure difficile de se prononcer **sur le cas de l'huile de santal qui, en Haïti**, est extraite du bois d'*Amyris balsamifera* : 1) la production d'huile de santal en Haïti semble arrêtée en raison de la rareté de l'arbre dans ce pays et des difficultés de l'importer de République dominicaine pour la transformer; et 2) bien qu'aucune entreprise n'ait indiqué cibler l'amyris, au moins deux d'entre elles concentrent leurs efforts de R et D sur la production d'une fragrance biosynthétique de santal des Indes orientales, soit Isobionics (Pays-Bas) et Evolva (Suisse). Ultiment, c'est le prix de cet ingrédient biosynthétique qui déterminera son impact sur le marché du santal des Indes occidentales.

Nous considérons actuellement que les cultures haïtiennes d'où sont extraites les huiles essentielles ne sont pas encore menacées par d'éventuels concurrents biosynthétiques, mais cette situation pourrait changer dans le futur — notamment si une entreprise (p. ex., Evolva) décidait de reprendre ses travaux sur la fragrance de vétiver. Il se peut que les avancées dans le domaine de la biologie synthétique n'affectent pas les exportations haïtiennes d'huiles essentielles; elles pourraient toutefois

comporter des effets négatifs sur d'autres importantes exportations agricoles, incluant le café et le cacao. Il vaut en outre la peine de rappeler que l'industrie des arômes et des fragrances a une nature secrète notoire : dans nombre de cas, nous ne savons pas quels ingrédients sont la cible des entreprises de biologie synthétique. L'usage de noms de code par Evolva pour désigner les arômes et les fragrances qui en sont en cours d'élaboration constitue un exemple type de cette opacité¹¹⁸.

Cette culture du secret est par ailleurs éloquemment illustrée dans cet extrait d'un article paru en 2009 dans le *New Yorker* :

Il y a plusieurs années, un employé de Givaudan qui assistait à un colloque a accidentellement révélé à un reporter de Beverage World que son entreprise avait fabriqué un arôme de vanille pour Coca-Cola. Une fois cette information publiée, les cadres chez Givaudan ont réagi de la même manière que si un secret d'État avait été éventé : ils ont fait enquête sur la fuite, ont restreint la divulgation d'informations liées à leur contrat avec Coke aux seuls employés travaillant directement avec l'entreprise, en plus de s'envoler vers le siège social de Coca-Cola pour aller s'excuser en personne. Dans le monde des arômes, le secret va bien au-delà de la seule protection des formules chimiques. (Ces formules ne sont généralement pas brevetées, d'où l'utilisation de l'énigmatique expression « arôme naturel » dans toutes les listes d'ingrédients retrouvées sur les étiquettes alimentaires.) L'employé de Givaudan qui assistait au colloque a violé une règle encore plus fondamentale. Peu d'entreprises vendant des aliments transformés souhaitent que le public sache que des laboratoires externes leur fournissent des arômes¹¹⁹.

Le fait que certains ingrédients dits « naturels » soient produits par l'entremise de procédés biosynthétiques est également gardé secret. **Très peu de consommateurs savent en fait que la mention « produit naturel » englobe les arômes et les fragrances sécrétées par des microorganismes modifiés au cours d'un procédé de fermentation industrielle.**

Les cadres de l'industrie des arômes et des fragrances soutiennent que le choix de leurs entreprises d'utiliser un ingrédient naturel extrait d'une plante ou encore une version biosynthétique ou synthétique de ce dernier sera une décision pragmatique fondée sur leur prix sur le marché. Lors de discussions portant sur la « durabilité » auxquelles ont participé des représentants d'entreprises d'arômes et de fragrances investissant dans les ingrédients biosynthétiques

(IFF, Firmenich et Bedoukian Research), David Shipman de Firmenich a expliqué la chose suivante : « Les clients veulent des produits naturels pour certaines raisons, et des produits synthétiques pour d'autres; nous devons donc satisfaire les clients sur les deux plans [...] La règle consiste donc à écouter nos clients, à les observer, et à observer les tendances à l'œuvre afin d'être prêts à fournir, dix ans à l'avance, plusieurs produits qui seront très différents de ceux que nous utilisons aujourd'hui¹²⁰. »

Personne ne remet en question le fait que les entreprises d'arômes et de fragrances observent leurs clients, mais, profitant du laxisme de la réglementation en matière d'étiquetage, elles comptent bien leur refiler des ingrédients biosynthétiques moins coûteux comme étant « naturels » pour [donner l'impression de] répondre à leurs exigences.

Cet état de choses peut fournir des munitions pour les défenseurs des petites communautés agricoles haïtiennes dont les modes de subsistance dépendent des cultures desquelles sont extraites les huiles essentielles, alors que la méfiance du public envers les ingrédients biosynthétiques est réelle et grandissante. Un sondage mené en 2014 sur l'attitude de la population envers la biologie synthétique indique que l'une des applications de la biologie synthétique qui engendre « beaucoup de critiques et de préoccupations » chez les consommateurs est la mise au point d'arômes biosynthétiques pour remplacer les arômes naturels et les ingrédients tels que la vanille et les agrumes dans les aliments destinés à la consommation humaine. Selon les chercheurs : « Les discussions révèlent que les participants ne sont pas tant préoccupés par la mise au point d'ingrédients biosynthétiques pour les peintures que par la mise au point des additifs alimentaires biosynthétiques que les humains ingéreraient¹²¹. Dans le cas de la vanille, il se dégage une impression que "nous

avons tout ce dont nous avons besoin" et que conséquemment, une version biosynthétique n'est pas nécessaire — cela créerait un risque potentiel pour aucune raison valable¹²². » Les préoccupations de la population quant aux ingrédients alimentaires influenceront-elles les choix des entreprises en matière de composés aromatiques et odoriférants? La population est-elle suffisamment informée pour faire valoir ses choix?

Prochaines étapes à envisager

- **Renforcer la surveillance** : Bien que les conséquences des progrès de la biologie synthétique sur les produits aromatiques et odoriférants provenant d'Haïti soient inconnues, les défenseurs des intérêts des petits agriculteurs haïtiens qui dépendent de la production d'huiles essentielles devraient se tenir au courant de ces progrès et de leurs impacts. Les autres pays caribéens producteurs d'huiles essentielles devraient eux aussi avoir la biologie synthétique à l'œil et examiner les menaces éventuelles que celle-ci laisse planer sur leur économie.
- **Annulation des brevets** : Nous croyons les représentants d'Evolve lorsqu'ils affirment que l'entreprise ne prévoit pas pour l'instant de commercialiser son composé associé au vétiver. Toutefois, nous restons préoccupés par le fait que cette entreprise (ou toute autre qui en ferait l'acquisition) a tout en main (y compris les brevets) pour le commercialiser à tout moment, ce qui pourrait avoir d'importantes répercussions sur les modes de subsistance des Haïtiens. En Haïti, les producteurs de vétiver, entre autres, pourraient souhaiter qu'Evolve renonce à ses brevets sur la production d'EpivoneMD. Il serait convenable qu'Evolve (et les autres entreprises de biologie synthétique) cède ses droits de propriété intellectuelle sur la biosynthèse de composés aromatiques et odoriférants afin de préserver les modes de subsistance des petits producteurs.
- L'opposition populaire aux produits de la biologie synthétique va croissant. Considérant la forte visibilité des initiatives de l'industrie des arômes et des fragrances pour s'approvisionner en vétiver cultivé de manière durable par les petits producteurs d'Haïti, **les acheteurs (particulièrement**

Notes

- 1 http://atlas.media.mit.edu/explore/tree_map/hs/export/hti/all/show/2012/
- 2 Chris Paddon et Jay Keasling, « Semi-synthetic artemisinin: a model for the use of synthetic biology in pharmaceutical development », *Nature Reviews Microbiology*, vol. 12, mai 2014, p. 356.
- 3 David Ferry, « The Promises and Perils of Synthetic Biology », *Newsweek*, 11 mars 2015 : www.newsweek.com/2015/03/20/promises-and-perils-synthetic-biology-312849.html
- 4 Melody Bomgardner, « The Sweet Smell of Microbes », *Chemical & Engineering News*, 16 juillet 2012, p. 26.
- 5 PhytoMetaSyn, Synthetic Biosystems for the Production of High-Value Secondary Metabolites : www.phyto metasyn.ca/index.php/about-phyto metas
- 6 Chris Paddon et Jay Keasling, « Semi-synthetic artemisinin: a model for the use of synthetic biology in pharmaceutical development », *Nature Reviews Microbiology*, volume 12, mai 2014, p. 356.
- 7 Stephanie Lee, « This Startup Is Designing Yeast To Make Brand-New Scents, Flavors », *BuzzFeed*, 18 mars 2015 : [www.buzzfeed.com Brian Gormley, « Ginkgo Bioworks Raises \\$9M to 'Engineer' Food Flavors, Fragrances », *Wall Street Journal*, 18 mars 2015 : <http://blogs.wsj.com/venturecapital/2015/03/18/ginkgo-bioworks-raises-9m-to-engineer-foodflavorsfragrances/>](http://www.buzzfeed.com/BrianGormley/ginkgo-bioworks-raises-9m-to-engineer-food-flavors-fragrances)
- 8 Citée dans : Melody Bomgardner, *loc. cit.*
- 9 Stephanie Lee, *loc. cit.*
- 10 Withers, S. et Keasling, J. « Biosynthesis and engineering of isoprenoid small molecules ». *Appl Microbiol Biotechnol.* Janvier 2007; 73(5) : 980-990. Epub, 18 novembre 2006.
- 11 *Ibid.*
- 12 Robert Sanders, Launch of antimalarial drug a triumph for UC Berkeley, synthetic biology, UC Berkeley News Center, 11 avril 2013 : newscenter.berkeley.edu/2013/04/11/launch-of-antimalarial-drug-a-triumph-for-ucberkeley-synthetic-biology/
- 13 Hansen et coll. 2009. « De novo biosynthesis of Vanillin in Fission yeast (*Schizosaccharomyces pombe*) and Baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) ». *Applied and Environmental Microbiology* 75 : 2765-2774.
- 14 Andy Pollack, « What's That Smell? Exotic Scents Made From Re-engineered Yeast », *New York Times*, 20 octobre 2013. Aux États-Unis, il n'existe aucune obligation d'appliquer la mention « OGM » sur un produit issu d'une levure génétiquement modifiée. Cela est dû au fait que la levure modifiée est considérée comme un processus technique plutôt que comme la source de l'ingrédient aromatique ou odoriférant.
- 15 Les produits contenant des composés aromatiques synthétiques issus de la chimie ou des arômes ne provenant pas de la nature doivent porter la mention « identique au produit naturel » ou « artificiel » sur leur étiquette (Directive 88/388/EEC du Conseil européen; Code des règlements fédéraux des États-Unis 21 CFR 101.22). Cette mesure a fait baisser la valeur marchande des arômes obtenus par synthèse chimique. Nethaji J. Gallage et Birger Lindberg Møller, « Vanillin—Bioconversion and Bioengineering of the Most Popular Plant Flavor and Its De Novo Biosynthesis in the Vanilla Orchid », *Molecular Plant* 8, 40–57, janvier 2015. [www.cell.com/molecularplant/pdf/S1674-2052\(14\)00009-4.pdf](http://www.cell.com/molecularplant/pdf/S1674-2052(14)00009-4.pdf)
- 16 Consumer Reports, « Say no to 'natural' on food labels: Why Consumer Reports is launching a campaign to ban the ubiquitous term », juin 16, 2014. www.consumerreports.org/cro/news/2014/06/say-no-to-natural-onfoodlabels/index.htm
- 17 Sabisch, M., et Smith, D. The Complex Regulatory Landscape for Natural Flavor Ingredients. Sigma Aldrich. www.sigmaaldrich.com, 1er août 2014. [www.cell.com/molecular-plant/pdf/S1674-2052\(14\)00009-4.pdf](http://www.cell.com/molecular-plant/pdf/S1674-2052(14)00009-4.pdf)
- 18 Anonyme. « 2016 flavor and fragrance leaderboard », *Perfumer & Flavorist*, 8 juillet 2016.
- 19 Market Insider, Flavors and fragrances market projected to grow to US\$35 billion by 2020, 27 janvier 2015. www.intracen.org/itc/blogs/market-insider/Flavors-and-Fragrances-market-projected-to-grow-to-US-35-billionby-2020/
- 20 Tully, et Holland. *Flavors and Fragrances industry update*, août 2014. www.tullyandholland.com/tl_files/documents/F&F%20Industry_Note_FINAL.pdf

- 21 Anonyme. « 2016 flavor and fragrance leaderboard », *Perfumer & Flavorist*, juillet 2016.
www.perfumerflavorist.com/networking/news/company/2015-Flavor-Fragrance-Leaderboard-305725281.html
- 22 *Ibid.*
- 23 Ces six entreprises sont les suivantes : Givaudan, Firmenich, IFF, Symrise, Robertet et Takasago.
- 24 Charu Gupta, Dhan Prakash et Sneli Gupta. 2015. « A Biotechnological Approach to Microbial Based Perfumes and Flavors », *Journal of Microbiology and Experimentation*, 2(1).
- 25 IFEAT Socio-Economic Impact Study, « Naturals — small but vital ingredients in a range of products », IFEAT World, mai 2014, p. 4. www.ifeat.org/wp-content/uploads/2014/05/IFEAT_World_May-2014-.pdf
- 26 *Ibid.*
- 27 *Ibid.*
- 28 Prudente, l'estimation effectuée par ETC Group se fonde sur le fait qu'en Inde seulement, plus de 15 millions d'agriculteurs produisent de la menthe des champs (source de menthol).
- 29 www.ifeat.org/wp-content/uploads/2014/05/IFEAT_World_May-2014-.pdf
- 30 The socio-economic importance of essential oil production sector (étude réalisée par l'IFEAT et l'IFRA).
http://www.intracen.org/uploadedFiles/intracenorg/Content/Exporters/Market_Data_and_Information/Market_informati on/Market_Insider/Essential_Oils/The%20socio-economic%20importance%20of%20the%20essential%20oils%20production%20sector.pdf
- 31 Anonyme. « 2016 flavor and fragrance leaderboard », *Perfumer & Flavorist*, juin 2016.
www.perfumerflavorist.com/networking/news/company/2016-Leaderboard-386051221.html?prodrefresh=y&cajs_aid=ed7a89c1-bd4e-43d5-8c5d-f9def097c67a&cajs_uid=4024E8652690C8Y
- 32 Anonyme. « 2013 flavor and fragrance leaderboard », *Perfumer & Flavorist*, volume 38, juin 2013.
- 33 Bruce Watson. « International Flavors and Fragrances: greening a taste and smell supply chain », *The Guardian*, 27 novembre 2013. www.theguardian.com/sustainable-business/international-flavors-fragrances-householdchemicals.
- 34 International Flavors and Fragrances. Form 10-K Report to the U.S. Securities and Exchange Commission. Pour l'exercice financier se terminant au 31 décembre 2012.
- 35 www.fool.com/investing/general/2014/04/24/amyris-is-giving-the-hippie-perfume-molecule-a-syn.aspx
- 36 Food Navigator. Lux Research: Cost, speed and sustainability benefits of synthetic biology will make it a “permanent and growing aspect” of flavors market. 27 août 2015. www.foodnavigator-usa.com/Markets/Lux-Research-Synthetic-biology-will-drive-flavors-fragrances-market
- 37 http://atlas.media.mit.edu/explore/tree_map/hs/export/hti/all/show/2012/
- 38 *Ibid.*
- 39 *Ibid.* Au Belize, qui compte parmi les pays caribéens, les huiles essentielles constituent le 13e produit d'exportation le plus précieux, générant un revenu de 4,9 millions de dollars en 2012, soit environ 1 % des revenus d'exportation totaux de ce pays (490 millions de dollars).
- 40 Pour une explication du concept de « statistiques miroirs » et des raisons de leur manque de fiabilité, voir : Hubert Escaith, « Comprendre les statistiques du commerce international », in OMC. 2012. Statistiques du commerce international 2012. p. 4-5.
- 41 Voir le www.trademap.org/Country_SelProductCountry_TS.aspx. Ce montant reflète la valeur des huiles essentielles, des parfums, des produits cosmétiques et des articles de toilette exportés.
- 42 Anonyme. « Haiti launches business census », *Caribbean Journal*, 4 septembre 2012.
- 43 Communiqué de presse de Firmenich. Firmenich CEO confirms long-term commitment to farmers in Haiti. 4 avril 2013. www.firmenich.com/m/company/news/index.lbl?uid=571106e7-a270-9ed5-95ad-75c869273d46
- 44 Elizabeth Gibbons est agrégée supérieure et scientifique invitée au FXB Center for Health and Human Rights à l'Université Harvard.

- 45 Elizabeth Gibbons. 1999. *Sanctions in Haiti: Human Rights and Democracy Under Assault*. Westport (CT) : Praeger et Center for Strategic and International Studies.
- 46 Voici ce qu'a affirmé David Shipman, président de Firmenich pour l'Amérique du Nord quant à l'initiative Partners in Haiti's Future de la Fondation Clinton : « Dans les années 1980, Firmenich s'approvisionnait en huile de lime de haute qualité à partir d'Haïti. Au fil du temps, l'industrie haïtienne de la lime a disparu. Aujourd'hui, soit plus de 25 ans plus tard, il est formidable de s'associer à la Fondation Clinton pour distribuer des semences de limettier aux petits agriculteurs haïtiens afin de relancer cette importante culture qui demeure très nécessaire. »
- 47 http://atlas.media.mit.edu/explore/tree_map/hs/export/hti/all/show/2012/
- 48 Scott Freeman. 2011. *Vetiver in Southwest Haiti*. Rapport préparé pour le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE).
- 49 *Ibid.*
- 50 Barbara Herman. « Vying for vetiver », *Town and Country*, décembre 2014.
- 51 Michael Zviely. 2012. « Vetivone and khusimone — the puzzling vetiver oil components », *Perfumer & Flavorist*, 37 : 46-50.
- 52 *Ibid.*
- 53 Barbara Herman, *loc. cit.*
- 54 David Adams. « Perfumers promote fair trade for Haiti's 'super-crop' », *Reuters*, 24 avril 2014.
www.reuters.com/article/2014/04/24/us-haiti-perfume-idUSBREA3N24O20140424
- 55 Scott Freeman, *op. cit.*
- 56 *Ibid.*
- 57 *Ibid.*
- 58 Natural Resources Stewardship Circle. *Vetiver Case Study*. www.nrsc.fr/projects-workgroups/vetiver-case-study/
- 59 Bulletin de nouvelles de Firmenich. 4 avril 2013. www.firmenich.com/m/company/news/index.lbl?uid=571106e7-a270-9ed5-95ad-75c869273d46
- 60 Pour plus d'information, voir : Firmenich 2014 sustainability report. www.firmenich.com/m/company/responsability/social-responsibility/index.lbl
- 61 Communiqué de presse d'Unilever. IFF and Unilever launch partnership to improve lives of vetiver farming communities in Haiti. 7 juillet 2016. www.unilever.com/news/press-releases/2016/IFF-and-Unilever-launchpartnership-to-improve-lives-of-vetiver-farming-communities-in-Haiti.html
- 62 Communiqué de presse de Sustainable Brands. 25 juillet 2016.
www.sustainablebrands.com/press/unilever_iff_team_ngos_haiti_vetiver_project
- 63 « Givaudan Partners with Vetiver Growers to Strengthen Supply from Haiti », *Perfumer & Flavorist*, 9 décembre 2013.
<http://www.perfumerflavorist.com>
- 64 www.givaudan.com/investors/vision-and-strategy/sustainable-sourcing
- 65 Natural Resources Stewardship Circle. 2014. NRSC specifications as applied to the Haitian vetiver supply chain.
<http://www.nrsc.fr/wp-content/uploads/2015/04/SPECIFICATIONS-Vetiver-July-2014.pdf>
- 66 *Ibid.*
- 67 CNUCED/OMC. 2007. *The Rise and Implications of Voluntary Private Standards for Access of Developing Countries to Key Export Markets*. Joint UNCTAD/WTO Informal Information Session on Private Standards. Genève.
http://unctad.org/Sections/wcmu/docs/ditc_tedb_ted0010_en.pdf
- 68 Conseil des droits de l'homme. 2009. *Rapport du Rapporteur spécial sur le droit à l'alimentation*, Oliver de Schutter. Le secteur agroalimentaire et le droit à l'alimentation (A/HRC/13/33).
- 69 David Adams, *loc. cit.*
- 70 *Ibid.*
- 71 Mark Blumenthal. « Bitter orange peel and synephrine », *WholeFoods*, mars 2004 (deuxième partie publiée en mars 2005).

- 72 Aromatic Plant Project, "What Makes an Essential Oil Smell the Way It Does?"
http://www.aromaticplantproject.com/articles_archive/citrus_essential_oils.html
- 73 www.sigmaaldrich.com/life-science/nutrition-research/learning-center/plant-profiler/citrus-aurantium.html
- 74 Gary Paul. « Les filières agricoles de la région nord. Diagnostic et potentiel de développement ». Le Programme de croissance du Pôle Nord. p. 153.
- 75 Charles Arthur. 2003. « Haïti's labour in renaissance », *International Union Rights*, 10(2) : 29.
- 76 Sheryl Garratt. « Don't take the pith », *The Guardian*, 14 avril 2002.
- 77 www.albertvieille.com/en/products/145-amyriss-essential-oil-haiti.html
- 78 Bernard Champon. « The Essential Oils of South and Central America ». Article présenté à l'IFEAT 2001 International Conference, Buenos Aires, Argentine, 11-15 novembre 2001. In actes de la conférence, p. 97.
- 79 www.albertvieille.com/en/products/145-amyriss-essential-oil-haiti.html
- 80 National Institute of Industrial Research (Inde). 2003. The complete technology book of essential oils (aromatic chemicals). Asia Pacific Press. p. 256.
- 81 Brian M. Lawrence. 2009. « A Preliminary Report on the World Production of Some Selected Essential Oils and Countries ». *Perfumer & Flavorist*, 34(1) : 43.
- 82 Gueric Boucard, TEXAROME INC. « Ecological Power & Production Centers ». Résumé de projet. p. 1.
- 83 Bernard Champon, *loc. cit.*
- 84 Communication personnelle avec Gilbert Assad, avril 2015.
- 85 Communiqué de presse d'Allylix. www.allylix.com/press/allylix-commercialize-novel-specialty-chemical
- 86 Doris De Guzman. « Allylix bags BASF investment », 15 mars 2012. www.icis.com/blogs/greenchemicals/2012/03/allylix-bags-basf-investment/
- 87 Communiqué de presse d'Allylix. www.allylix.com/press/allylix-commercialize-novel-specialty-chemical
- 88 Communiqué de presse d'Evolva. Evolva to acquire Allylix, 18 novembre 2014.
- 89 www.evolva.com/products#sthash.NFehhekJ.dpuf
- 90 Edison Investment Research Limited. Evolva: Gaining Dominance, 11 février 2015.
- 91 *Ibid.*
- 92 Communication par courriel avec Neil Goldsmith, directeur général d'Evolva, 26 février 2015.
- 93 *Ibid.*
- 94 Michael Zviely, *loc. cit.*
- 95 Les terpènes (une classe de divers composés organiques produits par les plantes) sont les principales composantes de plusieurs huiles essentielles extraites de plantes. Les sesquiterpènes (le préfixe « sesqui » signifie un et demi) sont une catégorie de terpènes constitués de trois unités isoprènes et dont la formule moléculaire est C₁₅H₂₄.
- 96 Günter Ohloff, Wilhelm Pickenhagen et Philip Kraft. 2012. Scent and chemistry: The molecular world of odors. Zurich : Wiley-VCH. p. 294.
- 97 *Ibid.*
- 98 Hsing-Jang Liu et Wing Hong Chan. 1979. « A total synthesis of (-)-khusimone », *Canadian Journal of Chemistry*, 57(6) : 708-709, 10.1139/v79-115.
- 99 Günter Ohloff, Wilhelm Pickenhagen et Philip Kraft, *op. cit.*
- 100 Serguey Borisov, Chemistry in Perfumes: An Interview with Fragrance Chemist Philip Kraft, 7 février 2013. www.fragrantica.com/news/Chemistry-in-Perfumes-An-Interview-with-Fragrance-Chemist-Philip-Kraft-4043.html
- 101 Günter Ohloff, Wilhelm Pickenhagen et Philip Kraft, *op. cit.*
- 102 Charu Gupta, Dhan Prakash et Sneli Gupta. 2015. « A biotechnological approach to microbial based perfumes and flavors, *Journal of Microbiology and Experimentation*, 2(1) : 00034. DOI: 10.15406/jmen.2015.02.00034.

- 103 Wiley-Blackwell Publishing. « Bacteria manage perfume oil production from grass », ScienceDaily, 7 novembre 2008. www.sciencedaily.com/releases/2008/10/081031102053.htm
- 104 *Ibid.*
- 105 Charu Gupta, Dhan Prakash et Sneli Gupta, *loc. cit.*
- 106 Wiley-Blackwell Publishing, *loc. cit.*
- 107 Mark Blumenthal, *loc. cit.*
- 108 Günter Ohloff, Wilhelm Pickenhagen et Philip Kraft, *op. cit.*
- 109 *Ibid.*
- 110 Sigma Aldrich. Bitter Orange (Citrus aurantium). Plant Profiler. www.sigmaaldrich.com/life-science/nutritionresearch/learning-center/plant-profiler/citrus-aurantium.html
- 111 Günter Ohloff, Wilhelm Pickenhagen et Philip Kraft, *op. cit.*
- 112 www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22991491
- 113 Evolva annual report 2014. Mars 2015. p. 13.
- 114 Brian M. Lawrence. « Progress in essential oils: Amyris oil », *Perfumer & Flavorist*, volume 36, octobre 2011, p. 74.
- 115 Chandler Burr. « Synthetic No. 5 », *New York Times*, 27 août 2006.
- 116 Communication personnelle avec Gilbert Assad, avril 2015.
- 117 Brevet WO 2015/001225 A1. Nouveau procédé de synthèse de la khusimone. Déposant : Robertet SA. Date de publication : 8 janvier 2015.
- 118 Evolva annual report 2014. Mars 2015. p. 13.
- 119 Raffi Khatchadourian. « The Taste Makers », *The New Yorker*, 23 novembre 2009.
- 120 Anonyme. « RIFM Panel Talks Sustainability via Product Innovation », *Perfumer & Flavorist*, volume 39, février 2014. p. 14-15.
- 121 Hart Research Associates. 2014. Perceptions of synthetic biology and neural engineering: Key findings from qualitative research. Document préparé pour le Woodrow Wilson International Center For Scholars, Synthetic Biology Project. www.synbioproject.org/process/assets/files/6683/_draft/focusgroup_2014.pdf
- 122 *Ibid.*