

Vers une chimie biosourcée

Certaines matières premières fournies par la pétrochimie à l'industrie chimique peuvent poser, à plus ou moins long terme, des problèmes d'accessibilité. Une chimie biosourcée est-elle une alternative viable à la pétrochimie classique reposant sur la transformation des ressources fossiles ? À quelles conditions ? Quel pourrait être le rôle des pouvoirs publics dans ce domaine ?

Par **Olivier APPERT*** et **Fabio ALARIO****

LE NOUVEAU CONTEXTE PÉTROCHIMIQUE

Généralités

La pétrochimie est l'industrie qui transforme des ressources fossiles en grands produits intermédiaires pétrochimiques de base, qui seront transformés par l'industrie chimique pour produire de multiples produits finis, tels que les engrais (ammoniac), les caoutchoucs, les solvants, les détergents, les peintures, les matières plastiques, etc.

Les principales ressources fossiles transformées par l'industrie pétrochimique sont aujourd'hui l'éthane (un coproduit du gaz naturel) et le naphta (qui est une coupe pétrolière obtenue grâce au raffinage du pétrole brut). Ils permettent de produire les deux grandes familles de grands intermédiaires pétrochimiques que sont, d'une part, les oléfines (regroupant notamment l'éthylène, le propylène, les butènes et le butadiène) et, d'autre part, les aromatiques (tels que le benzène, le toluène et les xylènes, essentiellement) (voir la figure 1 de la page suivante).

* Président d'IFP Énergies nouvelles.

** Ingénieur Économiste à la Direction Économie et Veille d'IFP Énergies nouvelles.

Les deux grandes technologies mises en œuvre pour les produire sont : le vapocraquage, qui produit principalement des oléfines à partir du gaz éthane ou du naphta, et le reformage catalytique du naphta, qui produit exclusivement des hydrocarbures aromatiques. Le propylène et les butènes sont également produits, en proportions plus faibles, par un procédé propre à la raffinerie qui est le craquage catalytique en lit fluidisé.

Les différentes molécules issues de la pétrochimie, amenées au degré de pureté requis, sont ensuite traitées par les polyméristes et les chimistes au travers d'étapes de transformations complexes qui conduiront aux produits finis utilisables par les industriels spécialisés ou le consommateur final. Ces produits concernent les principaux secteurs d'activité que sont l'emballage, le bâtiment, les transports, l'électricité/électronique, etc.

Une industrie cyclique

L'économie de cette industrie dépend étroitement, d'une part, de la disponibilité et du prix des matières premières qu'elle traite (gaz naturel et pétrole brut) et, d'autre part, de l'état de l'offre et de la demande en grands intermédiaires pétrochimiques (oléfines et aromatiques), qui sont elles-mêmes liées à la demande de

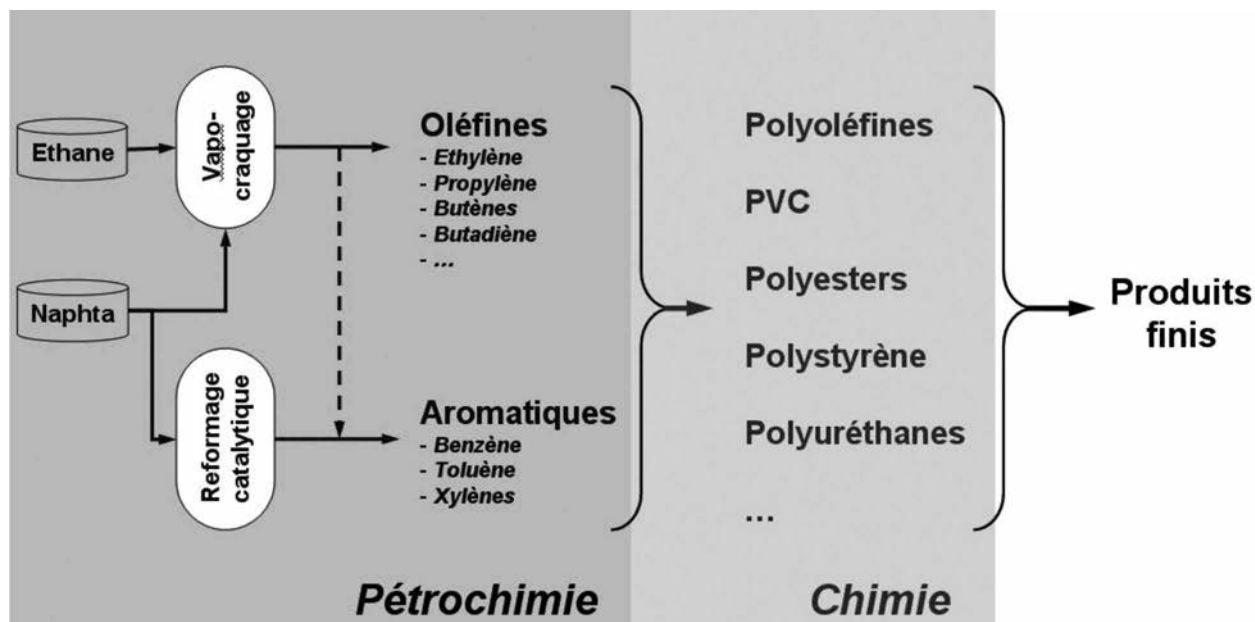


Figure 1 : Production des grands intermédiaires pétrochimiques.

produits finis, dont la croissance est largement tributaire de l'évolution de la richesse mondiale. Les capacités de production de la pétrochimie augmentent de leur côté par paliers successifs, plus ou moins brutaux, en fonction des décisions d'investissement dans de nouvelles capacités qui sont prises d'autant plus facilement que la santé économique de la filière est bonne. La mise en production de ces capacités n'intervenant que deux à trois années plus tard, il en résulte l'existence de phases de surcapacité pendant lesquelles la rentabilité du secteur est dégradée : au final,

la rentabilité présente un caractère cyclique (voir la figure 2 ci-dessous).

Les années récentes en sont une illustration : après 2008 et 2009, qui ont marqué le début d'une crise économique majeure à l'échelle planétaire, le secteur pétrochimique a connu en 2010 et 2011 des marges honorables, avec des retours sur actifs supérieurs à 9 %. Ces bons résultats sont en partie dus à une demande restée soutenue en Asie, ainsi qu'à une reconstitution des stocks écoulés durant les deux années précédentes. Bien que l'année 2011 ait été très

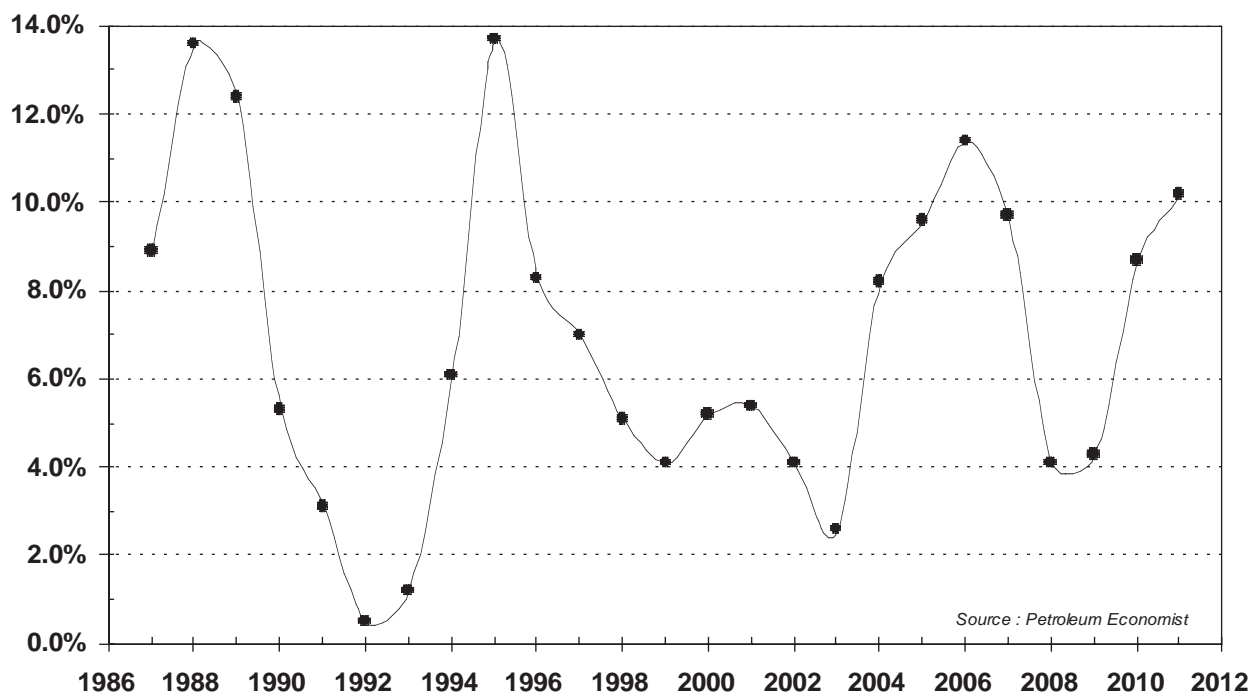


Figure 2 : Retour sur actifs du secteur pétrochimique.

bonne (en moyenne), le deuxième semestre a été marqué par un fléchissement, qui s'est confirmé au premier semestre 2012. Les années 2012 et 2013 seront sans doute encore difficiles, avec le ralentissement de l'activité économique mondiale.

Mais ce paysage *a priori* bien établi risque d'être bouleversé dans les prochaines années si l'industrie chimique cliente de la pétrochimie parvient à diversifier ses sources d'approvisionnement en développant une chimie biosourcée, s'affranchissant ainsi de matières premières non renouvelables (pétrole ou gaz).

Des bouleversements récents accentuent cette tendance

L'Amérique du Nord (les États-Unis notamment) devrait voir dans les prochaines années sa capacité de production augmenter de manière inhabituelle et très significative en raison d'un différentiel de prix de plus en plus favorable (et ce, durablement) entre le gaz et les intermédiaires pétrochimiques oléfiniques. Le développement des gaz de schiste a rendu les prix du gaz particulièrement attrayants dans cette région du monde : les prix sur le marché "Henry Hub" (la réf-

rence régionale) ont évolué en 2012 entre 2 et 3 dollars/Mbtu (*milliers de British Thermal Units*), soit à un niveau bien inférieur aux prix de référence européens (voir la figure 3) et asiatiques.

Un parallèle peut être fait avec le Moyen-Orient, où les opérateurs de cette région souhaitent capter davantage de valeur en privilégiant la transformation de l'éthane pour la pétrochimie au détriment de son utilisation comme simple combustible. Le gaz auquel ont accès ces opérateurs est abondant et les prix seraient particulièrement attractifs.

Les prix des grands intermédiaires pétrochimiques, tels que l'éthylène, le propylène ou le benzène, ont suivi les mêmes évolutions, à l'exception notable du butadiène. Dans le même temps, conséquence de la crise économique et de la hausse du prix du pétrole brut, le ratio entre le prix de ces produits et celui du naphta s'est continuellement dégradé depuis 2008 (voir la figure 4 de la page suivante), entraînant une forte érosion des marges.

La conséquence de toutes ces évolutions est l'accélération de la montée en puissance de la pétrochimie ex-gaz naturel, qui est *a priori* plus rentable. Cette tendance a un impact important sur la disponibilité des différentes oléfines produites, leurs rendements étant directement liés à la nature des charges. Ainsi, la part croissante des vapocraqueurs de gaz est en partie res-

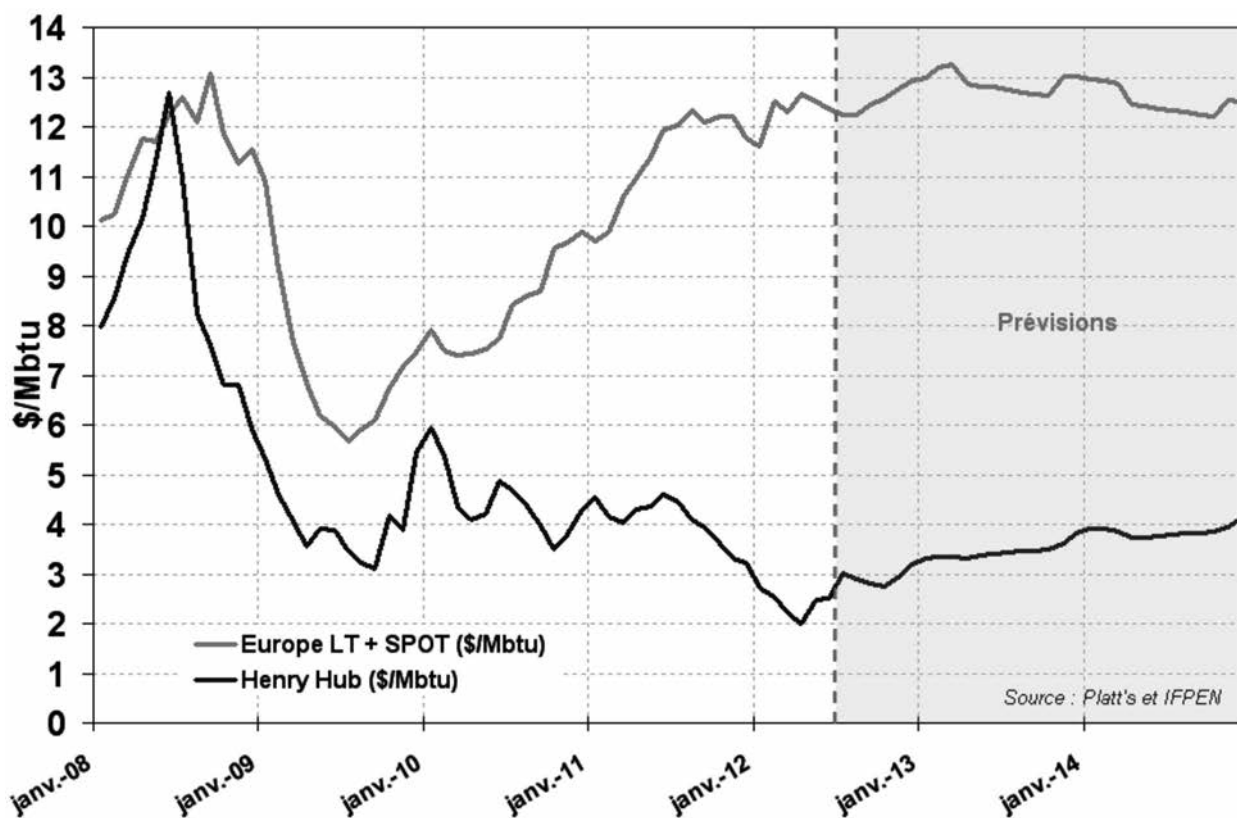


Figure 3 : Prix moyens mensuels du gaz en Europe et aux États-Unis.

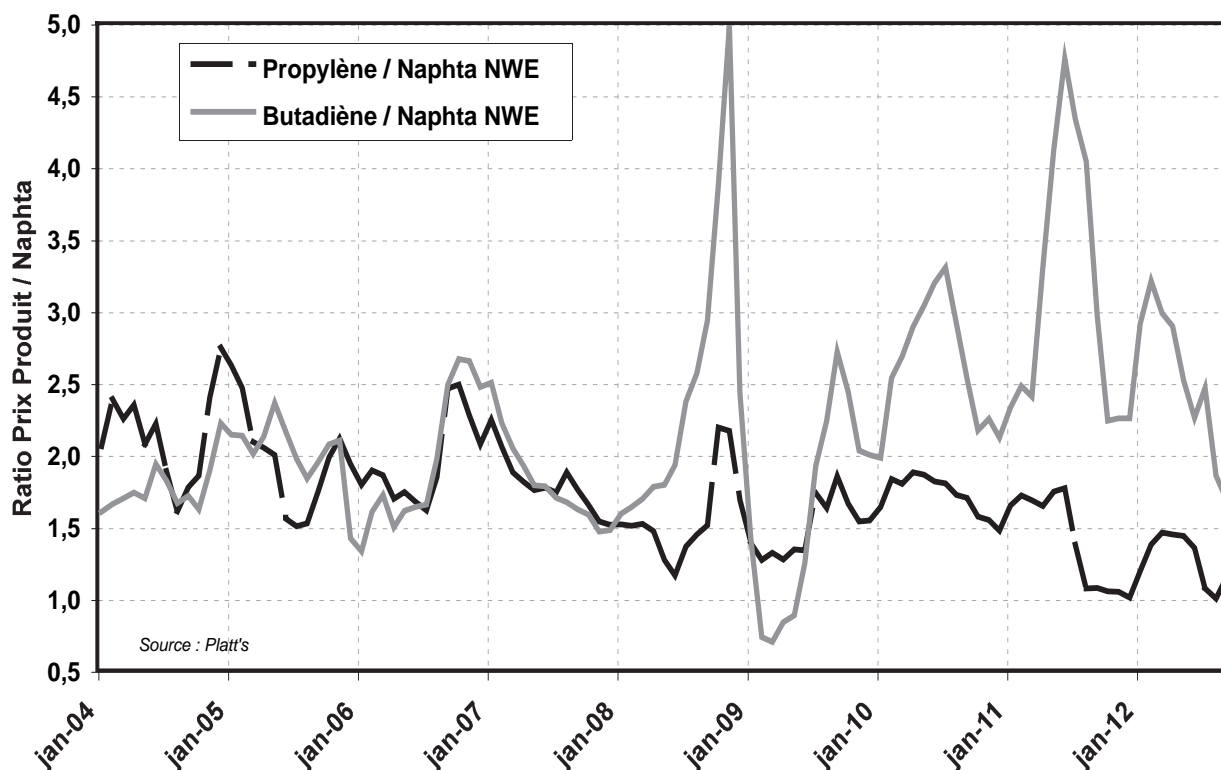


Figure 4 : Prix des produits par rapport au naphtha en Europe du Nord-Ouest.

ponsable des fortes tensions observées sur les prix du butadiène (voir la figure 4 de la page suivante), qui a atteint, en moyenne, au mois de juin 2011, plus de 3 000 €/t en Europe, soit au moins trois fois son prix « historique ».

Par conséquent, les industriels utilisant ce type d'oléfines sont soucieux de sécuriser et de diversifier de plus en plus leurs sources d'approvisionnement. De plus, la pression croissante sur les contenus en gaz à effet de serre (et plus généralement sur les impacts environnementaux) de tous ces composés pousse les acteurs du secteur à rechercher des solutions alternatives. Pour atteindre ces deux objectifs, une des stratégies possibles est la transformation de la biomasse en produits directement utilisables par les polyméristes et les chimistes : c'est la chimie biosourcée. Nombre d'industriels ont d'ores et déjà opté pour cette orientation stratégique.

CHIMIE BIOSOURCÉE : QUELS DÉFIS MAJEURS À RELEVÉ ?

Lorsque l'on cherche à identifier les principaux moteurs de développement d'une chimie biosourcée, plusieurs axes émergent fortement :

- la perspective d'un accès de plus en plus difficile (en termes de prix ou de quantité) aux matières premières fossiles pour les industries chimiques transformatrices ;
- la limitation des émissions de gaz à effet de serre, au sens de l'analyse du cycle de vie, en principe favorisée par l'utilisation de ressources renouvelables et, plus généralement, la demande récurrente d'une réduction de l'ensemble des impacts environnementaux (toxicité, déchets, etc.) ;
- la disponibilité géographique et économique de la biomasse, à un prix acceptable, et ce malgré l'anticipation de l'augmentation de son exploitation ;
- une demande plus importante en produits « verts » exprimée par les utilisateurs ;
- des politiques publiques incitatives.

La ressource biomasse (agricole et forestière)

La biomasse utilisée aujourd'hui (qui est estimée à 6 Gt) ne représente qu'environ 3,5 % des 170 Gt de biomasse totale disponible sur la planète. On estime que seules 17 Gt de cette biomasse sont accessibles, c'est-à-dire physiquement et économiquement exploitables. Près des deux tiers de ces 6 Gt utilisées sont dévolus à l'alimentation, et une faible partie (300 Mt)

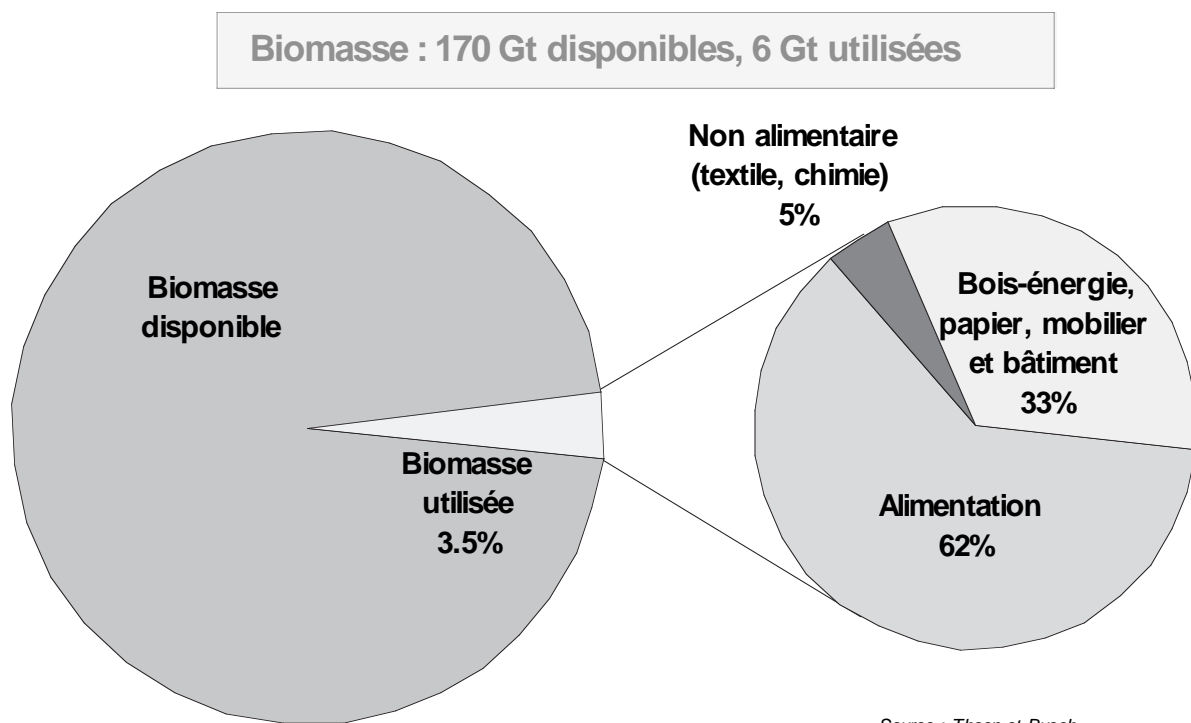


Figure 5 : Disponibilité et utilisation de la ressource biomasse.

est destinée aux industries textiles et chimiques (voir la figure 5 ci-dessus).

Pour les (bio)chimistes, la biomasse représente un extraordinaire réservoir de molécules offrant à l'industrie de nouvelles opportunités en termes de produits et de marchés. La chimie biosourcée peut théoriquement produire la plupart des intermédiaires (oléfines ou alcools, par exemple) aujourd'hui issus de la pétrochimie. Ces bioproduits (chi-

miquement identiques aux produits de la pétrochimie) viennent ainsi se substituer aux molécules issues de ressources fossiles dans les schémas de production actuels.

La biomasse permet aussi de développer de nouvelles molécules intermédiaires qui, combinées ou non aux intermédiaires existants, permettraient de développer de nouveaux produits finis (voir la figure 6 ci-dessous) présentant de nouvelles propriétés.

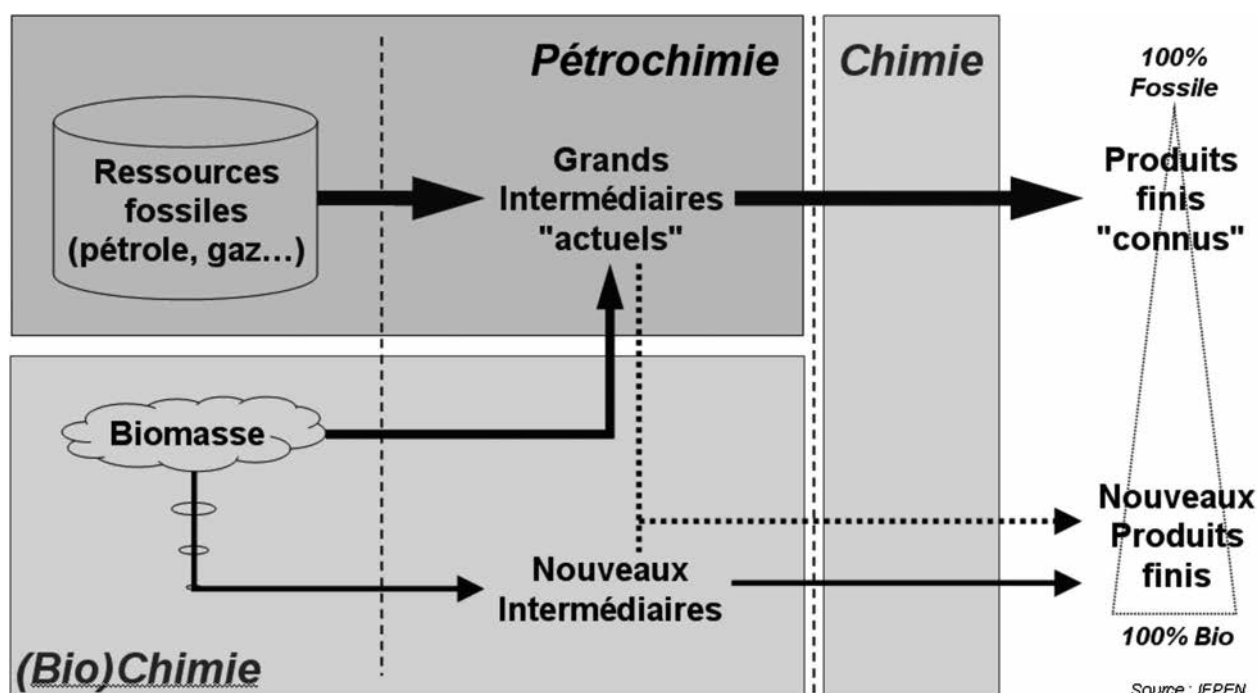


Figure 6 : Intégration de la biomasse dans les schémas de production.

Dans tous les cas de figure (intermédiaires biosourcés équivalents aux grands intermédiaires actuels, ou nouveaux intermédiaires), les voies chimiques ou biotechnologiques de transformation de la biomasse en sont encore, le plus souvent, au stade de la recherche ou du développement, avec un besoin de les améliorer du point de vue technologique et économique. Peu de nouvelles filières, hormis certaines applications spécifiques ou traditionnelles (textile ou cosmétique), sont déjà à maturité industrielle.

Au-delà de la nécessaire identification des biomolécules les plus intéressantes à développer, l'optimisation des procédés industriels et la diminution des coûts de production sont de vrais défis, que la chimie biosourcée doit relever.

Le développement des produits biosourcés

Les verrous que doit lever la chimie biosourcée sont d'ordres stratégique, technologique et économique :

- la disponibilité de la ressource végétale en quantité pérenne et sous une forme exploitable reste un problème majeur ;
- ayant été développé et optimisé pour traiter des composés d'origine fossile, l'outil industriel existant n'est pas toujours adapté à une mutation (parfois profonde) des procédés, des filières (recyclage) et des produits (maintien de la qualité des performances) ;

- les rendements globaux de certains procédés encore au stade de la recherche sont insuffisants ;
- les coûts de production peuvent être, dans des cas extrêmes, dix fois supérieurs à ceux des voies pétrochimiques classiques, alors que le marché n'est pas prêt à accepter un tel surcoût.

Les défis que doit relever la chimie biosourcée expliquent en grande partie le faible taux de pénétration actuel des produits fabriqués à partir de biomasse. Dans le cas des matières plastiques, qui représentent environ 40 % (en volume) de l'activité pétrochimique (280 Mt produits en 2011 dans le monde – source : *Plastics Europe*), ce taux n'est estimé qu'à 0,5 % en 2012, ce qui correspond à une production mondiale de matières plastiques biosourcées inférieure à 1,4 Mt. Un certain nombre de scénarios envisagent que la production de plastiques biosourcés pourrait se situer entre 1,6 Mt et 2,3 Mt en 2013 et entre 3,5 Mt et 5 Mt en 2020. Malgré un taux de croissance annuel moyen record entre 2010 et 2020 estimé à 20 %, le taux de pénétration des matières plastiques biosourcées dans la production totale de plastiques devrait rester à un niveau très faible (inférieur à 2 %).

La répartition géographique des capacités de production devrait être hétérogène (voir la figure 7). En 2020, les parts de capacité de production de bioplastiques de l'Europe et des États-Unis devraient être voisines, avec respectivement 27 % et 24 %. L'Amérique du Sud serait capable de produire 18 % des bioplastiques dès 2020, alors qu'elle n'en produisait prati-

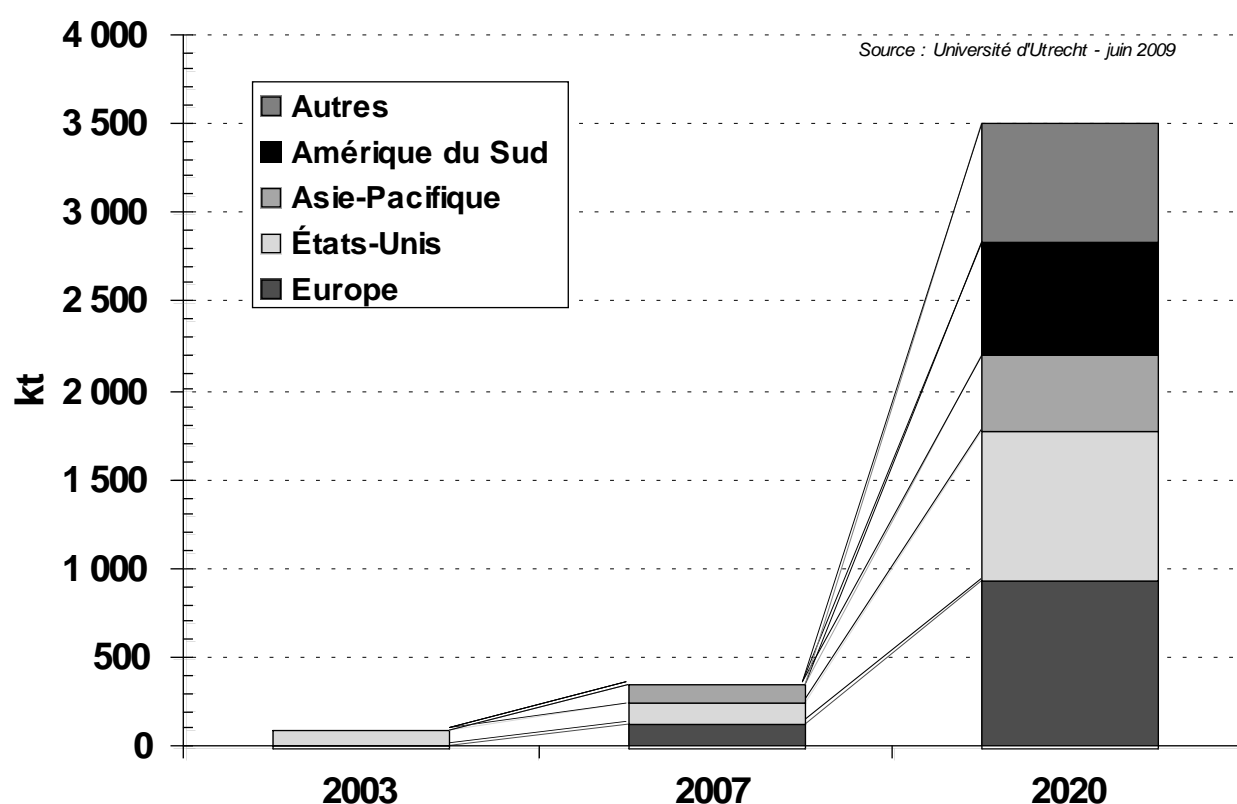


Figure 7 : Prévisions d'accroissement de la production de plastiques biosourcés par région.

quement pas en 2007. Leur taux de croissance annuel moyen pourrait y atteindre 50 % sur la période 2007-2020, grâce notamment à un coût de production modéré de l'éthanol brésilien issu de la canne à sucre. Malgré les défis technologiques et économiques majeurs que devra relever la chimie biosourcée durant la prochaine décennie, certains produits d'origine renouvelable ont toutefois réussi à s'imposer industriellement. Les trois principales clés de ce succès sont une économie favorable, un produit performant et/ou une volonté des entreprises concernées de se construire une image éco-responsable.

Un exemple industriel : l'acide succinique

Les biopolymères représentent aujourd'hui le principal débouché des intermédiaires biosourcés, qui sont surtout utilisés en substitution des monomères ou des co-monomères ex-fossiles constitutifs du polymère correspondant.

C'est le cas de l'acide succinique (AS), une molécule plateforme (synthon) conduisant à la fabrication de nombreux produits de commodité ou de spécialité dans les domaines des revêtements de surface, des solvants, des résines, des composés chimiques pour l'agriculture, du placage de métaux, des additifs alimentaires ou de la pharmacie.

L'AS peut être obtenu par voie pétrochimique (a) ou biosourcée (b) :

(a) – à partir de benzène ou de n-butane, par oxydation *via* les anhydrides maléique et succinique ;

(b) – à partir d'un hydrate de carbone (le glucose, par exemple) par fermentation, séparation et purification.

Le développement de cette voie fermentaire de production d'AS repose sur les éléments suivants :

– un prix le plus bas possible de la matière première biomasse qui est très fortement dépendant de la nature, de la qualité et de l'origine géographique du sucre utilisé ;

– un microorganisme actif et sélectif dans la synthèse d'AS ;

– enfin, une séparation/purification de l'AS suffisamment performante pour atteindre le degré de pureté requis par l'industrie, en aval.

Les prix de plus en plus élevés des matières premières pétrochimiques et la toxicité du benzène ont favorisé le développement d'une voie biosourcée pour la production d'AS. Ainsi, on estime que la capacité de production par voie bio, qui n'était que de 2 kt (soit 3 % de la capacité totale) en 2010 contre 56 kt pour la voie pétrochimique, pourrait atteindre 420 kt en 2016, pour une capacité totale de production voisine de 470 kt au titre de la même année, soit une part de l'ordre de 90 %.

Ces prévisions très optimistes s'appuient sur un fait avéré : les coûts de production de l'AS par voie fermentaire sont devenus compétitifs, voire inférieurs à ceux de la voie pétrochimique, grâce notamment à un coût de la matière première plus faible. Par exemple, mi-2011, les coûts de production nord-américains de l'AS étaient en moyenne de 2 000 dollars/t par voie fermentaire et atteignaient 2 700 dollars/t dans le cas de la voie pétrochimique.

Les freins au développement de l'AS biosourcé sont principalement liés au contexte des produits qu'il concurrence, et donc à celui des marchés aval auxquels il s'adresse. En effet, l'AS peut être utilisé dans la fabrication d'un intermédiaire chimique important, le 1,4-butanediol (BDO), qui sert à la fabrication des solvants (le tétrahydrofurane, notamment), des polyesters et des polyuréthanes (voir la figure 8). Dans l'hypothèse où cette voie de production de BDO à

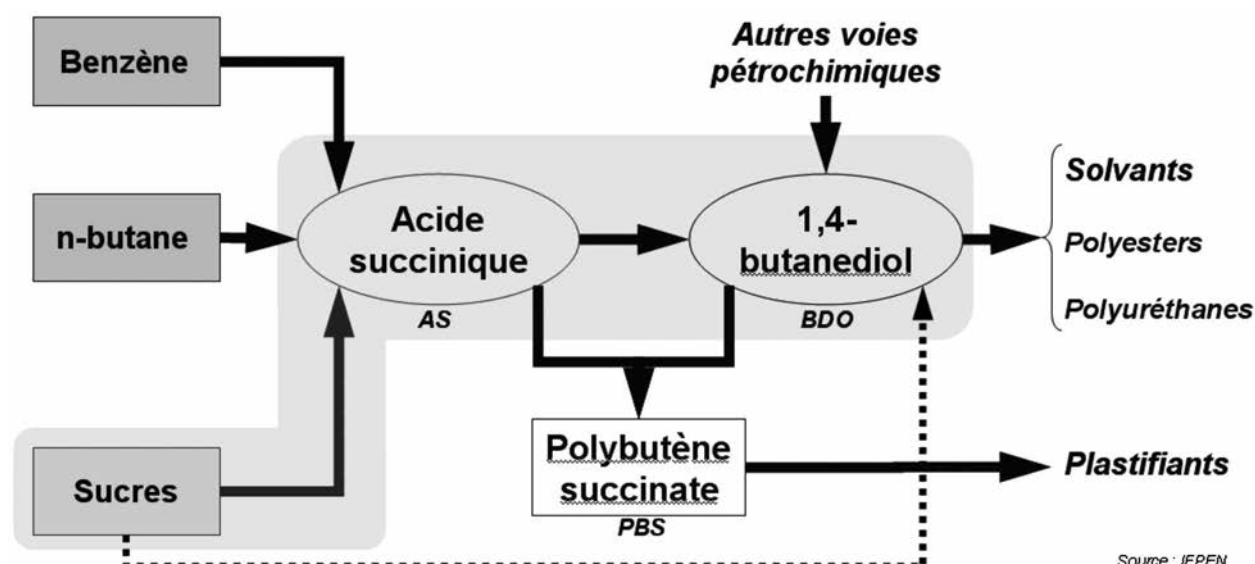


Figure 8 : Production et utilisation de l'acide succinique.

partir d'AS ne serait pas concurrencée technologiquement et économiquement par une nouvelle voie de synthèse directe d'un BDO biosourcé, elle pourrait être amenée à se développer très rapidement pour s'imposer sur le marché du BDO, qui est estimé à 1 400 kt/an.

L'AS et le BDO sont également utilisés conjointement comme matières premières dans la fabrication du polybutène succinate (PBS) qui est utilisé en tant que plastifiant. Il s'agit d'un concurrent direct des phtalates, dont l'avenir est très incertain en raison du durcissement des réglementations en vigueur dans les pays développés (pour ce qui concerne l'emballage alimentaire et les jouets, notamment). Le PBS est d'ores et déjà considéré comme une alternative crédible aux phtalates, et s'il devait s'imposer à terme, alors le marché de l'AS se développerait très significativement.

Par conséquent, si aucune voie biosourcée directe ne vient concurrencer économiquement la production du BDO issu de l'AS et si le PBS s'impose comme une alternative durable aux phtalates sur le marché des plastifiants, la demande en AS pourrait dépasser les 400 kt/an à l'horizon 2016, tirée par le BDO et le PBS, qui représenteraient respectivement environ 57 % et 14 % de cette demande.

Certains industriels ont déjà fait le pari d'un accroissement rapide de la demande en AS biosourcé à court et moyen terme. À titre d'exemple, les sociétés *BASF* (1^{er} producteur mondial de BDO) et *CSM* ont annoncé qu'elles travaillaient conjointement sur l'augmentation de la capacité de production d'AS biosourcé, souhaitant la porter à 25 kt en 2013 sur le site espagnol de Purac (filiale de CSM). Une unité de production de 50 kt/an est également envisagée à l'horizon 2014.

L'exemple de l'AS montre qu'un des premiers moteurs de développement de la chimie biosourcée est son attractivité économique par rapport aux voies pétrochimiques existantes. Mais cet intérêt économique peut aussi être indirectement illustré au travers de l'image que certaines sociétés souhaitent renvoyer au consommateur, notamment en termes d'éco-responsabilité.

Éco-responsabilité et approche commerciale

Il est assez emblématique que la société *Coca-Cola* ambitionne de produire à l'horizon 2020 toutes ses bouteilles en plastique à partir de polyéthylène téréphtalate (PET) d'origine 100 % renouvelable, alors qu'aujourd'hui elles sont très majoritairement produites à partir de matières premières pétrochimiques. *Coca-Cola* s'est associée à la société indienne *JBF Industries* pour construire, au Brésil, une unité de production de 500 kt/an de glycol (possible précurseur du PET) à partir de canne à sucre. Cette unité

devrait être opérationnelle fin 2014. Aujourd'hui, *Coca-Cola* produit des bouteilles contenant environ 23 % de PET biosourcé issu d'un partenariat avec la société américaine *Gevo* visant à utiliser du PET produit à partir de paraxylène issu d'isobutanol biosourcé (2011).

Adoptant une démarche qui peut sembler analogue à celle retenue par *Coca-Cola*, la société *Nike* a commercialisé en 2012 un modèle de chaussures de sport s'adressant surtout aux sportifs de haut niveau, des chaussures dotées de semelles contenant pour moitié un thermoplastique (*a priori* à base de polyamide) fabriqué par la société *Arkema* à partir d'huile de ricin, l'autre moitié étant constituée de polyuréthane. Il s'agit d'un cas encore rare d'une innovation due à l'amélioration des propriétés physiques des polymères biosourcés : *Nike* revendique le fait que ses nouvelles chaussures sont plus légères et d'une flexibilité améliorée par rapport à l'existant.

Mais si, en première analyse, les approches des sociétés *Coca-Cola* et *Nike* apparaissent similaires, l'introduction de matières premières renouvelables dans les produits commercialisés par ces deux sociétés est le résultat de stratégies différentes.

En effet, *Coca-Cola* souhaite se bâtir une image éco-responsable en utilisant des bouteilles plastiques biosourcées, mais sans modifier la nature même de cet emballage, qui reste constitué de PET. La cible-marché de cet éco-emballage est très large puisqu'il s'adresse à tous les consommateurs de boissons produites par *Coca-Cola*.

Nike est allé plus loin dans sa démarche, car cette société a réussi à améliorer les propriétés d'un de ses produits en y introduisant de nouveaux élastomères biosourcés. Si, potentiellement, la cible-marché se veut être la plus large possible, cette nouvelle chaussure très « technique » s'adresse surtout aux sportifs de haut niveau, avec un prix élevé permettant d'inclure facilement un éventuel surcoût.

En résumé

Les industries qui n'arrivent plus à maîtriser la disponibilité et le prix des matières premières fossiles qu'elles utilisent, ou qui souhaitent acquérir une image éco-responsable en améliorant éventuellement les propriétés de leurs produits, diversifient leurs approvisionnements et s'orientent vers des matières premières renouvelables. Certaines d'entre elles cherchent aussi à maîtriser cet approvisionnement pour s'affranchir le plus possible des incertitudes liées à la disponibilité de ces matières premières agricoles en s'implantant dans des régions productrices.

Ce mouvement devrait s'amplifier si de nouvelles voies de transformation de la biomasse voient leurs

technologies et leur rentabilité économique s'améliorer ou se confirmer, à l'instar de la production d'acide succinique biosourcé.

Même si aucune prévision ne peut anticiper précisément les conséquences chiffrées d'une crise économique majeure telle que celle que connaît l'Europe depuis 2008, toutes les tendances montrent néanmoins un accroissement significatif de la part des produits biosourcés dans les produits chimiques conventionnels, comme l'illustrent les exemples précédents. Mais le rythme de cette augmentation reste encore incertain et dépendra étroitement, entre autres, des politiques publiques incitatives et des réglementations qui seront mises en place.

DES POLITIQUES PUBLIQUES INCITATIVES

Si la chimie biosourcée a de fortes probabilités de développement pour les raisons stratégiques et économiques qui viennent d'être exposées, il n'en reste pas moins que cette montée en puissance s'appuiera aussi sur un accompagnement volontariste des pouvoirs publics.

Dans le paysage réglementaire et incitatif qui existe aujourd'hui, on peut tout d'abord citer, au niveau européen, la réglementation *REACH* (*Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of CHemicals*), qui est entrée en vigueur en 2007. Elle vise à enregistrer, évaluer, autoriser et restreindre les substances chimiques afin de protéger la santé humaine et l'environnement. Son objectif est également de renforcer la compétitivité et l'innovation en substituant des produits non nocifs aux produits actuellement les plus critiques. Cette réglementation n'a, en revanche, pas particulièrement été élaborée dans l'idée de promouvoir la chimie biosourcée.

En France, dans le cadre du Grenelle de l'Environnement, les pouvoirs publics ont incité l'industrie chimique à définir des objectifs chiffrés d'introduction de composés biosourcés, à un horizon temporel défini. Ainsi, par exemple, l'industrie chimique française s'est engagée à introduire 15 % de matières premières renouvelables dans ses approvisionnements en 2017, doublant ainsi ce pourcentage sur dix ans. On estime que ce taux était de l'ordre de 12 % (hors fibres naturelles) en 2011.

En dehors de ces cadres et de quelques autres initiatives européennes ou nationales, il n'existe pas aujourd'hui de politique industrielle globale visant à intensifier durablement le développement d'une industrie chimique biosourcée, cette initiative relevant aux seuls industriels du secteur. Il est par conséquent important que les pouvoirs publics (nationaux ou internationaux) se positionnent encore davantage et agissent au travers des trois types d'actions suivants.

La cohérence des actions de soutien public avec une politique industrielle de long terme

Il apparaît nécessaire, au préalable, de réaffirmer la politique industrielle qu'un État (ou un groupe d'États) souhaite mener et voir aboutir au bout d'une durée déterminée, à différents termes. S'agissant de la chimie biosourcée, la sécurisation de l'accès aux matières premières, le progrès technologique au service d'une rentabilité économique (le développement industriel) et la diminution de l'impact des filières fossiles actuelles sur l'environnement sont des nécessités partagées par le plus grand nombre.

La cohérence des différentes actions à lancer à l'échelle nationale ou internationale doit être assurée de manière à ce que les divers financements soient alloués aux filières les plus porteuses. Un certain nombre de grands projets de recherche et développement ont été engagés ces dernières années, et il convient de maintenir une gouvernance vigilante quant au choix des projets futurs.

Le soutien à la recherche et développement

Le développement de nouvelles filières est un processus relativement long qui nécessite des années de recherche et de développement et, par conséquent, une continuité dans l'effort et le soutien apporté. Un des rôles des pouvoirs publics est de favoriser l'émergence de nouvelles idées au travers de la recherche. Ces idées doivent ensuite pouvoir être développées afin d'en valider la faisabilité technique, sous la forme d'un pilote démonstrateur. Enfin, l'étape d'industrialisation peut intervenir à la fois *via* des PME (en particulier dans les filières biotechnologiques) et de grands groupes industriels commercialisant ces produits.

L'ensemble de ce processus est particulièrement coûteux en temps et en moyens humains et matériels, mais reste incontournable pour assurer l'avenir de l'industrie à moyen et long termes. Aussi, il est indispensable que les pouvoirs publics sécurisent et pérennisent les financements aux divers stades de développement, comme, par exemple, la construction de pilotes préindustriels, qui nécessite d'importantes levées de fonds.

L'incitation par la réglementation

Une bonne réglementation doit respecter deux critères complémentaires : limiter (voire interdire) et inciter (voire obliger).

La chimie biosourcée, qui sera dans quelques années à un tournant de son développement, a besoin d'un cadre réglementaire qui, par exemple, interdise la commercialisation de substances chimiques dange-

reuses, à l'instar du règlement REACH, qui existe déjà au niveau européen. Mais elle doit aussi pouvoir s'appuyer sur un cadre qui prenne en compte le caractère recyclable et/ou biodégradable des produits, cela d'autant plus qu'un produit biosourcé n'est pas implicitement biodégradable (le polyéthylène, qui est très largement utilisé dans le secteur de l'emballage, peut être biosourcé, mais il reste non biodégradable). Des travaux de normalisation au niveau du Comité Européen de Normalisation sont en cours sur ces questions d'évaluation des produits biosourcés.

La chimie biosourcée a peut-être aussi besoin d'un cadre incitatif qui, d'une part, favorise l'incorporation de produits biosourcés dans les produits classiques actuels et, d'autre part, facilite l'émergence de nouvelles voies conduisant à de nouveaux produits.

Par exemple, au-delà des aspects majeurs de santé publique, cette réglementation pourrait définir :

- un niveau d'incorporation de carbone biosourcé par filière ou par grande famille de produits,
- des facteurs d'impact environnemental et un taux de recyclage effectif pour la plupart des biens de consommation,
- des labels et un processus de certification transparent permettant au grand public d'identifier la présence de produits biosourcés,
- un cadre fiscal incitant à la production et à l'achat de produits biosourcés.

Enfin, ce cadre réglementaire, voire normatif, doit se construire progressivement, en veillant à ne pas altérer la compétitivité économique du tissu industriel.

CONCLUSION

La pétrochimie est une industrie mature qui connaît aujourd'hui de profonds changements. Le développement des gaz de schiste, aux États-Unis, et celui d'une pétrochimie à partir du gaz, au Moyen-Orient, modifient le contexte économique pour les acteurs européens et créent des tensions sur la disponibilité et le prix de certains intermédiaires pétrochimiques.

Une des solutions qui s'offrent à l'industrie chimique cliente de la pétrochimie pour diversifier et sécuriser ses approvisionnements, est d'utiliser, voire de produire elle-même, des matières premières alternatives biosourcées. Le développement de cette chimie biosourcée est conditionné par la conjonction de plusieurs facteurs d'ordres économique, technologique et commercial : le coût de l'accès aux matières premières, l'efficacité des procédés de transformation de cette biomasse et la volonté des sociétés productrices d'acquiescer une image éco-responsable. S'y ajoute l'expression nécessaire de la volonté des clients de consommer des produits biosourcés. Un autre élément déterminant va être la demande réelle du marché vis-à-vis de ces produits.

Sur le plan technologique, les procédés de transformation de la biomasse en intermédiaires chimiques sont en grande partie des procédés basés sur la fermentation. Leur rentabilité économique ne peut être atteinte que si les microorganismes mis en œuvre sont suffisamment actifs et sélectifs pour prévenir autant que faire se peut la formation de coproduits et ainsi limiter le coût de l'étape ultérieure de séparation et de purification. Dans le cas de certaines voies parallèles de production d'un même intermédiaire chimique, il a été possible d'atteindre des coûts de production du bioproduit inférieurs à ceux du même produit obtenu par voie pétrochimique, grâce notamment à un différentiel de prix très attractif entre les matières premières biosourcées et les matières premières fossiles. Ce différentiel favorable pourrait toutefois se dégrader dans le cas où les prix de la biomasse viendraient à augmenter sensiblement, notamment à cause de sa plus grande exploitation.

Malgré quelques réussites notoires, la chimie biosourcée industrielle n'en est qu'à ses débuts, et est encore largement immature. De grands développements sont attendus dans la décennie à venir, pour une maturité qui pourrait être atteinte à l'horizon 2030. Pour cela, au-delà des initiatives de développement qui ont été déjà prises, une politique industrielle incitative s'avère nécessaire pour assurer l'avenir de cette alternative réelle à la pétrochimie.