

LES PROCÉDÉS INNOVANTS EN PÉTROCHIMIE – ÉTAT ET PERSPECTIVES

Par M. Boudjema HAMADA *

Introduction

L'industrie pétrochimique moderne a été propulsée de l'avant sur l'échiquier économique mondial avec un élan de développement conséquent grâce à la forte rentabilité à court terme de ses infrastructures de transformation.

Face à une production automobile sans cesse croissante dans le monde, il incombe à la pétrochimie d'assurer l'approvisionnement en carburants et en lubrifiants répondant à des exigences écologiques et de performance de plus en plus sévères. En même temps, elle doit satisfaire la demande en produits pétrochimiques des autres secteurs aussi importants que stratégiques les uns que les autres (électronique, matériaux, aérospatiale, pharmacie, médecine, etc.)

Face aux développements actuels qui s'effectuent dans le monde, la pétrochimie fait face à un défi majeur auquel elle doit répondre de façon stricte et rapide afin de concrétiser des procédés ambitieux liés à une multitude de problèmes d'ordre technique, dont la résolution prendrait beaucoup de temps, même si cela nécessiterait une mobilisation mondiale de tout le potentiel scientifique et technologique.

A cet effet, les chimistes accordent une attention particulière pour mettre en œuvre des procédés pétrochimiques respectant les exigences HSEQ, dont l'élaboration nécessite l'emploi de méthodes et de concepts innovants se basant sur la réduction des stades de

* Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie-Université M'Hamed Bougara de Boumerdes (ALGERIE).

Communication présentée à l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse à la séance du 7 mai 2015.

procédés avec économie d'énergie et utilisation de matières premières renouvelables.

Une telle problématique traite d'abord de quelques aspects de la pétrochimie dans le monde, ses capacités et moyens de production, ses contraintes sur le marché et ses spécificités en tant que secteur économique. Ensuite, un éclairage est accordé à l'analyse des tendances à son développement par une valorisation de procédés de hautes technicités qui seront mis en œuvre dans un futur proche. Enfin, une approche sera donnée aux procédés futuristes sur lesquels seront misés tous les espoirs et défis pour assoir une pétrochimie irréprochable, non loin de l'utopie.

1. La pétrochimie dans le monde et ses spécificités

Les difficultés d'approvisionnement et de transport des matières premières (pétrole, gaz et produits pétroliers et gaziers) causent un véritable problème du fait qu'il est lié à des conjonctures énergétiques, économiques, politiques, sécuritaires, environnementales et géostratégiques. Ceci influe de façon directe sur le prix des produits pétrochimiques. En plus, 60% des réserves mondiales en pétrole et en gaz sont localisées dans cinq pays du golfe persique (Arabie Saoudite, Qatar, Irak, Koweït et Iran). Cette situation constitue une contrainte supplémentaire au développement de la pétrochimie dans le monde. L'activité industrielle du secteur pétrochimique en tant que segment économique est l'un des secteurs qui est caractérisé par une dynamique de croissance très rapide dont le taux est de 1,5 -2 fois supérieur à celui du PIB. Cette dynamique s'explique par l'évolution rapide du progrès scientifique et technique, catalysé par :

- ✓ La forte demande en produits pétrochimiques (polymères, résines, plastifiants, matières, plastiques, fibres synthétiques etc.).
- ✓ L'amélioration des procès de production et de la productivité.
- ✓ La création et l'élaboration de nouveaux matériaux de plus en plus performants,
- ✓ La mise en œuvre de technologies innovantes avec une

rentabilité satisfaisante.

En 2012, dans le monde il a été produit 220 millions de tonnes de produits pétrochimiques répartis comme suit, en :

- ✓ Oléfines- 220 millions de tonnes
- ✓ Matières plastiques- 199 millions de tonnes.
- ✓ Méthanol- 57 millions de tonnes.
- ✓ Hydrocarbures aromatiques- 107 millions de tonnes.
- ✓ Et autres– 128 millions de tonnes.

Actuellement, la situation mondiale de la pétrochimie a tendance à changer. Les positions des Etats-Unis, du Japon et de l'Allemagne en tant que grands producteurs de produits pétrochimiques se maintiennent, mais dominées par la Chine, devenue leader mondial avec un taux de croissance à deux chiffres durant la dernière décennie. De façon remarquable, nous assistons à un développement accru de la pétrochimie dans les pays émergents (Brésil, Inde, Corée du sud, Arabie saoudite, Singapour) comme le montre le tableau 1.

Selon les experts de la Confédération Européenne de l'Industrie Chimique (CEFIC), un rôle de plus en plus important sera accordé à la pétrochimie avec une augmentation sensible de la production comme représentée dans le tableau 2.

Tableau1 : Production de l'industrie Pétrochimique par pays en 2012

N	Pays	Production en milliards de dollars
1	Chine	741
2	USA	585
3	Japon	390
4	Allemagne	256
5	Brésil	153

6	France	136
7	Corée	133
8	Inde	108
9	Angleterre	99
10	Italie	89
11	Singapour	82
12	Hollande	77
13	Russie	73

Données CEFIC

Tableau2 : Evolution de la pétrochimie et son rôle dans l'économie mondiale

N°	Paramètre	2007	2020	2030
1	Taux dans PIB Mondial, %	3,2	5,3	7,4
2	Taux de production de la pétrochimie à l'export mondial en % en milliards de dollars	10,9 1487	15,0 1700	20,0 2500
3	Volume de production des produits pétrochimiques,	2134	4200	6800

	milliards de dollars			
4	Taux de croissance, % par an	6,1	4,4	4,4
5	Taux d croissance de la demande, % par an	6,0	3,6	3,6

Données CEFIC

2. Tendances au développement de la pétrochimie dans le monde

Il est intéressant de constater que la mondialisation et la restructuration dans l'industrie mondiale de la Pétrochimie, qui a eu lieu ces dernières décennies, a contribué de façon générale à :

- ✓ L'élargissement de l'assistance technique et industrielle des pays riches au développement de la pétrochimie dans les pays en voie de développement, surtout ceux possédants une réserve importante en matières premières et une main d'œuvre à faible coût,
- ✓ La focalisation des compagnies internationales leaders sur la mise en œuvre de procédés innovants et "high-tech", particulièrement à faible et moyen tonnages destinés à des utilisations spécifiques,
- ✓ Au transfert important de capitaux, par une reconfiguration régionale, surtout pour les pays ayant des ressources riches en hydrocarbures pour la production à grand tonnage de produits pétrochimiques relativement à faible valeur ajoutée, mais à efficacité élevée ;
- ✓ Transfert des grandes entreprises dans les marchés intensifs régionaux, où elles ne seront pas accablées par

les législations environnementales qui ne sont pas trop sévères ;

✓ A l'utilisation dans certains pays développés, notamment les Etats-Unis et le Canada, de la production d'hydrocarbures de sources non conventionnelles (schistes), ce qui a permis d'introduire un nouvel apport afin de combler le début de stagnation de l'industrie pétrochimique ;

✓ L'augmentation du rôle et de l'importance de l'innovation dans l'activité des entreprises et des centres de recherche qui sont devenus des clusters générateurs du développement technologique ;

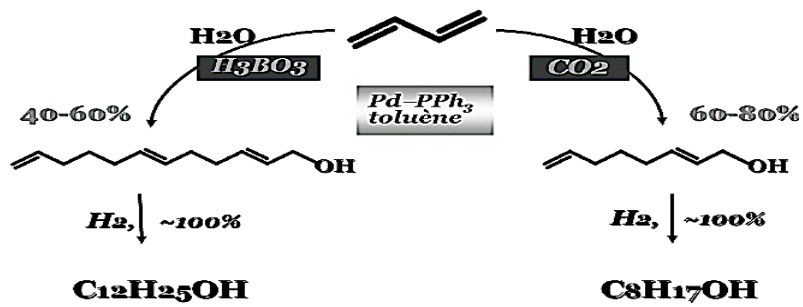
✓ Effectuer un grand nombre de fusions et de regroupements des entités afin d'augmenter les parts de marché des plus grandes entreprises avec accumulation de ressources.

3. Le futur de la Pétrochimie

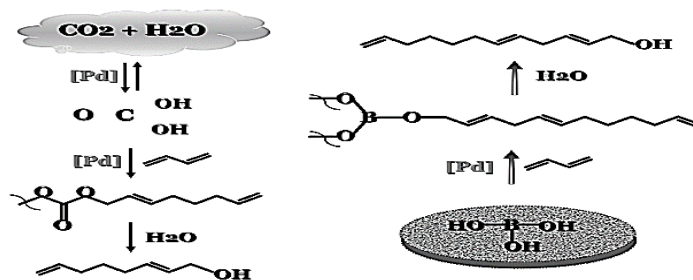
Les facteurs sus-cités ont contribué à mettre en place des procédés qui sont mis en œuvre (aspects technique et scientifique) depuis longtemps, seulement leur employabilité industrielle liée à une rentabilité en terme économique a pris plus de temps que prévu.

Parmi les procédés les plus innovants on peut citer :

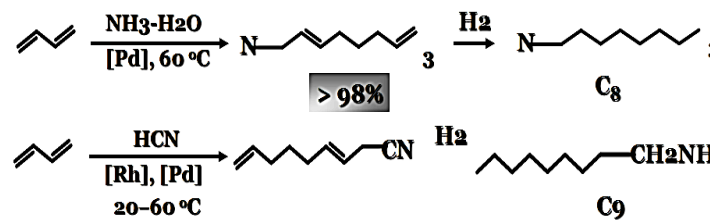
❖ L'activation catalytique de **H₂O** pour la synthèse d'acides gras individuels utilisés dans la synthèse de plastifiants et de surfactants



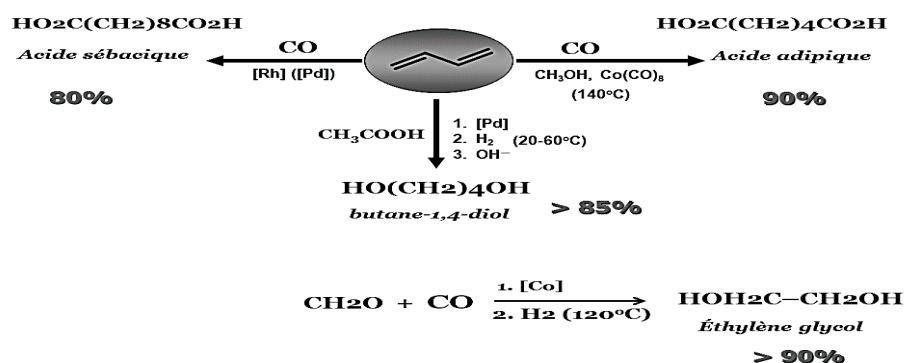
❖ La contribution de CO_2 dans la synthèse des alcools gras



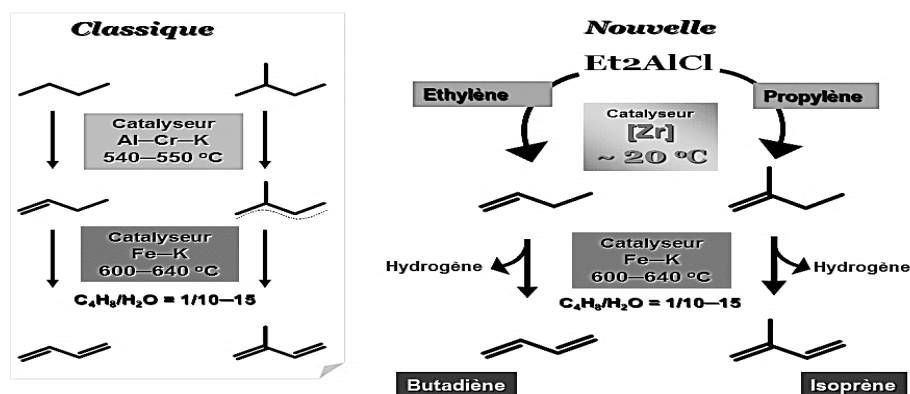
❖ L'utilisation de NH_3 dans la synthèse des amines utilisées en qualité d'inhibiteurs de corrosion, d'émulsifiants, agents d'extraction



❖ L'introduction du CO pour la synthèse de monomères importants tels que les acides sébacique, adipique et l'éthylène glycol



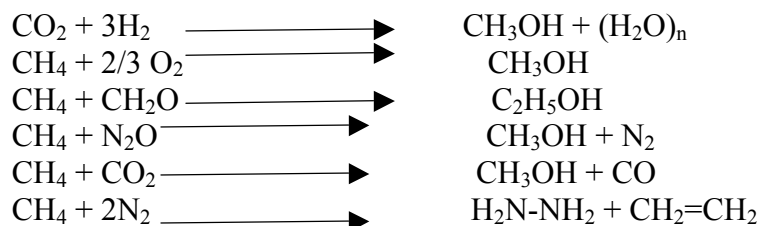
❖ La réaction de β -éthylation des α -oléfinés pour l'obtention de monomères butadiène et isoprène servant à la fabrication de caoutchouc synthétique



4. La Pétrochimie du futur

Les procédés futuristes mettent en application les concepts et les méthodes dont l'approche est sujette à l'aspect environnemental. Nous passons de l'idée de mise en œuvre des économies d'énergies et de rationalisation de matières premières aux procédés utilisant l'efficacité avec introduction de la notion de *matières premières renouvelables* (CH₄, CO₂, H₂O, O₂, N₂ et H₂).

Les exemples de synthèse sont illustrés par les schémas réactionnels suivants :



Pour une élaboration effective de ces procédés, il y a lieu de résoudre un certain nombre de problèmes de stratégie vis-à-vis de développement de la filière pétrochimique. De prime abord, il est impératif de pallier la contrainte de la production, du stockage et du transport de l'hydrogène afin de réduire son prix de revient pour devenir une matière première clef dans les procédés innovants en pétro-gazo-chimie. D'autre part, élargir l'utilisation et à grande échelle de matières premières renouvelables à faible coût. Cette démarche peut être stimulée et favorisée par l'élaboration de catalyseurs, homogènes, hétérogènes et à fermentation qui garantissent une haute sélectivité et une longue durée de service.

5. Démarches et solutions

Dans un monde en mutation et devant une économie mondiale en pleine évolution, il reste évident que le développement de la pétrochimie est soumis à diverses contraintes. La première, la plus complexe et la plus énigmatique dépend de la sécurité d'approvisionnement en matières premières moins onéreuses. La deuxième contrainte est sujette à l'apport qualitatif, de plus en plus important, d'hydrocarbures gazeux (méthane, éthane, propane) dans le processus de transformation des procédés gazochimiques.

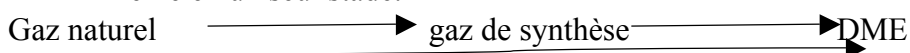
Toutes ces démarches doivent être appuyées et complétées par une réhabilitation et une modernisation des installations existantes pour améliorer les capacités de charge en semi-produits et en produits finis répondant aux normes requises.

Des solutions peuvent être, également, envisagées afin de répondre de façon efficace à cette problématique par :

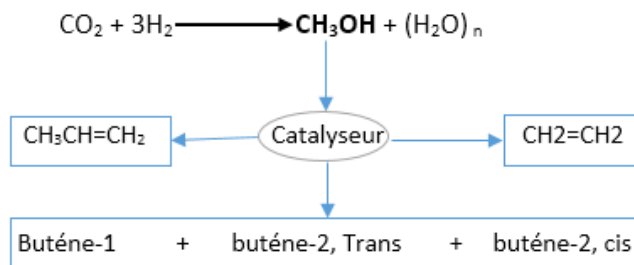
- ✓ L'augmentation du rendement,
- ✓ L'élimination et la réduction des pertes,
- ✓ La réduction des stades de synthèse,
- ✓ L'application de nouvelles technologies incluant l'intensification de processus de transfert de matière et de chaleur.

Le futur de la pétrochimie se joue actuellement et de façon compétitive sur la scène mondiale par la mise en œuvre de procédés dont la réalisation tient compte de tous les facteurs dictés par les critères éco-innovants et de rentabilité. A titre illustratif, on peut citer quelques exemples, tels que :

- a. Le procédé d'obtention de l'essence synthétique - le diméthyléther (DME) à partir du méthane en deux stades et même en un seul stade.



- b. L'obtention des oléfines (monomères) pour lesquels il y a une très forte demande (éthylène, propylène, butylène) par conversion du méthanol, en remplacement des procédés énergivores et budgétivores qui sont la pyrolyse et la déshydrogénation.



- c. Le procédé de polymérisation de l'éthylène en phase gazeuse à lit fluidisé, en substitution de procédés très

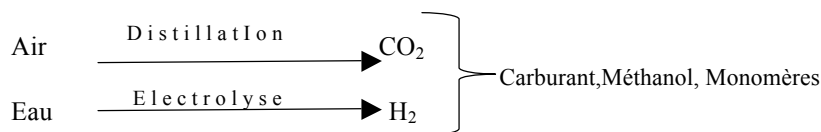
couteux et contraignants en termes techniques utilisant de très hautes pressions.

Ce type de procédé est déjà exploité sur des sites industriels pétrochimiques utilisant les technologies les plus innovantes très rigoureuses vis-à-vis des critères HSEQ, comme le complexe pétrochimique d'INOES à Lavéra en Côte d'Azur (France), le complexe de Coatzacoalcos/Nanchital, dans l'état mexicain de Veracruz, utilisant la technologie « Innovene » une Joint-Venture entre Technip- Oderbrecht-ICA Fluor et la plateforme pétrochimique de Daesan en Corée du sud, une Joint-Venture entre Total et Samsung.

6. Conclusion

En tenant compte des acquisitions technologiques innovantes et de la diversification des sources d'approvisionnement en matière premières notamment celles renouvelables, l'industrie pétrochimique recèle un grand potentiel et des véritables perspectives pour son développement qui sont dues à plusieurs facteurs déterminants garantissant des forts bénéfices nets. Ces derniers sont redéployés dans le cadre d'un réinvestissement dans le même secteur ou dans des secteurs pétroliers auxiliaires. Cet avantage est mis en valeur par les grandes sociétés pétrolières mondiales qui créent ce qu'on appelle « *les ailes pétrochimiques* » afin d'assurer des équilibres financiers de leur activité. Le risque d'investissement dans la pétrochimie est presque nul comparativement aux autres activités du secteur pétrolier (exploration, forage, production, transport, etc.).

Enfin, je termine cette intervention par une note optimiste. Quoi qu'il en soit des facteurs liés à l'épuisement des réserves d'hydrocarbures fossiles (conventionnels et non conventionnels), *Dame Nature* apportera secours par l'utilisation de l'eau (production de l'hydrogène par électrolyse) et de l'air (production de dioxyde de carbone par distillation). Ces deux produits sont à l'origine de transformations chimiques donnant lieu à des produits pétrochimiques de grande valeur comme mentionnées dans les transformations ci-dessous.



Aussi, le pôle nord constitue une réserve importante de matières premières renouvelables pour la pétrochimie. Un mètre cube de neige contient 100 litres de gaz (méthane, CO₂ et N₂). Au Japon une démarche d'exploitation a été entreprise dans ce sens par des industries situées dans des régions montagneuses où le niveau de la neige est très élevé.

BIBLIOGRAPHIE

- Lomovtsev, D.A., Shevarin P.G., « Modern Lines Innovative Developments of the Petrochemical and Chemical Industry of Russia », *Journal de l'Université de Toul*, N°2-2, 2010 Russie.
- Braginskii O.B., « Etat et tendances de développement de la Pétrochimie dans le monde », communication présentée à l'Académie des Sciences de Russie, 2014.
- Djemilov U. M., « La pétrochimie dans le monde-Réalisations et Perspectives », communication présentée à l'Académie des Sciences de Russie, 2008.
- www.ineoslavera.fr