



LE GÉNIE DES PROCÉDÉS, ACTEUR DU RENOUVEAU INDUSTRIEL FRANÇAIS

Synthèse du Livre Blanc

PRÉFACE

Association loi 1901, la Société Française de Génie des Procédés (SFGP) est un lieu d'échanges, de réflexion et d'innovation dans le domaine des Procédés Industriels. Forte de plusieurs centaines d'adhérents et fière de son congrès national bisannuel, elle s'appuie sur un réseau d'experts académiques et industriels issus de secteurs économiques divers, chimie, pharmacie, agro-alimentaire, matériaux, énergie ou environnement.

La SFGP s'engage pour relever les grands défis sociétaux – accès aux ressources, transition énergétique, développement économique responsable et emploi. Dans ce cadre, elle a pris l'initiative de réunir les Assises Nationales du Génie des Procédés en 2017. Cet événement a été l'occasion de réunir les acteurs majeurs des industries de procédé et de s'adresser aux décideurs de la Recherche et de l'Industrie. Les forces et faiblesses de la communauté scientifique ont été identifiées et des réalisations industrielles remarquables mises en avant. Surtout, nos Assises Nationales ont montré la place essentielle qu'occupe le Génie des Procédés dans la transformation de l'industrie française en une industrie forte et intégrée à son environnement.

Le Livre blanc se veut la synthèse de ces travaux prospectifs, traduits en une feuille de route à destination des décideurs politiques et grands acteurs industriels. Convaincue de l'importance déterminante du Génie des Procédés pour l'avenir de l'industrie en France, la SFGP se mobilise pour intensifier les moyens, favoriser les initiatives collaboratives et promouvoir les innovations. Un double enjeu : gagner en compétitivité et développer une industrie mieux acceptée dans la société.

François NICOL

Président de la SFGP

- 4** Introduction
- 6** Qu'est-ce que le génie des procédés ?
- 8** Le génie des procédés, acteur
de la Nouvelle France Industrielle
- 12** Quelques réalisations remarquables
- 14** Les acteurs de la recherche en génie des procédés
- 20** L'offre de formation en génie des procédés
- 24** La Société Française de Génie des Procédés
- 26** Ils ont contribué au Livre Blanc



INTRODUCTION

Le génie des procédés est un levier essentiel pour répondre aux enjeux industriels et sociétaux de demain.

Chacun s'accorde sur le fait que notre pays doit re-devenir un grand pays industriel, acteur des transformations économiques et sociétales. Aussi devons nous lutter contre la désindustrialisation et repenser le tissu industriel afin d'améliorer l'emploi et réduire notre dépendance vis-à-vis de l'étranger. La France en a les moyens, étant donné la qualité de sa recherche scientifique, de ses filières de formation et de sa capacité d'innovation. Ce qui lui manque ? Une évolution de ses méthodes de recherche et développement, pour rendre ses entreprises plus compétitives. Dans ce contexte de réindustrialisation, le génie des procédés est l'un des leviers essentiels de cette évolution.

Science de l'ingénieur, le génie des procédés propose des solutions contribuant au développement de nouveaux produits et technologies, à une meilleure gestion des ressources (matières premières, eau, énergie) et à une réduction des effluents. Il apporte une réponse pertinente aux enjeux industriels et sociétaux dans des domaines aussi variés que l'alimentation-nutrition, la chimie, l'eau-environnement, l'énergie, la santé, le développement durable des villes et des territoires... Profitant de la dynamique

initiée par la Stratégie Nationale de la Recherche et le programme d'Investissements d'Avenir, la Société Française de Génie des Procédés (SFGP) a organisé en 2016-2017 les Assises du Génie des Procédés. Ces rencontres, conduites sous le haut patronage du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et du ministère en charge de l'Industrie, visent faire découvrir aux industriels l'apport du génie des procédés dans leur activité.

Les assises nationales se sont tenues à Paris en mars 2017, en présence de représentants du monde académique, de l'industrie, du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et du ministère de l'Économie et des Finances, ainsi que de l'Office parlementaire d'Évaluation des choix scientifiques et technologiques.

De ces réflexions est né un Livre blanc, dont le présent document constitue une synthèse. Il a pour ambition d'illustrer la contribution essentielle du génie des procédés au renouveau industriel du pays dans le cadre de la Nouvelle France Industrielle.



QU'EST-CE QUE LE GÉNIE DES PROCÉDÉS?

Le génie des procédés est une science de l'ingénieur qui étudie la transformation de la matière pour fabriquer des produits en optimisant les ressources en matières premières et en énergie.

Le génie des procédés s'intéresse à des objets réels et complexes, aussi bien par leur géométrie, leur structure, leur évolution dans le temps (réactions,

échanges de chaleur et de matière...) ou encore leur comportement (déformation, transformation de la matière...).

Enjeux et domaines d'application

Les enjeux du génie des procédés sont à la fois industriels et sociétaux: il s'agit de **tendre vers une industrie plus propre, une société zéro déchet et une économie durable**. Il propose des solutions techniques répondant aux contraintes suivantes: robustesse, flexibilité des procédés de transformation, viabilité économique, maîtrise de la sécurité et des impacts environnementaux, sobriété énergétique.

Les spécialistes du génie des procédés exercent à la fois dans les domaines de la recherche et du développement. On les retrouve également en bureaux

d'études, en production, gestion des équipements et dans les activités technico-économiques.

Les domaines d'application du génie des procédés sont nombreux: environnement, agroalimentaire, biotechnologie, pharmacie-santé, chimie, matériaux, énergie, nucléaire, pétrole, industrie textile, automobile, aéronautique ou encore exploration spatiale. Ce large champ d'investigation et les approches systémiques développées en génie des procédés lui permettent de contribuer à 8 des 10 défis inscrits dans la Stratégie Nationale de la Recherche (SNR) de 2017.

Une science intégrative

Le génie des procédés est **une science intégrative**. Tout en développant ses propres concepts, il se nourrit d'autres disciplines scientifiques (chimie, biologie, physique, thermodynamique, mathématiques appliquées, mécanique des solides et des fluides, sociologie des organisations, économie et gestion des entreprises...). **Cette vision globale lui permet d'appréhender l'ensemble des étapes de la transformation** en vue de concevoir, d'étudier, de conduire et d'optimiser des équipements et des procédés complexes, pour aboutir à un produit fonctionnel de qualité maîtrisée.

Le génie des procédés se nourrit, tout en développant ses propres concepts, d'autres disciplines scientifiques pour appréhender les phénomènes de façon globale.

Le Génie des Procédés couvre **un vaste domaine dimensionnel** allant des nano et micro-échelles (impliquant des approches très fondamentales de la physique, chimie quantique ou génomique) vers les grands systèmes (équipements, procédé, usine, territoire).

Le génie des procédés réunit dans une même démarche scientifique deux approches complémentaires :

- **L'analyse fine des phénomènes élémentaires (approche locale)**. Cette première phase consiste à décrire la nature complexe des phénomènes par des lois et principes fondamentaux, à les modéliser et à les maîtriser.
- **Leur intégration à l'échelle d'un processus ou d'un procédé (approche systémique)**. Cette seconde phase consiste à assembler et à décrire les interactions entre les phénomènes élémentaires de façon à considérer l'ensemble plutôt que les parties.

Sa capacité à intégrer plusieurs disciplines autour d'un même corpus de modélisation **lui confère toute sa puissance applicative dans de nombreux domaines.**



LE GÉNIE DES PROCÉDÉS, ACTEUR DE LA NOUVELLE FRANCE INDUSTRIELLE

Le génie des procédés contribue
à la solution industrielle
« *Nouvelles ressources* ».

Transformer le modèle industriel

Réussir la réindustrialisation de la France: c'est l'ambition de la Nouvelle France Industrielle (NFI) et du projet Industrie du futur qui la prolonge. L'objectif est d'amener chaque entreprise à moderniser son outil industriel et à transformer son modèle. Cette ambition repose sur 9 solutions industrielles proposant des réponses concrètes aux grands défis économiques et

sociétaux rencontrés par les entreprises françaises. **Le génie des procédés contribue directement à cette dynamique, et plus particulièrement à la solution industrielle Nouvelles ressources**, à travers ses apports sur les énergies renouvelables, la qualité de l'eau et de l'air, la chimie verte, les molécules biosourcées, les biocarburants et de manière générale à la bioéconomie.

Au cœur de l'usine du futur

L'apport du Génie des Procédés à l'« *usine du futur* » repose sur trois concepts clés :

- Un **fonctionnement interconnecté** des équipements et des flux d'énergie et de produits en cours d'élaboration circulant dans l'usine ;
- Une **flexibilité/modularité** accrue des procédés pour permettre une adaptation aux fluctuations des nouvelles matières premières et des marchés ainsi qu'une personnalisation en masse des produits ;
- Le développement **d'outils d'aide à la décision** pour la conception de nouveaux couples produits-procédés.

Un changement de mentalité et de culture

Plusieurs tendances concourent à cette évolution :

- La numérisation et la digitalisation de la société industrielle (internet des objets, réalité virtuelle, données massives),
- La réindustrialisation s'appuyant sur les spécificités des territoires,
- La « reconfigurabilité » des unités de production et la question sous-jacente de gros sites de production centralisés (par opposition à de petits sites délocalisés facilement reconfigurables), et proche des marchés.
- L'adaptabilité des systèmes de production,
- Les économies et le partage de ressources,
- La nécessité d'une acceptabilité sociale.

Un changement de mentalité et de culture, soutenu de la gestion des ressources et du **coût global pour la société** est nécessaire.

Les thèmes sous-jacents concernent en particulier : l'analyse des flux de données en temps réel, les capteurs, le contrôle avancé des procédés, le traitement

des données, la modélisation numérique des systèmes complexes, la simulation, la robotique avancée, la cobotique, la fabrication additive, les objets connectés, la réalité augmentée, l'interface homme-machine, les nouvelles organisations, la formation, le positionnement harmonieux dans le territoire, l'environnement, la santé, la sécurité, l'employabilité.

Une discipline indispensable pour accompagner les transformations.

Le génie des procédés est une discipline indispensable pour accompagner ces transformations.

Il offre une méthodologie conduisant à des procédés plus efficaces favorisant la sobriété énergétique, l'émergence de nouveaux matériaux, l'utilisation de ressources renouvelables, le développement des biotechnologies, la valorisation des déchets et, d'une manière générale, l'économie circulaire.



QUELQUES RÉALISATIONS REMARQUABLES

Dans divers domaines d'application, l'apport du génie des procédés à la production industrielle est indéniable.

Stimuler le renouveau industriel

Enjeu

Utilisé comme solvant d'extraction dans l'industrie pharmaceutique, mais aussi dans l'industrie cosmétique et des parfums, ce produit sert également dans la fabrication d'encre pour les emballages alimentaires et dans la production de nombreuses résines synthétiques.

Résultat

En partenariat avec IFP Energies nouvelles, la société Novapex a mis au point un nouveau procédé de production et ouvert une unité industrielle d'une capacité annuelle de plus de 5000 tonnes. Cette innovation a été récompensée en 2016 par le prix Pierre Potier, qui distingue les initiatives de l'industrie chimique en faveur du développement durable.

Défis

Réduire la consommation d'énergie en concevant de nouvelles méthodes ou technologies libérant les étapes limitantes de production (intensification des procédés)



Unité industrielle de production d'acétate d'isopropyle

Un concept innovant alliant l'intensification des procédés à l'efficacité énergétique et environnementale.

Renouveler le bouquet énergétique



**Réacteurs développés sur le site de Morcenx (40).
Procédé industriel CHO_Power**

Enjeu

Produire de l'électricité à partir de biomasse

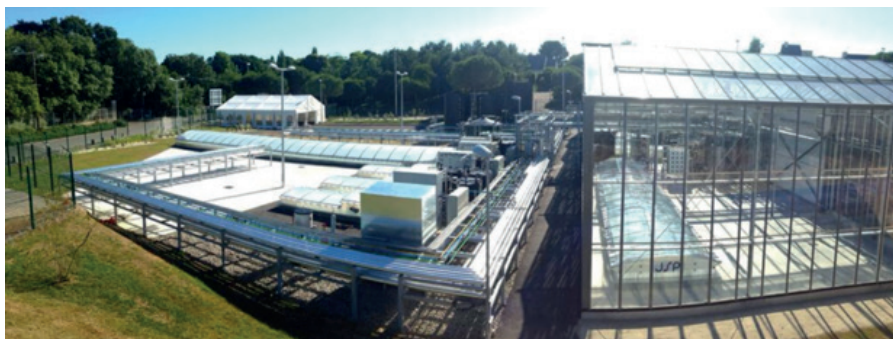
Défis

Concevoir un réacteur haute température pour le craquage des goudrons issus de la gazéification

Résultat

Grâce au partenariat avec le Laboratoire de Thermique, Energétique et Procédés (LaTEP, Université de Pau et des Pays de l'Adour), la PME Europlasma a pu concevoir un réacteur de capacité industrielle (volume de 60 m³), ainsi qu'un réacteur pilote dédié à la recherche et au développement.

Exploiter le potentiel des microalgues



**Plateforme
R&D AlgoSolis
(GEPEA Saint-Nazaire)**

Enjeu

Produire des biocarburants de troisième génération et des liants alternatifs aux produits pétroliers

Défis

- Maîtriser et optimiser la bioréaction photosynthétique
- Développer, optimiser et contrôler les procédés de production et de bioraffinage des microalgues
- Intégrer les opérations unitaires pour mettre en place une exploitation industrielle optimisée

Résultat

Avec le soutien du Laboratoire Génie des Procédés, Environnement et Agroalimentaire (GEPEA, CNRS/ Université de Nantes/IMTA/ONIRIS), création de la start-up AlgoSource et mise en place d'une plateforme de services (AlgoSolis) ouverte aux industriels et aux acteurs académiques.

Recycler les déchets aéronautiques

Enjeu

Recycler les matériaux composites à base de polymères renforcés de fibres de carbone, de plus en plus utilisés dans l'aéronautique

Défis

Concevoir un système d'évaluation permettant d'apprécier les performances environnementales, économiques et sociales des filières de recyclage des matériaux composites

Résultat

Le Laboratoire de Génie Chimique (LGC, Université de Toulouse/CNRS) a participé à la définition de critères et de méthodes d'évaluation des différentes filières de recyclage pour permettre aux acteurs concernés (industrie aéronautique, filières des composites et du recyclage, gouvernements, instances de régulation) d'intégrer les aspects de développement durable dans leurs choix techniques et organisationnels.

L'augmentation du recours aux matériaux composites soulève des préoccupations environnementales quant à leur fin de vie auxquelles le génie des procédés apporte des solutions.

Explorer de nouveaux horizons

Le génie des procédés est la seule approche possible pour organiser la connaissance sur les bioprocédés en un modèle global.

Enjeu

Permettre à l'homme d'effectuer des missions de plus en plus lointaines dans l'espace sans ravitaillement en valorisant au maximum les déchets pour produire de l'oxygène, de l'eau et de la nourriture.

Défis

- Comprendre et maîtriser finement les procédés de décomposition et de production
- Concevoir une modélisation pouvant être adaptée à des conditions « non classiques » de fonctionnement (gravité réduite par exemple)
- Organiser la connaissance unitaire de chaque processus en un modèle global pour répondre à la demande de support vie d'un équipage

Résultat

Dans le cadre du projet MELiSSA¹ de l'Agence Spatiale Européenne, l'Institut Pascal (Université Clermont Auvergne/CNRS/ SIGMA Clermont) a contribué à la démonstration d'une boucle complète en phase liquide à l'échelle pilote, évaluation lors de campagnes de 100 jours.



LES ACTEURS DE LA RECHERCHE EN GÉNIE DES PROCÉDÉS

La France compte environ 1 800 chercheurs
en génie des procédés.

(hors centres industriels et centres techniques)

Une communauté diversifiée

Le génie des procédés est présent **dans les universités et écoles d'ingénieurs**, mais également dans de nombreux **établissements à caractère scientifique et technique (EPST) et à caractère industriel et commercial (EPIC)**. Les thématiques développées dans les laboratoires de génie des procédés participent à 8 des 10 défis de la Stratégie Nationale de la Recherche et à 19 des 41 orientations prioritaires. Le nombre de chercheurs en génie des procédés est assez difficile à estimer du fait de la multiplicité des centres de recherche et

de l'interfaçage avec de nombreuses disciplines. L'estimation la plus raisonnable est aux alentours de **1 800 chercheurs**, hors doctorants et post-doctorants. Cette estimation ne tient pas compte des chercheurs des centres industriels de R&D et des centres techniques. Les chercheurs, ingénieurs et techniciens de la recherche en génie des procédés appartiennent majoritairement aux institutions listées ci-dessous, qui unissent souvent leurs forces dans des laboratoires communs (Unité Mixte de Recherche, UMR).

Le Génie des Procédés dans les universités et écoles d'ingénieurs

Les enseignants-chercheurs en génie des procédés exercent dans les universités (principalement dans les IUT de chimie, génie biologique, génie chimique, génie thermique et énergie) et dans les écoles d'ingénieurs de chimie et de génie chimique. On compte environ 1 000 enseignants-chercheurs en Génie des Procédés dans l'enseignement supérieur. Ces établissements sont principalement sous la tutelle du Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche et de l'Innovation, mais aussi sous les tutelles d'autres ministères (ministère de l'agriculture et de l'alimentation, ministère en charge de l'économie et des finances).

Les enseignants-chercheurs en génie des procédés exercent dans les universités et les écoles d'ingénieurs.

Le Génie des Procédés dans les organismes publics de recherche (EPST, EPIC)

CNRS

Le génie des procédés est essentiellement développé dans l'Institut des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes (INSIS). Certaines équipes de l'Institut de Chimie (INC) et de l'Institut Écologie Environnement (INEE) développent également des activités dans le domaine du génie des procédés.

EFFECTIF DE LA COMMUNAUTÉ:
120 chercheurs*

CEA

Les chercheurs en génie des procédés sont impliqués dans le domaine de l'énergie nucléaire, en particulier le cycle du combustible et des énergies renouvelables (biomasse, solaire, batteries, hydrogène).

EFFECTIF DE LA COMMUNAUTÉ:
300 chercheurs*

IFP Énergies nouvelles (IFPEN)

Les chercheurs en génie des procédés sont pour l'essentiel localisés dans le centre de recherche de Lyon au sein des directions de recherche Conception modélisation procédés et Expérimentation pro-

cedés. La direction de recherche Chimie et Physico-chimie appliquées de Rueil-Malmaison héberge quant à elle des études en thermodynamique, en chimie et physico-chimie des fluides complexes et des matériaux et en électrochimie.

EFFECTIF DE LA COMMUNAUTÉ:
170 chercheurs*

INRA

Le génie des procédés est développé principalement dans le département « Caractérisation et Élaboration des Produits Issus de l'Agriculture (CEPIA) » et, de manière plus secondaire, dans les départements « Environnement et Agronomie (EA) » et « Microbiologie et Chaîne Alimentaire (MICA) ».

EFFECTIF DE LA COMMUNAUTÉ:
70 chercheurs*

INRS

L'INRS possède un département complet qui a pour missions de développer et diffuser des solutions techniques de prévention visant à réduire les risques d'exposition aux composés toxiques (aérosols, gaz,

* Chiffres approximatifs.

liquide, solide) en favorisant la prise en compte de ces risques lors de la conception des installations et des équipements de travail. L'INRS travaille sur la modification des procédés ou de leurs conditions opératoires, voire sur la substitution par d'autres procédés pour diminuer l'exposition des travailleurs aux risques chimiques.

EFFECTIF DE LA COMMUNAUTÉ :

45 chercheurs*

CIRAD

Les recherches en génie des procédés sont développées dans le département « Performances des systèmes de production et de transformation tropicaux (Persyst) ».

EFFECTIF DE LA COMMUNAUTÉ :

30 chercheurs*

INERIS

Les recherches en génie des procédés sont présentes dans la direction des Risques Accidentels.

Leur travail concerne la maîtrise des risques associés aux procédés traditionnels et innovants.

EFFECTIF DE LA COMMUNAUTÉ :

30 chercheurs*

IRSTEA

Les chercheurs en génie des procédés sont rassemblés au sein du département « Ecotechnologies ». Les recherches portent sur deux axes directeurs : « assurer la sûreté alimentaire » et « valoriser les déchets et les effluents ».

EFFECTIF DE LA COMMUNAUTÉ :

25 chercheurs*

IFSTTAR

Les chercheurs en génie des procédés se trouvent dans le département « Géotechnique Environnement Risques Naturels Sciences de la Terre (GERS) » et le département « Matériaux et Structures (MAST) ».

EFFECTIF DE LA COMMUNAUTÉ :

10 chercheurs*

Coopérations Internationales

À l'international, c'est avec les « departments of Chemical Engineering » que les formations et les laboratoires français de génie des procédés dialoguent et collaborent. Les relations internationales se sont fortement accrues ces 20 dernières années :

- au niveau de la formation (la plupart des établissements d'enseignement supérieur ont des accords avec les universités du monde entier, des stages à l'étranger sont obligatoires pour la plupart des écoles, le programme ERASMUS permet la circulation des étudiants en Europe...),
- au niveau de la recherche au travers des Groupements de Recherche Internationaux et des Laboratoires Internationaux Associés du CNRS, des programmes Européens, des programmes Hubert Curien, etc.

Les relations internationales entre acteurs du génie des procédés se sont accélérées au cours des deux dernières décennies.

Des enjeux et défis à relever par les chercheurs en génie des procédés

L'usine et les procédés du futur

L'usine et les procédés du futur, quelle que soit leur échelle, devront être innovants, compétitifs, performants, sûrs et attractifs. L'usine devra être créatrice de valeur et d'emplois, connectée avec ses collaborateurs, ses machines de production, ses prestataires, son territoire. L'usine sera conçue pour répondre aux défis économiques, technologiques, organisationnels, environnementaux et sociétaux.

RECOMMANDATIONS

- Comprendre et modéliser les mécanismes à toute échelle mis en jeu dans les procédés et leurs interactions avec les équipements, de manière à imaginer des procédés flexibles et robustes.
- Intensifier les collaborations avec les industriels, y compris les PME-PMI. Mettre en place des commissions de réflexion sous l'égide du ministère de l'industrie.
- Repenser les relations homme-machine au regard de l'autonomie des procédés.

Energie

Le développement de nouveaux vecteurs énergétiques, notamment le solaire concentré, les bioénergies (procédés thermo-chimiques et biologiques), les piles à combustible et les procédés liés à la production et l'utilisation de l'hydrogène est un axe important du Génie des Procédés. L'énergie est un produit de « masse » pour lequel le changement d'échelle est essentiel, ainsi que l'optimisation de l'ensemble des étapes allant de la ressource au vecteur énergétique. Ces aspects correspondent à des fondements du génie des procédés. L'utilisation des ressources énergétiques renouvelables a comme corollaire le problème du stockage, qui peut prendre plusieurs formes, comme la compression d'air, les matériaux à changement de phase et le stockage électrochimique. Le mixte énergétique doit être optimisé en fonction de l'usage (transport, bâtiments, usines, villes, territoires) et de la ressource (réseau électrique avec les différentes formes de production et réseau chaleur). L'optimisation doit d'autre part être faite en adaptant la demande à l'offre.

RECOMMANDATION

- Développer le génie des procédés au service de la transition énergétique, en interaction avec l'ensemble des forces scientifiques : Biologie, Chimie, Matériaux, Mécanique, Thermique.

Valorisation des déchets et économie circulaire

Dans un contexte de protection de l'environnement, la maintenance, la réparation, le recyclage et la réutilisation devrait devenir la règle. La création de circuits courts possibles et rentables permet aux entreprises de fabriquer à la demande avec une réactivité et une personnalisation accrues.

RECOMMANDATIONS

- Développer le génie des procédés au service de l'économie durable (recyclage, économie des matières premières, de l'énergie, de l'eau), s'intéresser à la fin de vie du produit et de la molécule (recyclage ou biodégradabilité) dès la conception.
- Développer une ingénierie globale, intégrant produits et co-produits (qui devient à son tour une ressource).
- Collaborer avec les Sciences Humaines et Sociales (SHS) pour aborder rationnellement l'acceptabilité des usines.

Ressources renouvelables et nouvelles ressources

Le génie des procédés doit répondre aux demandes d'une économie durable. Les industries de procédé vont substituer progressivement de nouvelles ressources aux matières premières d'origine fossile traditionnelles. Pour les secteurs de la chimie, de l'énergie et des matériaux, il s'agit de faire face à la raréfaction des ressources non renouvelables et de réduire les impacts environnementaux et l'empreinte carbone en particulier, en substituant biomasse et matériaux recyclés aux matières premières pétrolières. Cette transition vers une bioéconomie aura des conséquences importantes sur les procédés de fabrication et l'organisation des filières industrielles de production. Sécurisation des approvisionnements, formulation et transformation des intrants, gestion de la fin de vie et recyclage des produits devront être repensés de manière globale afin de développer de nouvelles chaînes de valeur économiquement viables et durables. L'adaptation des procédés existants ou le développement de nouveaux procédés demandera des efforts importants de R&D.

RECOMMANDATIONS

- Transférer les connaissances et méthodes du génie des procédés vers les procédés agricoles. Le génie des procédés devrait être également attentif aux techniques agronomiques (par exemple les productions hors-sol).
- Les travaux de recherche pourraient s'orienter vers l'adaptation des procédés à la ressource ou, à l'inverse, travailler à l'adaptation de la biomasse aux procédés (sélection variétale, itinéraires culturaux...). Compte tenu de la variabilité de la ressource dans le temps et/ou dans l'espace, les procédés à développer devront être relativement versatiles, avec des moyens de contrôle multiples.
- Modéliser les systèmes de production, de la ressource aux produits, en intégrant l'analyse du cycle de vie et les concepts de l'usine du futur. La bioraffinerie et l'économie circulaire sont partie intégrante de cette approche avec la bioéconomie. La répartition « équitable » entre les différents usages de la ressource doit faire partie de la modélisation avec une vision multi-échelle du territoire à la planète.

L'alimentation du futur

L'alimentation du futur est un véritable défi environnemental, un objectif humanitaire et une gageure scientifique. Il s'agit de satisfaire les besoins croissants qu'entraîne l'augmentation de la population mondiale en développant de nouvelles habitudes de consommation et des aliments alternatifs d'origine végétale, animale ou minérale. Les procédés de transformation nécessitent aussi d'être considérablement améliorés pour valoriser l'ensemble des produits tout en minimisant l'impact des traitements technologiques sur la biodisponibilité des biomolécules dans les produits finaux.

RECOMMANDATIONS

- Développer la capacité du génie des procédés à apporter des réponses technologiques multiples, en tenant compte de la variabilité de la ressource dans le temps et/ou dans l'espace.
- Développer le lien entre académiques, centres techniques, équipementiers, PMI-PME et grands groupes.



L'OFFRE DE FORMATION EN GÉNIE DES PROCÉDÉS

L'offre de formation s'est largement développée malgré une faible connaissance de la discipline par le grand public.

L'offre de formation en génie des procédés s'étend du baccalauréat professionnel au doctorat, en passant par les DUT, les masters et les diplômes d'ingénieurs.

Baccalauréat et brevet professionnels

Deux filières de niveau baccalauréat professionnel

et une filière délivrant un brevet professionnel existent :

- Baccalauréat professionnel « Bio-industries de transformation » (61 établissements),
- Baccalauréat professionnel « Procédés de la Chimie, de l'Eau et des Papiers-Cartons » (PCEPC) (48 établissements),
- Brevet professionnel des Industries alimentaires (12 établissements).

Formation BTS

Quatre filières sont en lien avec le génie des procédés :

- BTS Pilotage de procédés (22 établissements)
- BTS Contrôle Industriel et Régulation Automatique (CIRA) (48 établissements)
- BTS Métiers de la Chimie (32 établissements)
- BTS Métiers de l'eau (24 établissements)

Filières universitaires

L'offre de formation couvre **des DUT, des licences professionnelles et quelques mentions de master**. L'absence de mention de licence spécifique au génie des procédés dans l'arrêté du 22 janvier 2014 constitue un handicap dans le continuum de l'offre de formation à l'université.

Diplômes universitaires de technologie (DUT)

Les DUT Génie Chimique-Génie des procédés représentent actuellement 2,5 % des diplômés du secteur de la productique (soit plus de 400 diplômés par an dans 12 établissements). Ces valeurs peuvent être complétées par des données des secteurs voisins incluant du génie des procédés dans leurs formations² :

- Génie thermique et énergie : 822 diplômés par an, soit 4,4 % des diplômés du secteur de la productique.
- Chimie : 1394 diplômés par an, soit 7,5 % des diplômés du secteur de la productique – 17 instituts incluant du génie des procédés.
- Génie biologique : 2815 diplômés par an, soit 15,1 % des diplômés du secteur de la productique – 23 départements incluant du génie des procédés.

Licences professionnelles

Parmi les **173 mentions de licences professionnelles fixées par l'arrêté du 27 mai 2014**, on trouve quatre mentions relevant du génie des procédés : « Génie des procédés pour l'environnement (GPE) », « Génie des procédés et bioprocédés industriels (GPBI) », « Conception et contrôle des procédés (CCP) » et « Chimie industrielle (CI) ».

Les mentions « Industries pharmaceutiques, cosmétologiques et de santé : gestion, production et valorisation » (IPCS) et « bio-industries et biotechnologies » proposent également quelques licences professionnelles relevant du génie des procédés.

On recense au total **33 formations en génie des procédés pour un effectif d'environ 500 étudiants**. **Certaines formations ne sont accessibles que par la voie de l'alternance.**

Masters

En ce qui concerne le master, l'**arrêté du 4 février 2014** fait état d'une mention « Génie des Procédés et des Bioprocédés », résultat d'une mobilisation forte de la communauté pour défendre la discipline. Outre cette mention, le génie des procédés est présent dans les mentions « Biotechnologies », « Chimie », « Chimie, physique et analytique », « Energétique-Thermique » et « Sciences et Génie des Matériaux ». **Au total, 11 établissements proposent un master en génie des procédés.**

Une forte mobilisation de la communauté du génie des procédés a abouti à la création d'une mention de master dédiée à cette discipline.

Formation ingénieurs

La formation de niveau Bac+5 en génie des procédés s'est essentiellement développée dans les écoles d'ingénieurs entre 1991 et 2016. Elle offre actuellement un bon maillage du territoire.

Ainsi, 11 écoles d'ingénieurs dispensent une formation spécifique en génie des procédés avec environ 600 diplômés par an, soit deux fois plus qu'en 1991. Parallèlement, au cours des 25 dernières années, on a pu observer la dissémination importante du génie des procédés dans des formations ingénieurs assez diversifiées : écoles de chimie (regroupées au sein de la fédération Gay-Lussac), mais aussi écoles

La formation Bac+5 en génie des procédés s'est principalement développée dans les écoles d'ingénieurs.

généralistes (écoles Centrales, Polytech, école des Mines...) et des écoles de génie industriel. Un état des lieux chiffré est assez difficile à établir car l'offre de formation est souvent très diversifiée, basée sur des choix de modules optionnels qui ne concernent pas tous les étudiants pour une spécialisation progressive (principe des unités capitalisables). On recense au total 45 écoles d'ingénieurs qui proposent une offre de formation incluant du génie des procédés.

Doctorats

Le doctorat en Génie des procédés est proposé par un grand nombre d'établissements et d'école doctorales. Cette formation de haut niveau donne accès à des postes en industrie aussi bien que dans la recherche académique. Au travers d'un travail de recherche pointu, elle permet aux candidats de développer leur sens critique et leur capacité de communiquer dans le monde scientifique international. Elle donne accès à des postes d'expert ou de chef de projet, très sensibilisés à l'innovation.

Un bilan positif...

Un bilan des formations en génie des procédés sur la période 1991-2017 a permis d'observer :

- Une augmentation du nombre de diplômés dans la discipline.
- Une augmentation du nombre de formations incluant du génie des procédés.
- Une diversification des domaines d'application intégrant le développement durable, la sécurité et la qualité.
- Une ouverture au génie industriel.

Les formations en génie des procédés ont su faire évoluer leurs contenus et leurs modes de formation pour s'adapter aux besoins industriels et aux évolutions sociétales, ainsi qu'à la diversité des étudiants. Toutes les écoles d'ingénieurs ont été habilitées par la Commission des Titres d'Ingénieurs en termes de contenus pédagogiques, de relations partenariales, de relations internationales, etc.

Un travail à mener pour mieux faire connaître et reconnaître la discipline et attirer les talents.

... des défis à relever

Des chantiers sont en cours pour préparer nos étudiants à la mutation vers l'industrie du futur, à la gestion de problèmes interdisciplinaires et complexes et à l'évolution des attentes et des besoins en compétences sur le long terme. Cela implique de :

- Développer les formations innovantes et interactives,
- Renforcer l'attractivité auprès des bacheliers et des étudiants de Classes Préparatoires aux Grandes Écoles (CPGE) ou des licences,
- Anticiper l'évolution des métiers,
- Préparer nos élèves :
 - › À la mutation vers l'industrie du futur,
 - › À la gestion de problèmes interdisciplinaires et complexes,
 - › À l'évolution des attentes et des méthodes,
- › À l'analyse des flux de données massives et l'intelligence artificielle.
- Faire connaître et reconnaître la discipline et attirer les talents,
- Intervenir dans les écoles pour renforcer l'attractivité auprès des bacheliers et des étudiants de Classes Préparatoires aux Grandes Écoles (CPGE) ou des licences,
- Interagir avec l'ONISEP,
- Former les professeurs de collèges et lycées aux sciences de l'ingénieur et au génie des procédés en particulier,
- Introduire des notions de génie des procédés dans les programmes scolaires,
- (Re)proposer une agrégation en génie des procédés.



LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE GÉNIE DES PROCÉDÉS

La SFGP fédère tous les acteurs en génie
des procédés en France.

La Société Française de Génie des Procédés (SFGP) est une association de type loi 1901. Elle rassemble et fédère ingénieurs, techniciens, enseignants et chercheurs en vue de promouvoir le génie des procédés dans les industries chimiques, pétrolières, pharmaceutiques, biotechnologiques, agroalimentaires, papetières et cimentières. Sa finalité est de contribuer à construire l'industrie française de demain dans les industries de procédés.

La SFGP a pour missions principales :

- Contribuer à la réflexion nationale sur les grands défis : nouvelle France industrielle, transition énergétique et écologique, bioéconomie, usine du futur...
- Répondre aux problématiques techniques des industriels et les faire bénéficier d'un réseau d'experts.
- Être un lieu d'échange et de réflexion pour tous les professionnels concernés par le génie des procédés.

Un réseau actif

La SFGP dispose d'un conseil d'administration de 30 membres représentant les industries, les écoles, les universités, les EPIC, les EPST et les associations professionnelles.

Dix-sept groupes thématiques contribuent aux progrès scientifiques et technologiques dans le champ du génie des procédés en organisant des journées d'étude et de prospective, des colloques, en participant au congrès national bisannuel de la SFGP. La SFGP est active au sein des organisations

européennes que sont l'EFCE (European Federation of Chemical Engineering) et l'ESBES (European Society of Biochemical Engineering Sciences).

La SFGP coopère avec d'autres sociétés savantes (Association des Chimistes Ingénieurs et Cadres des Industries Agricoles et Alimentaires, Association Française de Mécanique, Groupe Français des Polymères, Société Française de Chimie, Société Française des Matériaux, Société Française de Thermique) dont les domaines d'action touchent au génie des procédés.

Cette synthèse extraite du Livre Blanc* a été préparée par :



Jean-François JOLY
Délégué Général de la SFGP
Directeur Expert IFPEN - Solaize



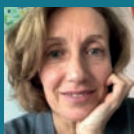
Jack LEGRAND
Président du Comité Scientifique et Technique de la SFGP
Professeur à l'Université de Nantes
Chercheur au GEPEA (Génie des Procédés – Environnement – Agroalimentaire) - Nantes



Xuân-Mi Meyer
Vice-Présidente du Comité Scientifique et Technique de la SFGP
Professeur et Directrice adjointe – Toulouse INP-ENSIACET
Chercheur au Laboratoire de Génie Chimique, Université de Toulouse, CNRS, Toulouse



François NICOL
Président de la SFGP
Directeur du Département Génie des Procédés
Veolia Recherche & Innovation – Limay



Martine POUX
Secrétaire Générale de la SFGP
Ingénieur de Recherche au Laboratoire de Génie Chimique, Université de Toulouse, CNRS, Toulouse

* Consultable sur www.sfgp.asso.fr

Les assises nationales du génie des procédés se sont déroulées

sous le haut-patronage du Ministère de l'Éducation,
de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
et du Ministère de l'Économie et des Finances



DGE

avec le parrainage de





Société Française de Génie des Procédés
28 rue Saint-Dominique
75007 Paris
secretariat@sfgp.asso.fr
www.sfgp.asso.fr

Décembre 2017

ISBN 978-2-910239-83-1