

**FORMER DES CADRES
AUX MÉTIERS
DE LA CHIMIE VERTE**
**ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES
À HORIZON 2025**

Rapport du Comité d'Analyse Prospective (CAP)
« Chimie Verte » d'AgroParisTech
11 mars 2019

Stéphanie Baumberger
Fabienne Maroille

REMERCIEMENTS

Ce document est le fruit d'un travail collectif, nous tenons à remercier les personnes listées ci-dessous.

Le Président du CAP Chimie verte :

Paul COLONNA, INRA - Directeur scientifique adjoint (Professeur consultant AgroParisTech)

Les représentants des secteurs industriels et services :

Philippe AUBRY, ARD - Directeur Général Adjoint

Sébastien HULIN, LESAFFRE - R&D Team manager « Biofuels, fermented beverages and biobased chemistry »

François MONNET, SOLVAY - Directeur Technologies avancées (Président Association « Chimie du végétal »)

Jean-François ROUS, ELEPHANT VERT – Directeur innovation (ex-président du projet PIVERT, groupe AVRIL)

Henri STRUB, ex – TOTAL - Senior Scientific Adviser Chemistry

Cyril FLAMIN, COOPENERGIE - Chargé de projet biomasse

Denis LUCQUIN, SOFINNOVA Partners - Managing partner

Franck LAUNAY, IPSB (Ingénierie des Procédés Sucres et Biotechnologies) – Président

Les représentants de cabinets de conseil :

Alan JEAN-MARIE, ALTRAN Research - Responsable scientifique Chimie & procédés

Michel SERPELLONI, Consulting Co - Consultant produits et marchés matière première biomasse à valeur ajoutée

Bruno JARRY, Académie des technologies - Travailleur indépendant

Les partenaires académiques et représentants des pouvoirs publics :

Philippe GERARDIN, Université de Lorraine - Professeur en Chimie, Directeur LERMaB

Bruno HERAULT / Elise DELGOULET, Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt - Chef du Centre d'Etudes et de Prospective

Guillaume JOLY, Pôle de Compétitivité Industries et Agro-Ressources - Responsable Relations territoriales & Formations

Pierre MONSAN, INSA Toulouse - Professeur en Ingénierie enzymatique et biocatalyse, Directeur de Toulouse White Technologie.

Marie-Christine SCHERRMANN, Université Paris-Saclay - Professeur en Chimie éco-compatible

Frédéric MONOT, ANR - Responsable d'un département (EERB) (ex-responsable département Biotech IFPEN)

Le groupe de travail d'AgroParisTech :

Matthieu JULES (PR consultant SVS, UMR MICALIS)

Jean Denis FAURE (PR Physiologie végétale SVS, UMR IJPB)

Violaine ATHES (PR Génie des Procédés SPAB, UMR GMPA)

Sophie LANDAUD (PR microbiologie SPAB, UMR GMPA)

Sandra DOMENEK (MC physico-chimie des polymères SPAB, UMR GENIAL)

Gérard CUVELIER (PR Sciences des aliments, ex-Directeur SPAB, UMR GENIAL)

Florent ALLAIS (PR Responsable UDR ABI Marne AgroParisTech)

Benoit GABRIELLE (PR Bilan environnemental SIAFEE, UMR ECOSYS)

Meriem FOURNIER (Chargée de mission forêt, SIAFEE Nancy, UMR LERFoB)

Gwenola YANNOU-LE BRIS (MC Management de l'innovation et éco-conception, SESG, UFR MIDEAL)

Gilbert GIACOMONI (MC Management de l'innovation, SESG, UFR EMI)

Maryvonne LASSALLE de SALINS (Responsable pédagogique, Ms Masternova, Executive)

Nastaran MANOUCHEHRI (DEP Massy/DEVE)

SOMMAIRE

- 6** **Résumé**

- 10** **Introduction**

- 12** **Le cadre et la méthode**
- 13 Les missions du CAP Chimie verte
- 13 Les membres du CAP Chimie verte
- 15 La démarche du CAP Chimie verte

- 16** **Le concept de chimie verte**

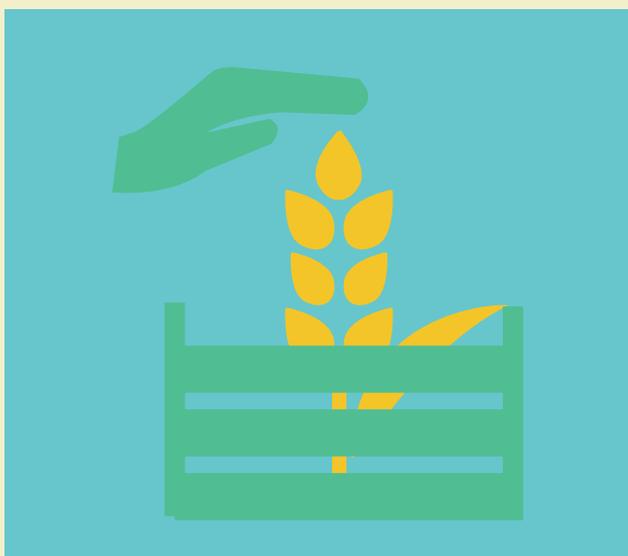
- 18** **Les métiers de la chimie verte**



- 24** **Tendances et évolution des métiers et des compétences**
- 26 Métiers spécifiques bioraffinerie et chimie verte
- 27 Métiers de l'informatique
- 27 Métiers en lien avec les procédés, le développement, le *scale-up*, l'intégration
- 27 Métiers transversaux : approche globale et innovation
- 28 Nouveaux métiers... à inventer
- 28 Métiers liés au transfert et à l'intégration de connaissances

30 Quelle offre de formation d'AgroParisTech pour ces métiers ?

31 Analyse de l'existant



38 Le diagnostic des formations existantes et les recommandations du CAP

39 À AgroParisTech

39 En dehors d'AgroParisTech

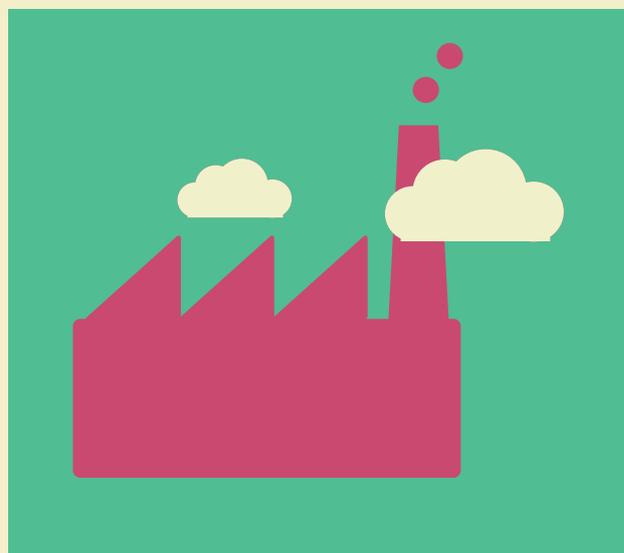
39 Création d'un Master européen dans le domaine de la chimie verte

40 Propositions et recommandations pour les formations d'AgroParisTech

44 Les conclusions du groupe de travail d'AgroParisTech

46 Annexe 1 : Les 12 principes de la chimie verte

48 Annexe 2 : Liste des métiers de cadres en lien avec la Chimie Verte



RÉSUMÉ



AgroParisTech et la chimie verte

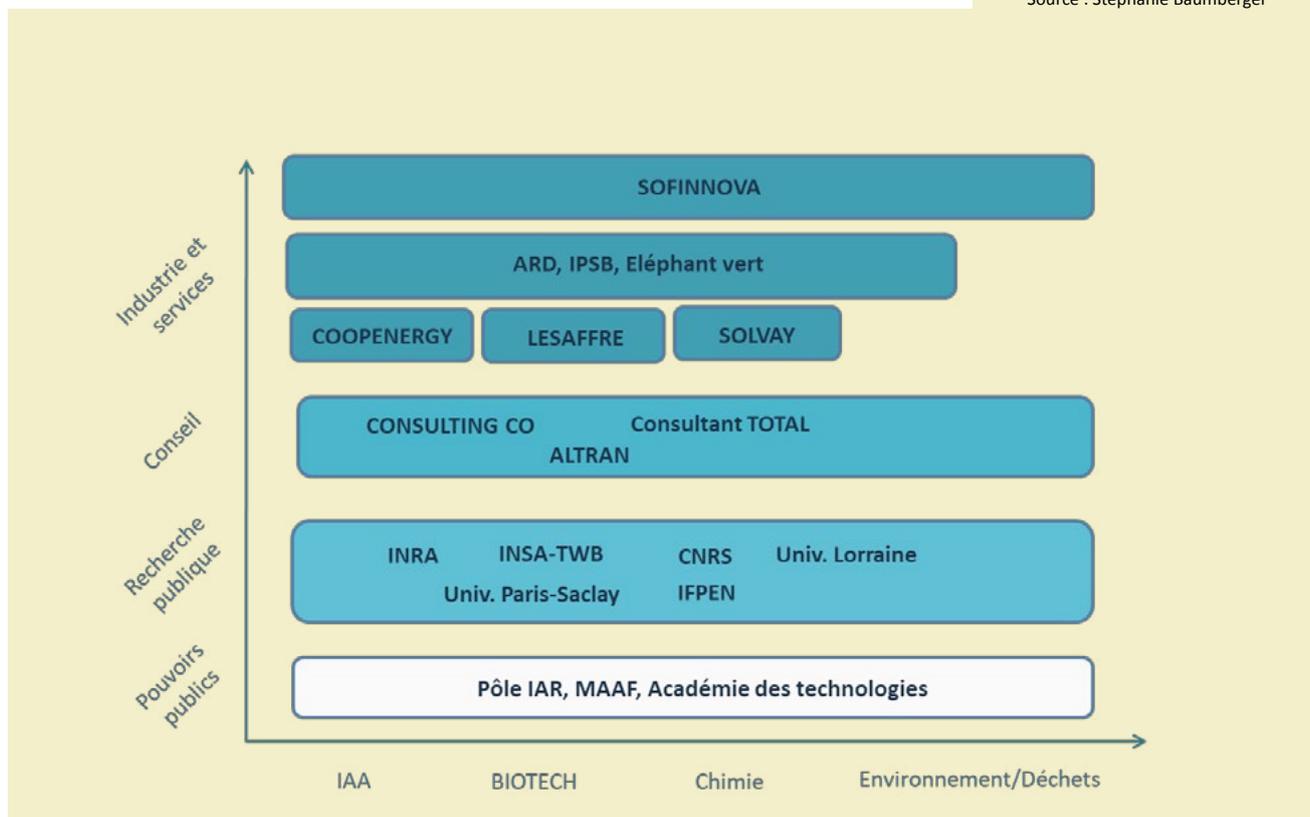
Au sens le plus large, la chimie verte réside dans un ensemble de douze principes visant à réduire l'impact sur l'environnement et la santé de l'homme des procédés chimiques. Une des stratégies de la chimie verte consiste à utiliser des matières premières renouvelables, parmi lesquelles figurent les ressources agricoles et forestières. Ainsi AgroParisTech a été amené à se positionner sur une chimie verte du carbone renouvelable (dite « chimie du biosourcé ») respectueuse de ces douze principes. En lien avec ce nouveau secteur d'activité, AgroParisTech a mis en place depuis sa création des enseignements de formation initiale

et continue, avec en particulier la construction d'un parcours de 2^e année du cursus ingénieur en Bioraffinerie – Chimie Verte (BCV).

La démarche du CAP

Le Comité d'Analyse Prospective (CAP) Chimie Verte a été conçu pour réfléchir à l'évolution des métiers dans les 10-15 ans à venir et identifier les compétences associées. Ce comité a regroupé une quinzaine de partenaires publics et privés représentants des secteurs industriels, des services, de la recherche et des pouvoirs publics.

Cartographie du CAP chimie verte
Source : Stéphanie Baumberger



À travers deux réunions plénières et une série d'entretiens individuels, les membres du CAP ont pu prendre connaissance de l'ensemble des formations d'AgroParisTech, s'exprimer sur les tendances des métiers et des compétences et juger de l'adéquation entre l'offre d'enseignement d'AgroParisTech et ces tendances. Une liste de métiers relevant plus particulièrement du domaine d'activité d'AgroParisTech a été établie collectivement à partir d'un référentiel APEC¹. Elle a été complétée par une mise en correspondance avec les formations d'AgroParisTech existantes, ce qui a permis d'identifier les différentes voies d'accès à ces métiers pour les étudiants de l'École.

Un secteur en plein essor

L'essor de la chimie verte et l'intérêt d'un parcours dédié ont été confirmés. Néanmoins, cet essor reste dépendant des contraintes réglementaires et des politiques publiques, elles-mêmes dépendantes du prix du pétrole et du gaz. Cet essor passe par le développement de procédés diversifiés combinant chimie, biotechnologies vertes² et biotechnologies blanches³, avec prise en compte du changement d'échelle et gestion de *big-data*. Il se traduit par la mise en place de systèmes industriels intégrés, les bioraffineries, qui devraient se mettre en place dans les années à venir par reconversion de raffineries et de papeteries et/ou se limiter à de petites unités adaptées au territoire.

Des profils spécifiques d'ingénieurs recherchés

Ces développements vont faire appel de façon croissante aux profils d'ingénieurs-suivants :

- ingénieurs chimistes formés aux principes de la chimie verte et au biosourcé ainsi qu'aux nouvelles technologies
- ingénieurs fermentation pour des procédés diversifiés (production microbienne de biomolécules, méthanisation, exploitation de micro-algues)
- ingénieurs en ingénierie pour la création ou reconversion de bioraffineries
- ingénieurs bio-informaticiens
- ingénieurs en conception et évaluation de filières
- ingénieurs en innovation et en recherche

Ces ingénieurs devront plus particulièrement être formés aux aspects suivants :

- changement d'échelle
- multi-disciplinarité
- réglementation du biosourcé
- techniques informatiques
- intégration de procédés et processus de natures différentes
- optimisation de la valeur économique de systèmes de production
- construction et mise en œuvre de partenariats
- propriété industrielle

Parmi les métiers recensés, ceux de la production, de la fermentation, de la maintenance et du *business development* se révèlent être en tension.

1 APEC : Association Pour l'Emploi des Cadres

2 Biotechnologies vertes : biotechnologies végétales

3 Biotechnologies blanches : biotechnologies industrielles

Les perspectives pour AgroParisTech

Des propositions ont été formulées pour accroître l'effectif des formations dans ce domaine en améliorant leur visibilité et leur attractivité :

- communiquer sur les métiers de la production
- faire des visites virtuelles ou réelles de sites industriels
- faire des rencontres métiers au format *speed-dating*
- faire la publicité de la profession

Parallèlement l'engagement d'AgroParisTech dans la construction d'un master européen en bioéconomie a été encouragé, ce type de formation permettant notamment de développer des enseignements en anglais, d'attirer des étudiants à l'international et d'associer des partenaires industriels.

Les principales perspectives pour AgroParisTech sont la mise en place de ce master, en impliquant les partenaires socio-économiques, ainsi que la diversification des enseignements de formation continue et la réalisation d'actions de communication auprès des étudiants.

Les productions du CAP Chimie verte (liste des métiers, correspondance compétences-formation, mise à disposition de rapports) constituent une première étape de cette démarche de communication.

Des actions concrètes à mettre en place

Au vue des recommandations du CAP, le groupe de travail interne à AgroParisTech (une quinzaine d'enseignants-chercheurs et de responsables pédagogiques) a proposé les actions suivantes :

- communication : réalisation d'une plaquette destinée aux professionnels et aux étudiants ; labellisation de formations auprès du pôle IAR⁴ ; changement de format et de titre du parcours BCV
- partenariat : renforcer les liens avec les entreprises (vidéo métiers, témoignages, tables rondes)
- formation : soumission d'un master européen ; intégration des aspects juridiques dans les formations existantes ; renforcement de la biologie prédictive ; mettre en place une unité d'enseignement sur la déconstruction-reconstruction de la biomasse ; favoriser les projets et stages avec une approche systémique ; réfléchir à des rapprochements entre les parcours Forêt et BCV
- suivi : créer un comité de perfectionnement sur le thème de la chimie verte pour le suivi des formations.

4 Pôle IAR : pôle de compétitivité Industries & Agro-Ressources (IAR)

INTRODUCTION



Centre européen de Biotechnologie et de Bioéconomie (CEBB, Pomacle)



La chimie verte, au sens le plus large, réside dans un ensemble de douze principes énoncés en 1998 par les chimistes Anastas et Warner de l'agence de protection de l'environnement des Etats-Unis. Ces douze principes visent à réduire l'impact sur l'environnement et la santé de l'homme des procédés chimiques en développant de nouvelles voies de synthèse générant peu de déchets, mettant en œuvre des composés non toxiques, et permettant de réduire la consommation de ressources fossiles. Une des stratégies de la chimie verte consiste à utiliser des matières premières renouvelables, parmi lesquelles figurent les ressources agricoles et forestières. Le développement de cette chimie verte du carbone renouvelable nécessite d'intégrer les filières de valorisation alimentaires et non alimentaires de ces ressources, en limitant au maximum la compétition en termes d'utilisations finales et d'attribution des terres. Cette intégration présente un des piliers d'un développement économique durable basé sur l'exploitation des ressources biologiques, la bioéconomie. Ainsi, on assiste aujourd'hui à une imbrication croissante entre les industries alimentaires et la chimie verte du carbone renouvelable aussi bien en termes de flux de matière et de débouchés qu'en termes de démarche commune d'éco-compatibilité.

Initiée à l'occasion de la conception du cursus commun d'AgroParisTech, la réflexion sur la place de la chimie verte à AgroParisTech a permis d'identifier des forces et complémentarités et a conduit à la mise en place d'une offre de formation ciblée, intégrant des enseignements de 1^{re} année (« enjeux et défis du carbone renouvelable »), de 2^e année (parcours « Bioraffinerie – Chimie Verte » du Domaine « Ingénierie des aliments, biomolécules et énergies ») et de 3^e année (unités d'enseignement des dominantes « BIOTECH » et « Génie des Procédés et Production »). Depuis la mise en place

en 2011 de ces actions de formation, on assiste à un intérêt croissant des étudiants pour ces nouvelles filières, avec notamment des effectifs en hausse dans les unités d'enseignement spécifiques et de plus en plus de projets et de stages effectués dans ce secteur (stages de 2^e année, de fin d'études, et stages longs de césure, notamment à l'étranger).

Une force du cursus d'AgroParisTech, par rapport aux autres formations proposées en France et en Europe dans le domaine de la chimie verte, est l'intégration de compétences permettant de couvrir l'ensemble des chaînes de valeur, depuis la production de biomasse jusqu'à la commercialisation de produits biosourcés, avec une forte composante en biotechnologies et en incluant l'évaluation environnementale et énergétique de ces filières. Ces compétences se trouvent notamment fédérées au sein de l'unité de recherche et de développement « Agro Biotechnologies Industrielles » (Marne – AgroParisTech, Centre Européen de Biotechnologie et de Bioéconomie), destinée à assurer de l'innovation et un transfert de connaissances.

Outre l'objectif de formation, la chimie verte représente des enjeux importants de recherche au sein de plusieurs UMR AgroParisTech-INRA impliquées dans des projets collaboratifs à l'échelle nationale (projets ANR⁵, Grand Emprunt et Institut Carnot 3BCar), européenne (programmes FP7 et Horizon 2020), voire internationale (collaboration avec le Brésil, les États-Unis, le Japon, ...).

Face à l'évolution rapide du secteur, se pose la question de l'adéquation des formations d'AgroParisTech aux métiers associés et de la nécessité éventuelle d'en créer de nouvelles.

5 ANR : Agence Nationale de la Recherche

LE CADRE ET LA MÉTHODE

AgroParisTech via sa Direction des Partenariats a souhaité depuis 2015 mettre en place des analyses prospectives à horizon 2025 sur l'évolution des métiers et des compétences dans différents domaines stratégiques de l'école. Ces démarches s'effectuent en deux temps.

La première étape est une consultation externe d'un comité d'analyse prospective (CAP) composé d'experts extérieurs, comité présidé par un de ces experts, animé par deux personnes de l'école, un ou une enseignant-chercheur investi dans le domaine particulier et un ou une ingénieur de la direction des partenariats investi dans la démarche générale CAP.

La seconde étape est une appropriation des conclusions du CAP par un groupe de travail interne composé d'enseignants-chercheurs représentant les différents départements de l'école, en vue de penser l'évolution des formations. Le secteur de la chimie verte, secteur d'avenir sur lequel AgroParisTech a une place légitime, a été le deuxième à inaugurer la démarche. La composition du CAP Chimie verte et le cahier des charges de l'étude qui lui est confiée ont été définis et validés par le Comité de Coordination et d'Orientation (CCO) et le Comité de Direction (Codir) de l'école.

LES MISSIONS DU CAP CHIMIE VERTE

Le CAP Chimie verte a eu pour missions de répondre à trois questions constituant son cahier des charges :

1°) Quelle évolution des défis à relever par nos diplômés dans les 10-15 ans à venir dans le secteur de la chimie verte et quelles compétences requises ?

2°) L'offre de formation d'AgroParisTech (cursus ingénieur, master, mastère spécialisé, formation continue...) actuelle s'adapte-t-elle bien, quantitativement et qualitativement, à l'évolution de la demande du marché de l'emploi dans les métiers de la chimie verte ?

3°) Quel positionnement au niveau européen pour une formation de master coordonnée par AgroParisTech (thématique, format, partenaire) ?

LES MEMBRES DU CAP CHIMIE VERTE

Paul COLONNA, Directeur scientifique adjoint à l'INRA⁶ et professeur consultant à AgroParisTech, a été missionné pour être Président de ce CAP Chimie verte.

Stéphanie BAUMBERGER, Professeur en Chimie verte à AgroParisTech, et Fabienne MAROILLE, Chef de projets «insertion» à la Direction des Partenariats d'AgroParisTech ont été nommées animatrices de ce comité d'analyse prospective.

Pour répondre aux questions du cahier des charges du CAP Chimie verte, un groupe de professionnels a été constitué pour tenter de couvrir l'ensemble de la profession

⁶ INRA : Institut National de la Recherche Agronomique



Chemistry / Photo © URD ABI-AgroParisTech

Prénom	Nom	Fonction	Entreprise
Secteurs industriels et services			
Philippe	AUBRY	Directeur Général Adjoint	ARD
Sébastien	HULIN	<i>R&D Team manager</i> « Biofuels, fermented beverages and biobased chemistry »	LESAFFRE
François	MONNET	Responsable de la plateforme de recherche corporate : chimie du renouvelable et Président de l'Association Chimie du Végétal	SOLVAY
Frédéric	MONOT	Responsable d'un département (EERB)	ANR
Jean-François	ROUS	Directeur innovation	ELEPHANT VERT
Henri	STRUB	Consultant en chimie du biosourcé	Ex. TOTAL
Cyril	FLAMIN	Chargé de développement en projets biomasse	COOPENERGIE
Denis	LUCQUIN	<i>Managing partner</i>	SOFINNOVA Partners
Franck	LAUNAY	Président	IPSB
Cabinets de conseil			
Alan	JEAN-MARIE	Responsable scientifique matière énergie	ALTRAN
Michel	SERPELLONI	Biochimiste consultant indépendant	Consulting Co
Bruno	JARRY	Travailleur indépendant	Académie des technologies
Partenaires académiques et pouvoirs publics			
Philippe	GERARDIN	Professeur en Chimie et Directeur du LERMAB	Université de Lorraine
Bruno	HERAULT	Chef du Centre d'Etudes et de Prospective	Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt
Guillaume	JOLLY	Responsable administratif et financier & Relations territoriales & Formations	Pôle de Compétitivité Industries et Agro-Ressources
Pierre	MONSAN	Professeur émérite, Directeur de Toulouse White Technologie	INSA Toulouse
Marie-Christine	SCHERRMANN	Professeur en Chimie éco-compatible	Université Paris-Saclay

LA DÉMARCHE DU CAP CHIMIE VERTE

Les animatrices ont préalablement réuni des documents disponibles sur la prospective du secteur de la « Chimie du végétal » et sur la « Bioéconomie ». Elles ont également réalisé une analyse de l'existant dans ce domaine à AgroParisTech en termes de formation, recherche et insertion des étudiants à leur sortie de l'école.

Il existe plusieurs études sur les métiers présents et futurs dans le secteur de la chimie du végétal, des biotechnologies industrielles et de la bioéconomie. Les rapports suivants ont été sélectionnés et utilisés comme base pour la réflexion : « La chimie du végétal et biotechnologies industrielles : quelles métiers stratégiques » - APEC N°2014-55 d'octobre 2014, « Emplois actuels et futurs pour la « Filière chimie du végétal » » - ADEME/ALCIMED de juillet 2012 coordonné par V. Le Ravalec, « Dynamiques de l'emploi dans les filières bioéconomiques » - Rapport n°15056 du CGAAER d'avril 2016 de C.Roy et J.Teyssier d'Orfeuill, « Vers une bioéconomie durable » - Les avis du CESE de mars 2017 de J.D. Abel et M.Blanc. En complément, les animatrices ont recueilli la perception de chacun des membres du CAP, avec un horizon à 10 ans pour envisager ce que serait l'évolution des métiers et des compétences dans le secteur de la chimie verte.

Dans un premier temps les membres du CAP Chimie verte se sont réunis pour une première réunion le 3 mars 2017. Durant cette réunion l'offre « chimie verte » de formation et de recherche d'AgroParisTech a été présentée par Stéphanie Baumberger et d'autres enseignants-chercheurs de l'école et Fabienne Maroille a présenté la démarche du CAP mise en place.

Ensuite les membres du CAP Chimie verte ont été interrogés par Fabienne Maroille lors d'entretiens téléphoniques d'environ une heure pour valider une liste de métiers de cadres en lien avec la chimie verte et pour répondre aux questions du cahier des charges. Tous les entretiens ont été mis en ligne sur une page Internet privée propre au CAP Chimie verte.

Enfin, après analyse de la matière produite à l'issue de la première réunion et des entretiens téléphoniques, une deuxième réunion du CAP Chimie verte a été organisée le 28 novembre 2017, pour présenter la synthèse des interviews et pour travailler en ateliers sur trois thèmes portant sur les formations chimie verte d'AgroParisTech. Chaque atelier composé d'environ cinq personnes devait réfléchir sur un des thèmes proposés. En fin de réunion chaque atelier a présenté le résultat de son travail discuté en plénière.

Les trois thèmes proposés étaient :

- 1°) l'amélioration de la visibilité et de l'attractivité des formations chimie verte d'AgroParisTech,
- 2°) l'adaptation de l'offre de formation chimie verte d'AgroParisTech à l'évolution des métiers et des compétences,
- 3°) l'implication des professionnels dans les cursus chimie verte d'AgroParisTech.

L'ensemble de ces résultats ont été présentés dans une réunion du groupe de travail interne AgroParisTech le 5 juin 2018. Le groupe de travail a pu s'approprier collectivement les propositions du CAP Chimie verte et les traduire en plan d'action pour les années à venir.

LE CONCEPT DE CHIMIE VERTE

A la question posée « qu'entendez-vous par chimie verte ? », aussi bien pendant les réunions que lors des interviews, les membres du CAP ont donné des réponses diverses reflétant la diversité de leurs origines (chimistes, agronomes, ...) :

« Il vaudrait mieux utiliser « chimie durable » » ; « La chimie verte est différente de la chimie du végétal » ; « Terme un peu utilisé à toutes les sauces » ; « Lien avec la bioéconomie ? » ; « Notion différente de chimie biosourcée et chimie durable » ; « Revue «green chemistry» reliée à la chimie verte au sens strict » ; « Chimie du biosourcé en utilisant les 12 principes de la chimie verte » ; «Une partie de la chimie verte est biosourcée (cf 7^e principe) » ; « Remplacer l'intitulé BCV (parcours AgroParisTech « Bioraffinerie – Chimie Verte») par « Transformation et valorisation de la biomasse ».

Il co-existe ainsi différents points de vue incluant la chimie du carbone renouvelable et la chimie basée sur les 12 principes d'Anastas et Warner (détaillés en Annexe 1, p. 46). Tout le monde s'entend pour dire que la chimie verte n'est pas synonyme de « chimie du végétal », puisque la chimie du végétal n'implique pas forcément le respect des 12 principes.



Pour AgroParisTech le carbone renouvelable comprend la biomasse végétale, mais également les déchets animaux (ex : 5^e quartiers traditionnellement incinérés et utilisés en cimenterie, os, peaux, insectes pour la chitine...) et les autres sources de carbone (ex : le CO₂). La connaissance des ressources biologiques et des outils d'exploitation de ces ressources (biotechnologies) est un atout d'AgroParisTech.

Les douze principes de la chimie verte
(Paul T. Anastas et John C. Warner, *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press, New York, 1998)



AgroParisTech se positionne actuellement sur une chimie du carbone renouvelable respectueuse des 12 principes.

LES MÉTIERS DE LA CHIMIE VERTE

La liste des métiers de cadres en lien avec la chimie verte (tableau ci-dessous) a été réalisée à partir de la synthèse des entretiens, en réponse aux questions suivantes :

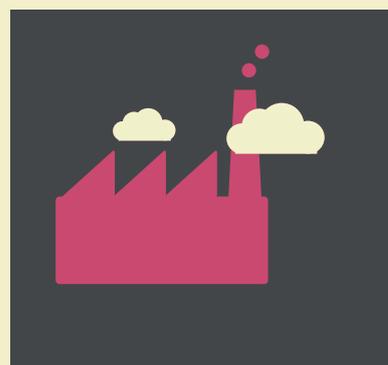
Validation de la liste des métiers de cadre en lien avec la chimie verte et la bioraffinerie

La liste des métiers qui vous est proposée vous semble-t-elle explicite, les libellés sont-ils suffisamment précis ?

Y-a-t-il des libellés inutiles ou inappropriés ?

Y-a-t-il des métiers importants oubliés ou mal explicités ?

La question était accompagnée d'une liste de métiers établie à partir de l'étude APEC n°2014-55 – Chimie du végétal et biotechnologies industrielles : quels métiers stratégiques ?



LISTE DES MÉTIERS DE CADRES EN LIEN AVEC LA CHIMIE VERTE

Classification d'après étude APEC 2014 et détail des activités/missions spécifiques (Proposition S. Baumberger et F. Maroille)

La liste ci-dessous intègre l'ensemble des retours des membres du CAP.

Une grande partie des métiers présentés peuvent être réalisés en bureau d'étude ou société de conseil : construction d'usines clé en main, intégration d'opérations unitaires dans une usine, validation d'équipements ou de processus, analyse stratégique, innovation...

Les métiers en beige sont les métiers en lien direct avec la chimie verte.

INNOVER	
Ingénieurs agronome et forestier	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluation de la durabilité de systèmes de culture et/ou de systèmes de production incluant des cultures pour la bioraffinerie • Appui à la mise en œuvre de projets de bioraffineries dans les territoires • Gestion des ressources agricoles et forestières pour leurs différents usages (alimentaires ou non) • Estimation des gisements de ressources agricoles et forestières dans un territoire
Ingénieur R&I biotechnologies industrielles <small>(Recherche & Innovation)</small>	<ul style="list-style-type: none"> • Développement de nouvelles méthodes analytiques pour les biotechnologies et l'exploration structurale de la biomasse et de sa variabilité • Conception de biocatalyseurs et de voies métaboliques conduisant à la synthèse de molécules d'intérêt • Développement de procédés de mise en œuvre de micro-organismes d'intérêt • Recherche de solutions alternatives à l'utilisation de molécules présentant un risque pour la santé en lien avec la réglementation • Passage de l'échelle laboratoire à l'échelle industrielle ou pilote
Ingénieur R&I bioénergies	<ul style="list-style-type: none"> • Coordination de projets de valorisation de la biomasse à des fins énergétiques (bois énergie, déchets agricoles ou industriels) • Conception de procédés thermochimiques de conversion (combustion, pyrolyse et gazéification) pour produire énergie, électricité et gaz
Ingénieur R&I matériaux biosourcés	<ul style="list-style-type: none"> • Formulation de matériaux à base de bioproduits issus de la chimie verte (cosmétiques, plastiques, peintures....) • Etude multi-échelle des relations structures-propriétés

Bioinformaticien	<ul style="list-style-type: none"> • Création de logiciels et bases de données pour traiter les informations issues du vivant • Modélisation de structures et processus issus du vivant • Conception de nouvelles voies métaboliques dans une démarche de biologie synthétique
Responsable innovation	<ul style="list-style-type: none"> • Conception de nouvelles stratégies de conversion ou d'utilisation des ressources biodisponibles (alimentaires et non-alimentaires) et de création de nouveaux matériaux • Conception et évaluation de chaînes de valeurs (ou de systèmes) • Identification de résultats de la recherche pouvant conduire à une innovation • Gestion du transfert de technologie (volet scientifique, technologique, juridique, économique)
Responsable partenariats	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de partenariats entre l'entreprise et différents acteurs privés ou publics • Montage de projets en réponse à appels d'offre • Gestion des finances de l'innovation
Dirigeant de start-up	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation d'un brevet d'innovation et/ou d'une innovation spécifique • Définition de la stratégie de l'entreprise et gestion des ressources • Création de marchés
PROTÉGER, ENCADRER et GUIDER	
Responsable affaires réglementaires et scientifiques	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion des activités de propriété industrielle (brevets, contrats...) • Surveillance de la concurrence (veille, brevets) • Garantie de la conformité des produits de l'entreprise aux réglementations • Dépôt et suivi de dossiers auprès des autorités administratives • Participation à la définition des politiques publiques et réglementation
Responsable qualité	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en œuvre et organisation des procédures de suivi et de contrôle qualité au sein d'une unité de production ou une entreprise • Anticipation des normes et des réglementations • Mise en œuvre de la démarche d'amélioration continue

<p>Ingénieurs HSE et RSE (Hygiène, Sécurité, Environnement et Responsabilité Sociale des Entreprises)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboration, déploiement et suivi de la politique HSE de l'entreprise • Vérification de l'application de la réglementation HSE, ICPE, ... • Optimisation de la gestion des déchets, traitement des pollutions, prévention des nuisances et des risques • Responsable sociétal de l'entreprise
<p>Ingénieur ACV (Analyse des Cycles de Vie)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluation des impacts environnementaux d'un produit ou d'un procédé sur l'ensemble de son cycle de vie • Participation aux choix technologiques des composants et des matériaux pour favoriser la maintenance et le recyclage des produits • Choix MTD (Meilleures Technologies Disponibles)
PRODUIRE ET OPTIMISER	
<p>Conseiller agro-ressources</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conseil auprès des agriculteurs pour accompagner la mise en œuvre de projets en lien avec la production et la valorisation de la biomasse agricole • Aide au développement de moyens pour améliorer la qualité et la quantité des productions
<p>Responsable achat et logistique biomasse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Définition, mise en place et pilotage de la stratégie achats de son entreprise • Coordination de la gestion des flux de matières premières (agricoles, forestières, déchets) depuis leurs sites de production • Gestion des contrats d'approvisionnement • Evaluation des matières premières
<p>Ingénieurs formulation et application produit spécialisés dans le vivant</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conception et optimisation des recettes pour l'élaboration de bioproduits ou de produits à base de produits biosourcés • Mise en adéquation des performances du produit biosourcé avec les spécifications du client et les contraintes réglementaires et les règles d'hygiène et de sécurité • Identification des fournisseurs et sources d'approvisionnement
<p>Ingénieur fermentation</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Développement, modélisation et dimensionnement de nouveaux bioprocédés (production de biomolécules d'intérêt, méthanisation...) • Développement industriel de procédés • Optimisation, adaptation et régulation de procédés existants

Ingénieur catalyse	<ul style="list-style-type: none"> • Prise en compte des principes de la chimie verte dans les procédés de synthèse organique • Conception et optimisation de procédés catalytiques • Mise en œuvre de biocatalyseurs
Responsable industrialisation	<ul style="list-style-type: none"> • Définition des moyens à employer pour assurer le lancement de fabrication de nouveaux produits (respect du cahier des charges et des impératifs de qualité, de coûts, de délais, de sécurité et d'environnement) • Conception, gestion ou réorganisation d'un site industriel • Supervision de la mise en service d'une usine (<i>commissioning</i>) • Amélioration continue des procédés, méthodes et outils de fabrication • Mise en œuvre des processus d'automatisation et de maintenance
ÉCOUTER LE MARCHÉ	
Responsable prospective et intelligence économique	<ul style="list-style-type: none"> • Orientation et accompagnement de nouveaux projets grâce à la veille technologique, concurrentielle, marché et juridique • Prise en charge du système de gestion des informations relatives à l'entreprise, et leur sécurisation
Responsable des marchés <i>(Business developer)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Orientation et détection des opportunités de croissance pour l'entreprise • Mise en place de nouveaux projets, marchés, clients, partenaires • Contribution à la stratégie marketing de l'entreprise
Technico-commercial	<ul style="list-style-type: none"> • Développement du portefeuille clients de l'entreprise et rédaction des offres commerciales • Respect du cahier des charges défini par le client • Support technique aux clients



TENDANCES ET ÉVOLUTION DES MÉTIERS ET DES COMPÉTENCES

Cette partie s'appuie sur les réponses aux deux questions posées lors des entretiens téléphoniques :

Question n°1 : Quels sont les tendances et les scénarios possibles d'évolution des métiers des cadres de la chimie verte et de la bioraffinerie pour les 10-15 prochaines années ?

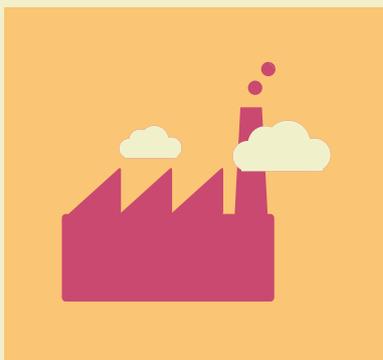
1-a Quelles évolutions verriez-vous pour les métiers de la chimie verte et de la bioraffinerie dans les 10-15 prochaines années ?

1-b Avez-vous un point à souligner par rapport à votre propre secteur d'activité ?

Question n°2 : Quelles seront pour les 10-15 prochaines années les compétences à développer pour les cadres de la chimie verte et de la bioraffinerie ?

2-a Quelles seront les compétences à renforcer ou à développer dans les 10-15 prochaines années pour les cadres de la chimie verte et de la bioraffinerie ?

2-b Dans votre secteur, quelles compétences seront cruciales dans les 10-15 prochaines années ?



Pour les dix-quinze ans à venir, quelques grandes tendances déjà amorcées ressortent :

- Essor de la chimie verte et de la chimie du biosourcé sous l'impulsion de contraintes réglementaires et des politiques publiques, avec dépendance au prix du pétrole et activités R&D⁷ spécifiques de certaines filières (énergie, matériaux, chimie, déchets)
- Développement de procédés diversifiés combinant chimie, biotechnologies vertes et biotechnologies blanches, avec mise en place du changement d'échelle et gestion de *big-data*
- Développement des sites de bioraffinerie par reconversion de raffineries et papeteries, et création de bioraffineries de petites tailles mieux adaptées au territoire et aux attentes de la population
- Évolution des usines avec une part croissante du numérique et de l'automatisation, et des activités R&D autour de la miniaturisation d'équipements
- Mise en place d'une économie circulaire impliquant notamment le retour à la terre des déchets de méthanisation

7 R&D : Recherche & Développement

L'évolution des métiers est étroitement associée à ces tendances. Certains de ces métiers relèvent spécifiquement de la chimie verte (plus particulièrement chimie du biosourcé) alors que d'autres métiers sont moins spécifiques mais néanmoins importants pour le développement de cette chimie verte. La profession est confrontée à des **métiers en tension**, c'est-à-dire des métiers où la demande est plus forte que l'offre.

- **Métiers de la production**
- **Métiers de la maintenance**
- **Métiers du *business development***
- **Métiers de la fermentation**

Les membres du CAP ont exprimé les différents besoins en ingénieurs et cadres de la profession en précisant les compétences associées à ces métiers.



MÉTIERS SPÉCIFIQUES BIORAFFINERIE ET CHIMIE VERTE

Besoin en ingénieurs chimistes formés aux principes de la chimie verte et au biosourcé ainsi qu'aux nouvelles technologies (ex. fluides supercritiques).

Compétences :

- Connaître et savoir appliquer les grands principes de la chimie verte applicables à tous les domaines (laboratoires, industries...)
- Maîtriser la chimie moléculaire et la chimie de spécialité
- Savoir récupérer des molécules en milieu aqueux (cf. Agroalimentaire)
- Connaître les réglementations liées au biosourcé et savoir créer de nouvelles normes liées aux nouveaux produits et aux nouvelles molécules

Besoin en ingénieurs fermentation pour des procédés diversifiés (production microbienne de biomolécules, méthanisation, exploitation de microalgues).

Compétences :

- Maîtriser les concepts et les méthodes de biochimie, chimie moléculaire, microbiologie, biologie, biologie des systèmes
- Posséder une double compétence chimie-biologie
- Connaître et exploiter les biométabolismes (microorganismes et végétaux) et leurs voies de régulation (ex. utilisation des micro ARN pour réguler les métabolismes)

- Maîtriser les techniques de biotechnologies, dont les biotechnologies industrielles (fermentation par des souches isolées ou par des associations microbiennes)
- Maîtriser les fermentations (produits alimentaires ou non alimentaires), la mise en œuvre de ferments, et savoir travailler en milieu stérile

Besoin en ingénieurs capables de concevoir et mettre en œuvre des procédés de transformation des ressources celluloseuses et de développer des bioraffineries de 2^e génération.

Compétences :

- Savoir créer des unités pilotes polyvalentes sur les bioénergies et les biomolécules
- Savoir créer des bioraffineries de petites tailles mieux adaptées au territoire et aux attentes de la population (circuits de distribution courts)
- Savoir faire évoluer des sites de transformation existants (ex. raffinerie, papeteries)

Besoin en ingénieurs connaissant la réglementation et les marchés spécifiques du biosourcé, en lien avec les politiques publiques.

Compétences :

- Savoir exploiter les outils de veille réglementaire et économique
- Savoir prendre en compte les politiques publiques

MÉTIERS DE L'INFORMATIQUE

Besoin en bioinformaticiens (big datas, intelligence artificielle, modélisation) et en spécialistes en informatique industrielle (automatisation, miniaturisation).

Compétences :

- Maîtriser les outils de bioinformatique (ex. collecte d'informations via des sondes et des drones) : amélioration continue des techniques de production et de la logistique
- Maîtriser la science du langage et de la donnée
- Maîtriser les techniques du numérique, des télécommunications et du traitement de l'image
- Savoir mobiliser des connaissances en mathématique, modélisation et algorithmique

MÉTIERS EN LIEN AVEC LES PROCÉDÉS, LE DÉVELOPPEMENT, LE SCALE-UP, L'INTÉGRATION

Besoin en ingénieurs en développement, changement d'échelle (de la start-up à l'industrie) et ingénierie.

Compétences :

- Maîtriser le génie des procédés
- Savoir intégrer des process variés et de natures différentes (chimiques, physiques, biologiques)
- Connaître et savoir valoriser les flux (notamment déchets)
- Connaître les productions et la productivité à chaque niveau de la chaîne de production

- Savoir mettre en œuvre des couplages énergétiques
- Savoir gérer le traitement des rejets aqueux, gazeux et le recyclage des eaux

MÉTIERS TRANSVERSAUX : APPROCHE GLOBALE ET INNOVATION

Besoin en ingénieurs en conception et évaluation de filière, innovation et recherche.

Compétences :

- Savoir développer des approches systémiques, à différentes échelles (du territoire à la molécule) et en décloisonnant les domaines de compétences
- Posséder une connaissance générale de la filière (économie, sociologie...)
- Maîtriser les méthodes d'évaluation économique et environnementale (ex. ACV) des procédés
- Savoir optimiser la valeur économique et sa versatilité (développement de plateformes de production intégrant des procédés en cascade sur un même site industriel)
- Savoir modéliser des changements globaux
- Connaître les principes de liberté d'exploitation industrielle et de défense des produits et molécules créés et savoir mettre en place la stratégie de propriété industrielle (PI)
- Maîtriser les outils/méthodes de management de projet, d'équipe, d'innovation et de marketing
- Savoir s'associer, décloisonner, créer des partenariats à différentes échelles et développer une offre de partenariat en utilisant les structures de gestion et de financement de la recherche

NOUVEAUX MÉTIERS... À INVENTER

Besoin d'un nouvel ingénieur agronome ? (enjeux associés au développement d'une agriculture plus respectueuse de l'environnement et de la santé de l'homme).

Compétences :

- Maîtriser les techniques de l'agronomie et de la protection des cultures
- Maîtriser les techniques de biocontrôle
- Savoir développer des stratégies innovantes

MÉTIERS LIÉS AU TRANSFERT ET À L'INTÉGRATION DE CONNAISSANCES

Besoin en ingénieurs possédant des compétences de communication pour transmettre des savoirs scientifiques et technologiques.

Compétences :

- Savoir utiliser les nouvelles technologies de l'information et du transfert de connaissance et rechercher des informations sur Internet
- Savoir appréhender le terrain et des questions concrètes (stages pratiques, découvertes du milieu professionnel, TP et TD)
- Savoir mobiliser les sciences sociales pour organiser des débats dans la société civile (société qui est de plus en plus importante, organisée, influente et compétente)
- Savoir articuler plusieurs disciplines simultanément (pluridisciplinarité,

interdisciplinarité) et dialoguer avec des interlocuteurs de disciplines différentes

- Savoir mettre en œuvre des compétences multiples (techniques, relationnelles, « soft skills ») et transversales au sein d'équipes pluridisciplinaires
- Savoir exploiter son savoir être personnel (s'adapter, progresser avec son ignorance, travailler en équipe, se tenir au courant des évolutions et suivre l'actualité)

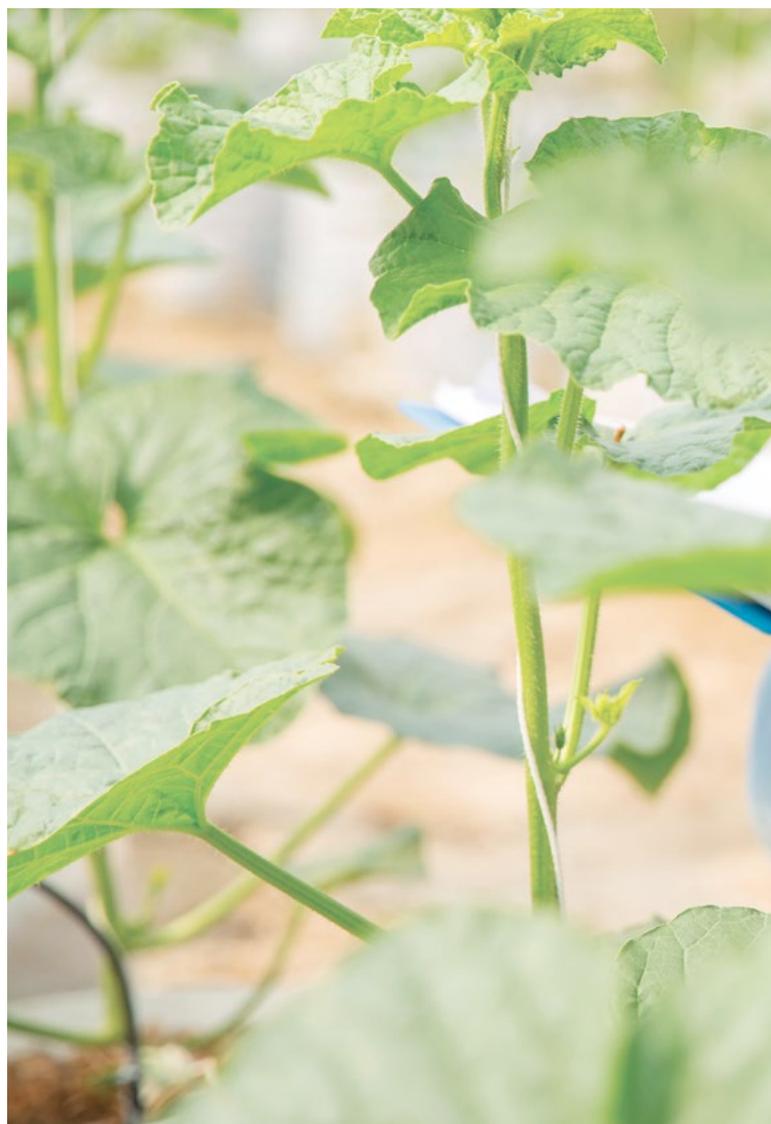


Photo : jcomp (freepik.com)



QUELLE OFFRE DE FORMATION D'AGROPARISTECH POUR CES MÉTIERS ?



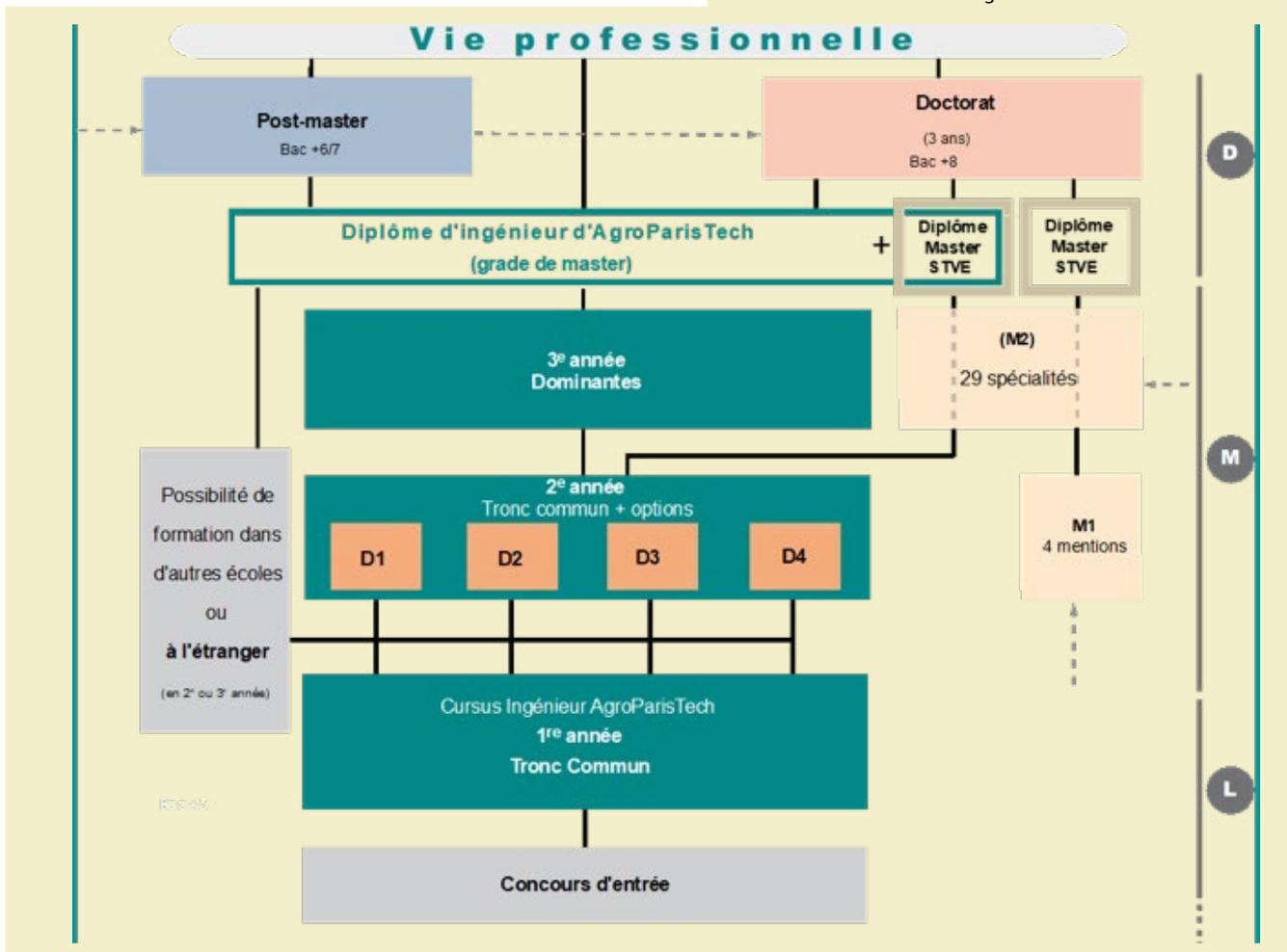
ANALYSE DE L'EXISTANT

AgroParisTech est une grande école qui a deux missions principales :

- la formation d'ingénieurs, de masters, de docteurs et de managers dans le domaine du vivant et de l'environnement,
- la production et la diffusion de connaissances (recherche et développement) en partenariat avec les grands organismes de recherche et les principaux centres techniques professionnels.

Son offre de formation est large. Comme illustré sur le schéma ci-dessous, elle comprend un cursus ingénieur à BAC+5, un centre de formation d'apprentis, des formations Masters, post-masters (Mastère spécialisé), doctorales et continues.

Schéma de l'offre de formation d'AgroParisTech
Source : AgroParisTech



Formation ingénieurs

AgroParisTech forme des ingénieurs généralistes ayant une connaissance approfondie des sciences du vivant et intègre dans son cursus le domaine de l'Ingénierie des aliments, biomolécules et énergie (D2) qui comprend un parcours « Bioraffinerie - Chimie Verte » (BCV).

La **première année** de formation comprend un tronc commun construit autour des sciences du vivant et de l'ingénieur (sciences du milieu et du vivant, sciences de la production et de la transformation, sciences économiques, sociales et de gestion, sciences de l'ingénieur) ainsi que des enseignements de culture générale et d'ouverture (langues, sport, formation humaine, initiation à la recherche).

L'apprentissage est une des voies de formation possibles pour les étudiants d'AgroParisTech. Aujourd'hui il y a environ 30 apprentis.

La première année d'enseignement se déroule sur le site de Massy pour les apprentis et sur Grignon pour les non-apprentis.

En **deuxième année**, en plus des enseignements de tronc commun et optionnels, les étudiants ont le choix entre quatre domaines :

- domaine 1 : Productions filières, territoires pour le développement durable (D1)
- domaine 2 : Ingénierie des aliments, biomolécules et énergie (D2)
- domaine 3 : Gestion et ingénierie de l'environnement (D3)
- domaine 4 : Ingénierie et santé : homme, bioproduits, environnement (D4)

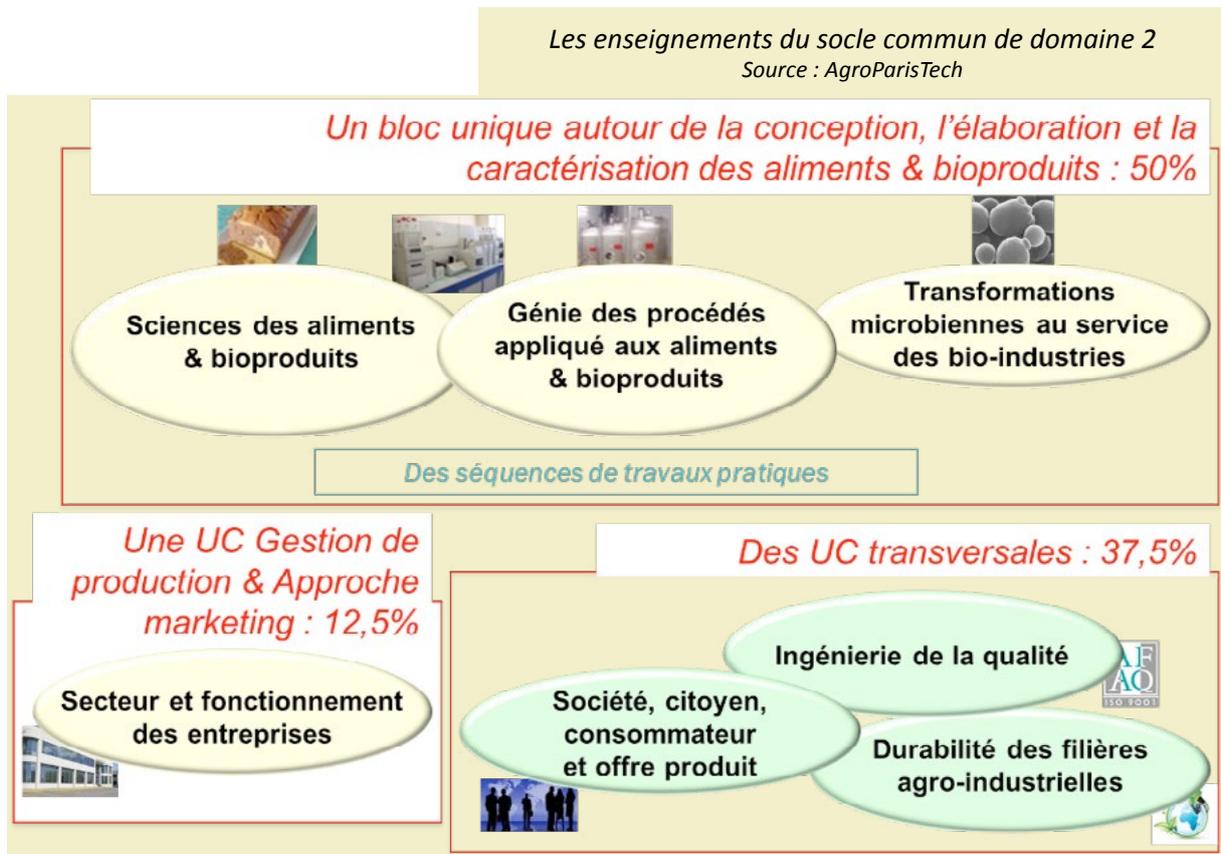
Le domaine 2 vise à former des ingénieurs souhaitant accomplir une carrière dans, ou en relation avec, les industries et entreprises de

transformation alimentaire et non alimentaire. Ce secteur économique et industriel produit et commercialise une large gamme de produits intermédiaires et finis : ingrédients, auxiliaires technologiques (ferments, enzymes...), molécules pour la chimie (synthons), bois d'œuvre, papier et bio-matériaux, emballage, énergie, aliments, produits cosmétiques, produits pharmaceutiques, eau. Le domaine 2 fournit un socle de connaissances pluridisciplinaires en sciences des aliments et bioproduits, génie des procédés, transformations microbiennes au service des bio-industries et gestion de production-marketing, permettant d'appréhender la diversité des produits et des systèmes de transformation. Ce socle comprend également des enseignements transversaux en ingénierie de la qualité, durabilité des filières agro-industrielles, et comportement du consommateur et du citoyen. Il est complété par des enseignements à choix donnant accès à l'ensemble de l'offre des domaines pour les étudiants en « parcours libre ». Parallèlement à ce parcours libre, deux parcours préétablis spécifiques du domaine sont proposés, le parcours « Ingénierie de l'aliment » et le parcours « Bioraffinerie - Chimie Verte ». Ces parcours guident les étudiants dans l'offre d'enseignements à choix et les orientent vers des dominantes d'approfondissement de 3^e année, en accord avec leur projet professionnel.

Les enseignements de 2^e année du domaine 2 favorisent une formation de terrain (travaux pratiques, visites d'usines, ...) incluant du travail de groupe.

Les enseignements du socle commun de domaine 2

Source : AgroParisTech



Étudiants de 2^e année en enseignement de terrain

Photos : Stéphanie Baumberger

En **troisième année** les étudiants choisissent un enseignement d’approfondissement sous la forme d’une dominante, d’un Master ou d’une formation extérieure dans les écoles de l’enseignement supérieur agricole ou de ParisTech. Les dominantes d’approfondissement suivies par les étudiants du parcours BCV sont principalement les suivantes :

- BIOTECH : BIOlogie et bioTECHnologies pour la santé et les productions microbiennes ou végétales,
- GPP : Génie des Procédés et Production.

Dans le cadre de ce cursus ingénieur et après la deuxième année, les étudiants ont la possibilité de prendre une année sabbatique ou un congé, de s’inscrire en M1 dans une formation de master de l’établissement ou encore en CEI (Certificat d’Expérience à l’International). Le CEI est un diplôme d’établissement qui correspond à 200h de formation et deux stages dont un de six mois à l’international. Une grande majorité des étudiants utilisent ce dispositif.

Les étudiants peuvent également bénéficier d’un double diplôme en poursuivant leurs études dans une des écoles partenaires :

Arts et métiers ParisTech, Chimie ParisTech, ENS⁸ Ulm, ENSAE⁹ ParisTech, ENSTIB¹⁰, ESPCI¹¹ ParisTech, Mines ParisTech, Sciences po Paris, HEC¹², ESALQ¹³ Université de Sao Paolo (Brésil), Gembloux (Belgique), INAT¹⁴ (Tunisie).

Par ailleurs et comme indiqué dans le tableau ci-après, les étudiants, dès leur première année sont amenés à travailler sur des projets collectifs et à réaliser des stages en entreprise de durées variables.

Ainsi, à travers les trois années du cursus ingénieur d’AgroParisTech, les étudiants ont la possibilité de suivre des enseignements spécifiques de la chimie verte du carbone renouvelable.

8 École Normale Supérieure

9 École nationale de la statistique et de l’administration économique

10 École nationale supérieure des technologies et industries du bois

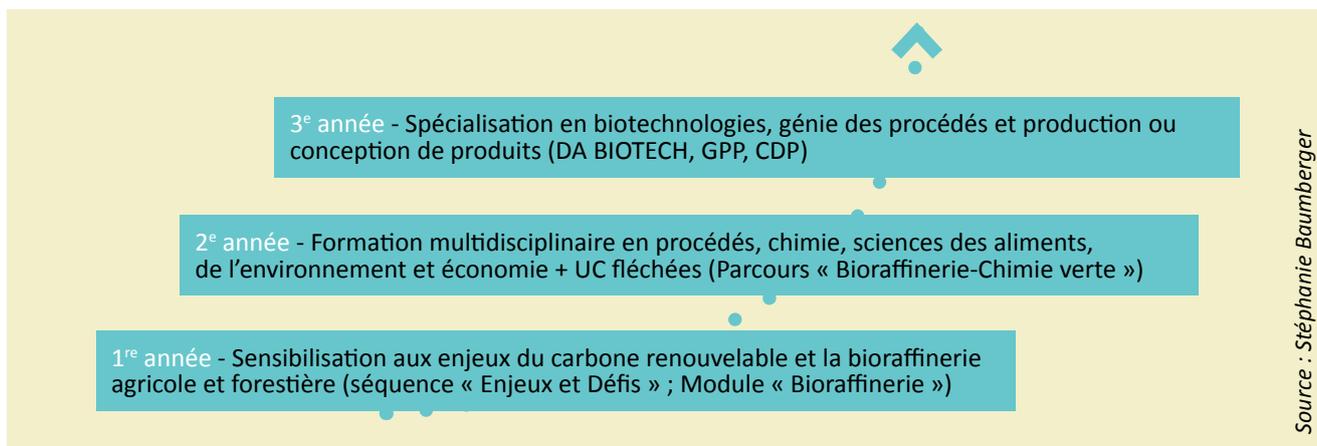
11 École supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris

12 École des hautes études commerciales de Paris

13 Escola Superior de Agricultura « Luiz de Queiroz »

14 Institut national agronomique de Tunisie

	Enseignement	Projet collectif	Insertion et entreprises	Lieu de formation
1 ^{re} année	Tronc commun	Mini projet	Stage de 4 semaines en petite entreprise produisant ou transformant du vivant	Grignon
2 ^e année	Tronc commun Enseignements de domaine Enseignements optionnels	Conduite de projet	Stage de 2 mois minimum en situation professionnelle dans tout type de structure	Selon les domaines choisis
3 ^e année	Enseignements d’approfondissement	Conduite d’un projet d’approfondissement	Stage de 6 mois Rédaction du mémoire de fin d’études	Selon le choix de dominante, master ou formation à l’extérieur de l’école



Formation Masters

Le Master est la référence internationale du diplôme à BAC+5. La différence entre les cursus ingénieur et Masters repose sur le mode de recrutement et sur le contenu des enseignements. Les formations Masters sont plus dédiées à la recherche et recrutent surtout à l'extérieur d'AgroParisTech. Pour les ingénieurs d'AgroParisTech, faire un Master en troisième année peut être pertinent notamment s'ils désirent poursuivre en thèse dans des disciplines très pointues ou s'ils souhaitent se confronter davantage à la démarche de recherche.

Les formations Masters d'AgroParisTech en lien avec la chimie verte sont :

Au sein de l'Université Paris Saclay, essentiellement dans les mentions et parcours suivants :

- Mention « *Génie des Procédés et des Bioprocédés* »
 - Parcours PEE « Procédés, Énergie, Environnement »
 - Parcours PBA « Procédés, Biotechnologie, Aliments »
- Mention « *Économie de l'Environnement, de l'Énergie et des Transports* »
 - Parcours Economie de l'environnement

- Parcours Economie de l'énergie
- Parcours Modélisation prospective : économie, énergie, environnement

Dans l'Université de Lorraine, dans la mention et le parcours suivants :

- Mention « *Agrosociétés, Environnement, Territoires, Paysage, Forêt* »
 - Parcours BFD « Bois, forêt et développement durable »

Dans le Master international coordonné par l'École Polytechnique, dans la Mention « *Énergie* » des modules « *Biomass* » du parcours REST « *Renewable Energy* ».

Formation Post-Master

AgroParisTech a développé des formations post-master (BAC+6) accréditées par la Conférence des Grandes Ecoles (CGE) : les Mastères spécialisés (MS). Ils sont professionnalisants et permettent d'apporter une double compétence sur une année. Ils sont accessibles par la formation tout au long de la vie.

Un d'entre eux est en lien avec la chimie verte :

- MS « MASTERNOVA ». Construit en partenariat avec Neoma Business School, son objectif est de former au management de l'innovation dans les agro-activités et les bio-industries. Il accueille trois à cinq étudiants étrangers francophones par an.

Formation Doctorale

Les formations d'AgroParisTech permettent aux étudiants d'appréhender le complexe et l'aléatoire. Ceux qui sont intéressés par la recherche peuvent, dès la première année du cursus ingénieur, compléter leur formation par des unités d'enseignement optionnelles *ad hoc*. Ils peuvent également profiter de leur CEI pour faire des stages dans des laboratoires de recherche à l'étranger. Leur cursus peut être complété par une thèse de doctorat (BAC+8) qui impose le rattachement à une école doctorale. ABIES¹⁵, est la principale école doctorale à laquelle sont rattachés nos étudiants. Portée par l'Université Paris-Saclay et pilotée par AgroParisTech, elle a une quadruple co-accréditation : Université Paris-Saclay, Université Paris-Est, Agreenium et Université Reims Champagne-Ardenne. Parmi les jeunes ingénieurs poursuivant en thèse (10 à 15 % par promotion), entre 5 à 10 % des sujets portent sur un thème en lien avec la chimie verte.

Formation continue

AgroParisTech *Executive* propose des modules de formation continue de différentes durées, qualifiantes ou diplômantes :

- formations courtes et qualifiantes (1 à 5 jours) proposées sur catalogue ou sur commande. Parmi les thèmes traités on peut citer par exemple : Bioprocédés pour la chimie et les énergies

renouvelables, Développement et optimisation des produits et procédés...

- formations diplômantes longues (1 an) sous la forme de :
 - Certificats de spécialité (CS) reprenant les dominantes d'approfondissement de 3^e année d'ingénieur (BIOTECH, GPP...)
 - Masters 1 et 2 dans les domaines concernés
 - Mastères spécialisés (MS Masternova)

¹⁵ Agriculture, Alimentation, Biologie, Environnement, Santé



Photo : rawpixelcom (freepik.com)

LE DIAGNOSTIC DES FORMATIONS EXISTANTES ET LES RECOMMANDATIONS DU CAP



À AGROPARISTECH

Le parcours Bioraffinerie Chimie Verte d'AgroParisTech est jugé peu visible par les personnes interrogées et trop peu fréquenté par les étudiants. Toutefois, les formations dispensées par AgroParisTech et leurs spécificités (Biomasse, Systémique, Procédés, Monde du vivant...) sont considérées comme très importantes pour la profession, pouvant même compléter des formations de chimistes ou d'autres ingénieurs.

Un rapprochement entre la liste des métiers des cadres de la chimie verte validée par les membres du CAP et l'offre de formation d'AgroParisTech a permis de mettre en évidence que tous les métiers étaient couverts par au moins une formation de l'école (cf Liste des métiers des cadres de la chimie verte et des formations d'AgroParisTech en Annexe 2, 48).

EN DEHORS D'AGROPARISTECH

En France, en dehors d'AgroParisTech, il existe d'autres écoles d'ingénieurs et universités traitant le thème de la chimie verte, dont les plus citées par les membres du CAP sont : l'INSA de Toulouse (citée neuf fois), l'UTC de Compiègne (citée sept fois), le pôle de compétitivité IAR (citée cinq fois) en tant qu'organisme labellisant des formations, CPE de Lyon (citée trois fois) et Centrale Paris, l'ENSAIA, l'ENSIACET de Toulouse, l'ESCOM, PAGORA Grenoble, SupBiotech, UniLasalle (citées deux fois).

A cette liste d'écoles s'ajoutent quelques remarques intéressantes sur ces formations : « *Les autres écoles françaises offrent une surface réduite de thématiques* », « *La « Chimie verte » est maintenant dans toutes les formations de chimie* », « *Les formations françaises ne sont pas aussi ciblées biomasse qu'AgroParisTech* », « *Ces formations sont parcellaires mais pas systémiques* ».

À l'international, l'offre est également importante. Les membres du CAP ont notamment cité les universités suivantes : Wageningen et Delft (Pays Bas), Biotech à Gand et Agronomie à Gembloux (Belgique), DTU et Lyngby (Danemark), VTT et AALTO (Finlande), Lund et Chalmers (Suède), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse), MIT, Berkeley, Minnesota, Wisconsin... (USA).

CRÉATION D'UN MASTER EUROPÉEN DANS LE DOMAINE DE LA CHIMIE VERTE

La question, « *Si AgroParisTech développait une nouvelle formation de Master au niveau européen dans le domaine de la chimie verte et de la bioraffinerie quels devraient être ses thèmes, son format et ses partenaires pour en faire une formation adaptée aux besoins de la profession ?* » posée aux membres du CAP, amène des propositions qui portent sur les thèmes à aborder et les approches à appliquer pour ce Master.

Thèmes diversifiés allant de l'amont à l'aval et incluant les différentes approches de chimie verte :

ressources-territoires, forêt, biomasse, transformation (génie chimique et enzymatique, fermentation, synthèse, extraction), produits, biocarburants, chimie biosourcée, chimie durable, chimie du végétal, modèles de bioraffinerie, bioéconomie, (+ nutrition-pharmaceutique).

Approches sous plusieurs angles :

systémique, pluridisciplinaire, multi-échelle, locale, intégration amont-aval et boucles de recyclage, vision globale de l'innovation.

L'intérêt d'un master européen a été souligné par un partenaire (« Niveau européen implique attractivité des talents et fidélisation »). La nécessité de prendre en compte les spécificités territoriales a également été soulignée (ex. « Sensibilité environnementale forte en Europe du Nord, attention à ne pas transférer son modèle de production dans son ensemble en Europe du Sud »).

Format selon les suggestions suivantes :

Master en 2 ans, en anglais, Erasmus+, 6 mois de stage, visites d'usines, travaux de groupes sur études de cas, structure modulaire, intervention de professionnels.

La nécessité de faire intervenir des professionnels a été soulignée à plusieurs reprises (« Echange avec des patrons de start-up, avec des professionnels (gage de motivation pour les étudiants) » / « Intervenants d'entreprises privés et start-up (avoir une vue métier, une vue concrète) » / « Industriels venant faire des interventions »).

Concernant les partenaires, Wageningen aux Pays-Bas ressort en première position (mentionné quatre fois) suivi du VTT en Finlande (mentionné deux fois). Plusieurs partenaires académiques et industriels ont également été cités : Fraunhofer (Allemagne), Université de Lorraine (France), Karls Ruhe (Allemagne), Biotech Gand (Belgique), Center of biorenewable chemicals (Brent Shanks, USA), Novozyme et Danisco (Danemark). Il a de plus été suggéré de faire appel à des partenaires spécialistes de la biomasse, de la chimie du bois, des bioprocédés et de la chimie organique et de l'économie.

PROPOSITIONS ET RECOMMANDATIONS POUR LES FORMATIONS D'AGROPARISTECH

Il était demandé aux membres du CAP : « Quelles formations faudrait-il développer pour répondre à cette demande : en formation initiale et en formation continue ? ». Il en ressort quelques pistes de développement.

Pistes de développement pour la formation initiale :

- Motiver les jeunes pour ces métiers
- Rester bon en génie des procédés
- Préparer les jeunes : à la recherche (thèses), à la production, au technico-commercial
- Développer chez les jeunes le réflexe ACV
- Développer un module juridique et réglementaire appliqué au monde industriel (Propriété industrielle, installations classées, directive SEVESO, REACH...)
- Former plus d'ingénieurs agronomes et forestiers pour l'approvisionnement
- Répondre à la liste des métiers

Pistes de développement pour la formation continue :

Plusieurs pistes de développement de la formation continue sont proposées en s'appuyant sur les spécificités d'AgroParisTech qui pourraient être construites avec les professionnels (Filière forêt-bois, Terres Univia...), aussi bien pour un public de jeunes professionnels que de seniors et en s'inspirant de modèles déjà existants en France ou à l'étranger. Il serait intéressant de rendre l'enseignement accessible à un public plus large, par exemple à travers des formations diplômantes en cours de carrière (techniciens ou ingénieurs).

Par ailleurs les membres du CAP lors de la réunion du 28 novembre 2017 ont travaillé en ateliers. Ces ateliers ont fait différentes propositions en fonction des thèmes proposés.

- Atelier 1 : amélioration de la visibilité et de l'attractivité des formations
- Atelier 2 : adaptation de l'offre de formation à l'évolution des métiers et des compétences
- Atelier 3 : implication des professionnels dans les cursus

Atelier 1 : Amélioration de la visibilité et de l'attractivité

	Visibilité	Attractivité
Étudiants AgroParisTech	Visites d'usines Chimie verte (réelles ou virtuelles) Flyers, vidéo, posters, goodies. Multifonctionnalités de la chimie biosourcée (service rendu). Partager la liste des métiers-formations. Créer un observatoire des métiers et de leurs évolutions futures.	Témoignages d'anciens. Contenu des visites d'usines. TIC (<i>serious games...</i>) Multifonctionnalités de la chimie biosourcée. Communiquer la passion du métier. Rassurer les jeunes (emplois).
Étudiants extérieurs à AgroParisTech France Étranger	Via partenariats internationaux d'APT. Via réseaux sociaux.	Format de la formation adaptée aux autres pays (MOOC, langue anglaise...)
Prescripteurs d'orientation et grand public	Visites d'usines. Témoignages de personnes d'âges différents. Presse, réseaux sociaux, publicité...	
Professionnels (formation continue)	Viser les OPCO ¹ , Interprofession... Présenter une offre dédiée.	Faire du sur mesure (ex : CQP ² pour l'interprofession)

¹⁶ OPCO : opérateurs de compétences

¹⁷ CQP : Certificat de Qualification Professionnelle

Discussion autour des métiers de la production/ fermentation :

Pour les ingénieurs de Production et de Maintenance le problème est le même dans tous les secteurs d'activité, toutes filières confondues. Pour les métiers de la fermentation, selon l'APEC, le problème est pire pour les techniciens. Ces métiers récents qui ont des besoins importants n'attirent pas les jeunes, ils sont considérés comme des métiers à col bleu, ils sont localisés en province. Ces métiers industriels ont une image un peu vieillotte, dans un secteur industriel français quelque peu détruit. Les jeunes femmes seraient moins attirées par ce genre de métiers. Les jeunes préfèrent des métiers en fixe derrière un ordinateur. Dans la fermentation on ne sait jamais quand on va s'arrêter, cela implique souvent d'avoir des horaires décalés, les jeunes n'aiment pas ces contraintes. Toutefois dans les start-ups ils ne comptent pas leur temps, ils sont passionnés, ce n'est pas un problème de génération.

Un consensus se dégage sur l'idée qu'il faut recréer de la passion pour ces métiers auprès des jeunes :

- Communiquer sur les métiers de la production.
- Faire des visites de sites industriels en insistant sur la dimension humaine.
- Faire des rencontres métiers au format « *Speed dating* ».
- Faire des visites de sites virtuels d'usines.
- Faire la publicité de la profession.

Atelier 2 : Adaptation de l'offre à l'évolution des métiers et des compétences

Formation continue : formations à la carte pour les professionnels

- Accueillir dans les modules de formation existants des ingénieurs ou des techniciens en activité pour les former au biosourcé et à la connaissance de la biomasse. En limitant la participation physique (1 à 2 jours) et en complétant avec des MOOC. A concevoir avec des professionnels. Publics d'étudiants et de stagiaires de la formation continue.
- Benchmark à faire auprès de l'école CPE de Lyon.
- Exemple de modules de formation continue à créer :
 - Contexte réglementaire (REACH, Nagoya...) pour être capable de parler avec les experts du domaine,
 - Passage de la chimie fossile à la chimie du biosourcé,
 - Ouverture de la bioraffinerie à une diversité de matières premières entrantes.
- Pour le MS Masternova, faire de la communication pour drainer le bon public.
- Communiquer auprès des professionnels sur les possibilités de VAE (Validation des Acquis de l'Expérience) avec AgroParisTech pour les ingénieurs en fermentation.
- Créer des Certificats de Qualification Professionnelle (CQP) en partenariat avec l'interprofession.
- Communiquer auprès des professionnels sur les résultats du CAP Chimie verte en utilisant le relais de l'Association de la Chimie Du Végétal (ACDV).

Formation initiale

- Former aux risques associés à la mise en œuvre du vivant (DA BIOTECH en lien avec la Bioéthique).
- Intégrer dans l'UC Projet de 2^e année les aspects juridiques (Propriété Industrielle, brevets, outils de veille).
- Dans l'UC Athens Inter-écoles, créer une UC de type projet en associant écoles de chimie et AgroParisTech pour apprendre à parler et à travailler ensemble avec des sensibilités différentes.
- Former à l'approche intégrée et à l'économie circulaire : du champ au champ (intégrant l'épandage).
- L'intérêt d'un master européen est confirmé par le président du CAP car il permettrait d'avoir des étudiants de bon niveau avec des perspectives d'emploi.
- Développer des cours en anglais et impliquer les équipementiers ; sensibiliser les étudiants à réfléchir sur des sujets de fond (conflit d'usage des ressources agricoles) ; les initier aux ordres de grandeur et à la biodisponibilité.

Remarque générale : suggestion d'interagir avec d'autres écoles plus spécialisées, par exemple pour les métiers de l'informatique et de la chimie, et de partager avec elles des formations (intérêt de mixer des publics différents et d'augmenter les flux d'étudiants).

Atelier 3 : Implication des professionnels dans les cursus

En 2^e et 3^e année : stages existants.

En 1^{re} année :

- Enseignements : les enseignants-chercheurs devraient créer un réseau de partenaires professionnels pour co-animer des cours.
- Soirées thématiques (deux sessions / an) sous la forme de tables rondes. Une table ronde sur un métier (ex : ingénieur de production) avec 3-4 intervenants. Une table ronde sur un secteur (ex : La bioraffinerie) avec 3-4 intervenants. À Grignon en début d'année.

En continu : *Open innovation (Business development)*. Créer un Forum (ex : Forum de discussion) où les industriels pourraient présenter une question (accompagnée par un enseignant-chercheur). Cela générerait des projets partenariaux avec des industriels (ex : INSA – Partenariats Public Privé pour avoir des financements et/ou des thèses).

Alumni : plus impliquer les anciens dans les liens avec l'industrie (ex : visite d'entreprises = 1^{re} porte d'entrée, témoignages sous la forme de belles histoires entreprise / hommes / femmes...). Césure et alternance à développer.

Master Européen : recherche de partenaires associés pour fournir des sujets de projets, accueillir des étudiants en stages, faire des cours.

LES CONCLUSIONS DU GROUPE DE TRAVAIL D'AGROPARISTECH



Le groupe de travail d'AgroParisTech constitué d'enseignants-chercheurs représentant les différents départements de l'école, les différentes formations en lien avec la chimie verte et les différents services impliqués dans les formations, s'est réuni le 5 juin 2018.

La synthèse des travaux réalisés par les membres du CAP chimie verte ont été présentés et discutés et les membres du groupe de travail ont proposé un plan d'action.

- Communication : réalisation d'une plaquette destinée aux professionnels et aux étudiants ; labellisation de formations auprès du pôle IAR ; réflexion sur le format et le titre du parcours BCV.
- Partenariat : renforcer les liens avec les entreprises (vidéo métiers, témoignages, tables rondes).
- Formation : soumission d'un master européen ; intégration des aspects juridiques dans les formations existantes ; renforcement de la biologie prédictive ; mettre en place une unité d'enseignement sur la déconstruction-reconstruction de la biomasse ; favoriser les projets et stages avec une approche systémique ; réfléchir à des rapprochements entre les parcours Forêt et BCV.
- Suivi : créer un comité de perfectionnement sur le thème de la chimie verte pour le suivi des formations.



Photo : freepic.diller (freepik.com)

ANNEXE 1 : LES 12 PRINCIPES DE LA CHIMIE VERTE

1. Prévention

Mieux vaut éviter de produire des déchets que d'avoir ensuite à les traiter ou s'en débarrasser.

2. Économie d'atomes

Mise en œuvre de méthodes de synthèse qui incorporent dans le produit final tous les matériaux entrant dans le processus.

3. Conception de méthodes de synthèse moins dangereuses

Dans la mesure du possible, les méthodes de synthèse doivent utiliser et produire des substances peu ou pas toxiques pour l'homme et l'environnement.

4. Conception de produits chimiques plus sûrs

Mise au point de produits chimiques atteignant les propriétés recherchées tout en étant le moins toxiques possible.

5. Solvants et auxiliaires moins polluants

Renoncer à utiliser des auxiliaires de synthèse (solvants, agents de séparation, etc.) ou choisir des auxiliaires inoffensifs lorsqu'ils sont nécessaires.

6. Recherche du rendement énergétique

La dépense énergétique nécessaire aux réactions chimiques doit être examinée sous l'angle de son incidence sur l'environnement et l'économie, et être réduite au minimum. Dans la mesure du possible, les opérations de synthèse doivent s'effectuer dans les conditions de température et de pression ambiantes.

7. Utilisation de ressources renouvelables

Utiliser une ressource naturelle ou une matière première renouvelable plutôt que des produits fossiles, dans la mesure où la technique et l'économie le permettent.

8. Réduction du nombre de dérivés

Éviter, si possible, la multiplication inutile des dérivés en minimisant l'utilisation de radicaux bloquants (protecteurs/déprotecteurs ou de modification temporaire des processus physiques ou chimiques) car ils demandent un surplus d'agents réactifs et peuvent produire des déchets.

9. Catalyse

L'utilisation d'agents catalytiques (aussi sélectifs que possible) est préférable à celle de procédés stœchiométriques.

10. Conception de produits en vue de leur dégradation

Les produits chimiques doivent être conçus de telle sorte qu'en fin d'utilisation ils se décomposent en déchets inoffensifs biodégradables.

11. Observation en temps réel en vue de prévenir la pollution

Les méthodes d'observation doivent être perfectionnées afin de permettre la surveillance et le contrôle en temps réel des opérations en cours et leur suivi avant toute formation de substances dangereuses.

12. Une chimie fondamentalement plus fiable

Les substances et leur état physique entrant dans un processus chimique doivent être choisis de façon à prévenir les accidents tels qu'émanations dangereuses, explosions et incendies.

Source : Paul T. Anastas et John C. Warner, Green Chemistry: Theory and Practice, Oxford University Press, New York, 1998.

ANNEXE 2 : LISTE DES MÉTIERS DE CADRES EN LIEN AVEC LA CHIMIE VERTE

Classification d'après étude APEC 2014 et détail des activités/missions spécifiques (Proposition S. Baumberger et F. Marolle)

La liste ci-dessous intègre l'ensemble des retours des membres du CAP et des responsables de formations d'AgroParisTech.

Une grande partie des métiers présentés peuvent être réalisés en bureau d'étude ou société de conseil : construction d'usines clé en main, intégration d'opérations unitaires dans une usine, validation d'équipements ou de processus, analyse stratégique, innovation...

INNOVER		
<p>Ingénieurs agronome et forestier</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluation de la durabilité de systèmes de culture et/ou de systèmes de production incluant des cultures pour la bioraffinerie • Appui à la mise en œuvre de projets de bioraffineries dans les territoires • Gestion des ressources agricoles et forestières pour leurs différents usages (alimentaires ou non) • Estimation des gisements de ressources agricoles et forestières dans un territoire 	<ul style="list-style-type: none"> • DA PIST • M2 AETPF-AAE • DA GF, RFF • M2 AETPF-BFD
<p>Ingénieur R&I biotechnologies industrielles <small>(Recherche & Innovation)</small></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Développement de nouvelles méthodes analytiques pour les biotechnologies et l'exploration structurale de la biomasse et de sa variabilité • Conception de biocatalyseurs et de voies métaboliques conduisant à la synthèse de molécules d'intérêt • Développement de procédés de mise en œuvre de micro-organismes d'intérêt • Recherche de solutions alternatives à l'utilisation de molécules présentant un risque pour la santé en lien avec la réglementation • Passage de l'échelle laboratoire à l'échelle industrielle ou pilote 	<ul style="list-style-type: none"> • DA BIOTECH • M2 NSA-MGB • M2 NSA-IPP • M2 GPBP-PBA

Annexe 2 : Liste des métiers de cadres en lien avec la Chimie Verte (suite)

<p>Ingénieur R&I bioénergies</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Coordination de projets de valorisation de la biomasse à des fins énergétiques (bois énergie, déchets agricoles ou industriels) • Conception de procédés thermochimiques de conversion (combustion, pyrolyse et gazéification) pour produire énergie, électricité et gaz 	<ul style="list-style-type: none"> • DA BIOTECH • M2 ENERGIE-REST • M2 GPBP-PEE • M2 EEET-Energie • M2 AETPF-BFD • DD ENSTIB
<p>Ingénieur R&I matériaux biosourcés</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Formulation de matériaux à base de bioproduits issus de la chimie verte (cosmétiques, plastiques, peintures....) • Etude multi-échelle des relations structures-propriétés 	<ul style="list-style-type: none"> • DA BIOTECH • DA CDP • M2 AETPF-BFD • DD ENSTIB
<p>Bioinformaticien</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Création de logiciels et bases de données pour traiter les informations issues du vivant • Modélisation de structures et processus issus du vivant • Conception de nouvelles voies métaboliques dans une démarche de biologie synthétique 	<ul style="list-style-type: none"> • DA IODAA • M2 BIP-SSB
<p>Responsable innovation</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conception de nouvelles stratégies de conversion ou d'utilisation des ressources biodisponibles (alimentaires et non-alimentaires) et de création de nouveaux matériaux • Conception et évaluation de chaînes de valeurs (ou de systèmes) • Identification de résultats de la recherche pouvant conduire à une innovation • Gestion du transfert de technologie (volet scientifique, technologique, juridique, économique) 	<ul style="list-style-type: none"> • DA GIPE • M2 IES-IPEV • MS Masternova
<p>Responsable partenariats</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de partenariats entre l'entreprise et différents acteurs privés ou publics • Montage de projets en réponse à appels d'offre • Gestion des finances de l'innovation 	<ul style="list-style-type: none"> • MS Masternova

Annexe 2 : Liste des métiers de cadres en lien avec la Chimie Verte (suite)

Dirigeant de start-up	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation d'un brevet d'innovation et/ou d'une innovation spécifique • Définition de la stratégie de l'entreprise et gestion des ressources • Création de marchés 	<ul style="list-style-type: none"> • Itinéraire Entrepreneuriat • DA BIOTECH • MS Masternova
PROTÉGER, ENCADRER et GUIDER		
Responsable affaires réglementaires et scientifiques	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion des activités de propriété industrielle (brevets, contrats...) • Surveillance de la concurrence (veille, brevets) • Garantie de la conformité des produits de l'entreprise aux réglementations • Dépôt et suivi de dossiers auprès des autorités administratives • Participation à la définition des politiques publiques et réglementation 	<ul style="list-style-type: none"> • MS Masternova • DA SSMAQ • DA METATOX • MS Alisée
Responsable qualité	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en œuvre et organisation des procédures de suivi et de contrôle qualité au sein d'une unité de production ou une entreprise • Anticipation des normes et des réglementations • Mise en œuvre de la démarche d'amélioration continue 	<ul style="list-style-type: none"> • DA SSMAQ • DA METATOX • M2 EEET-Environnement • MS Alisée
Ingénieurs HSE et RSE <small>(Hygiène, Sécurité, Environnement et Responsabilité Sociale des Entreprises)</small>	<ul style="list-style-type: none"> • Élaboration, déploiement et suivi de la politique HSE de l'entreprise • Vérification de l'application de la réglementation HSE, ICPE, ... • Optimisation de la gestion des déchets, traitement des pollutions, prévention des nuisances et des risques • Responsable sociétal de l'entreprise 	<ul style="list-style-type: none"> • DA SSMAQ • DA METATOX • M2 EEET-Environnement
Ingénieur ACV <small>(Analyse des Cycles de Vie)</small>	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluation des impacts environnementaux d'un produit ou d'un procédé sur l'ensemble de son cycle de vie • Participation aux choix technologiques des composants et des matériaux pour favoriser la maintenance et le recyclage des produits • Choix MTD (Meilleures Technologies Disponibles) 	<ul style="list-style-type: none"> • DA IDEA • DA METATOX • M2 EEET-Environnement

Annexe 2 : Liste des métiers de cadres en lien avec la Chimie Verte (suite)

PRODUIRE ET OPTIMISER		
Conseiller agro-ressources	<ul style="list-style-type: none"> Conseil auprès des agriculteurs pour accompagner la mise en œuvre de projets en lien avec la production et la valorisation de la biomasse agricole Aide au développement de moyens pour améliorer la qualité et la quantité des productions 	<ul style="list-style-type: none"> DA PIST M2 AETPF-AAE
Responsable achat et logistique biomasse	<ul style="list-style-type: none"> Définition, mise en place et pilotage de la stratégie achats de son entreprise Coordination de la gestion des flux de matières premières (agricoles, forestières, déchets) depuis leurs sites de production Gestion des contrats d'approvisionnement Évaluation des matières premières 	<ul style="list-style-type: none"> DA GIPE DA RFF M2AETPF-BFD MS Masternova
Ingénieurs formulation et application produit spécialisés dans le vivant	<ul style="list-style-type: none"> Conception et optimisation des recettes pour l'élaboration de bioproduits ou de produits à base de produits biosourcés Mise en adéquation des performances du produit biosourcé avec les spécifications du client et les contraintes réglementaires et les règles d'hygiène et de sécurité Identification des fournisseurs et sources d'approvisionnement 	<ul style="list-style-type: none"> DA CDP M2 NSA-IPP
Ingénieur fermentation	<ul style="list-style-type: none"> Développement, modélisation et dimensionnement de nouveaux bioprocédés (production de biomolécules d'intérêt, méthanisation...) Développement industriel de procédés Optimisation, adaptation et régulation de procédés existants 	<ul style="list-style-type: none"> DA GPP DA BIOTECH M2 NSA-MGB
Ingénieur catalyse	<ul style="list-style-type: none"> Prise en compte des principes de la chimie verte dans les procédés de synthèse organique Conception et optimisation de procédés catalytiques Mise en œuvre de biocatalyseurs 	<ul style="list-style-type: none"> DD Chimie ParisTech

Annexe 2 : Liste des métiers de cadres en lien avec la Chimie Verte (suite)

Responsable industrialisation	<ul style="list-style-type: none"> • Définition des moyens à employer pour assurer le lancement de fabrication de nouveaux produits (respect du cahier des charges et des impératifs de qualité, de coûts, de délais, de sécurité et d'environnement) • Conception, gestion ou réorganisation d'un site industriel • Supervision de la mise en service d'une usine (<i>commissioning</i>) • Amélioration continue des procédés, méthodes et outils de fabrication • Mise en œuvre des processus d'automatisation et de maintenance 	<ul style="list-style-type: none"> • DA GPP • M2 NSA-IPP • DA GIPE • DA METATOX
ÉCOUTER LE MARCHÉ		
Responsable prospective et intelligence économique	<ul style="list-style-type: none"> • Orientation et accompagnement de nouveaux projets grâce à la veille technologique, concurrentielle, marché et juridique • Prise en charge du système de gestion des informations relatives à l'entreprise, et leur sécurisation 	<ul style="list-style-type: none"> • DA EGE • M2-EEET-Modélisation • MS Masternova
Responsable des marchés <i>(Business developer)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Orientation et détection des opportunités de croissance pour l'entreprise • Mise en place de nouveaux projets, marchés, clients, partenaires • Contribution à la stratégie marketing de l'entreprise 	<ul style="list-style-type: none"> • DA EGE • MS Masternova
Technico-commercial	<ul style="list-style-type: none"> • Développement du portefeuille clients de l'entreprise et rédaction des offres commerciales • Respect du cahier des charges défini par le client • Support technique aux clients 	<ul style="list-style-type: none"> • DA EGE • MS Masternova

Les métiers dans les cases colorées sont les métiers en lien direct avec la chimie verte.

DA : Dominante d'Approfondissement

M2 : Master 2

DD : Double Diplôme

MS : Mastère Spécialisé

