



Enquête sur l'enseignement des biotechnologies en France

Formations de Master et d'Ingénieur



leem
les entreprises
du médicament

INTRODUCTION

Pourquoi cette enquête ?

Cette enquête dresse un **panorama des formations en biotechnologie, en lien avec le secteur pharmaceutique, en France en 2020**. Elle a pour objectif d'analyser le contenu global des formations, et de déterminer si celui-ci correspond aux besoins actuels et futurs du secteur pharmaceutique. Seules les formations (**Master, ingénieur**) délivrant un diplôme à **Bac+5** ont été considérées dans cette enquête.

Les critères de sélection des formations ont été les suivants :

- Délivrent un **diplôme à Bac +5** (diplôme d'ingénieur ou de Master),
- Ont une **finalité thérapeutique, diagnostique, criblage ou développement** dans le domaine de la Santé – Pharma – Biotech,
- Ont des **débouchés industriels** affichés et attestés par l'analyse du devenir des diplômés,
- Le **contenu de la formation** valide au moins 3 des 5 critères suivants :
 - o Biologie, biochimie fondamentale
 - o Génie génétique et biologie moléculaire
 - o Techniques de production et/ou synthèse de biomolécules
 - o Technologies des bioprocédés
 - o Méthodes analytiques et de caractérisation des biomolécules

À qui s'adresse ce rapport ?

Ce rapport s'adresse **aux industriels, aux établissements publics, aux experts du secteur pharmaceutique, ainsi qu'aux étudiants** qui s'interrogent sur le contenu des formations en biotechnologie en France.

Quels résultats sont présentés ?

La liste des compétences en biotechnologie susceptibles d'être enseignées en France a été dressée. **Ce rapport présente les résultats de l'enquête réalisée auprès des Masters et Ecoles d'ingénieur en juin 2020.**

Un code couleur indique le niveau d'enseignement de chaque domaine.

-  Enseignement approfondi : capacités d'analyse, d'évaluation et d'estimation.
-  Enseignement des bases : compréhension et application des connaissances (niveau technicien)
-  Non enseigné

Base de données en ligne

Les résultats complets de l'enquête sont disponibles sur la base de données de l'IMFIS :
<https://imfis.fr/biotechnologies/>

Cette base de données en ligne présente le niveau d'enseignement de l'ensemble des compétences recensées, pour chacune des formations ayant participé à l'enquête.

Remarque : Cette base de données ne présente pas les programmes complets des formations, mais seulement les domaines des biotechnologies en lien avec le secteur pharmaceutique. Pour accéder au programme complet d'une formation, vous pouvez consulter son site Internet (accessible via notre base de données en ligne).

Les porteurs du projet

Cette enquête a été menée en collaboration avec le LEEM, Sanofi et l'Ecole Nationale Supérieure de Technologie des Biomolécules de Bordeaux (ENSTBB). Merci à toutes les formations ayant participé à l'enquête.

SOMMAIRE

Les formations contactées

- 1. Taux de réponse**
- 2. Répartition géographique des établissements**
- 3. Modalités de formations proposées**

Les domaines de compétences ciblés

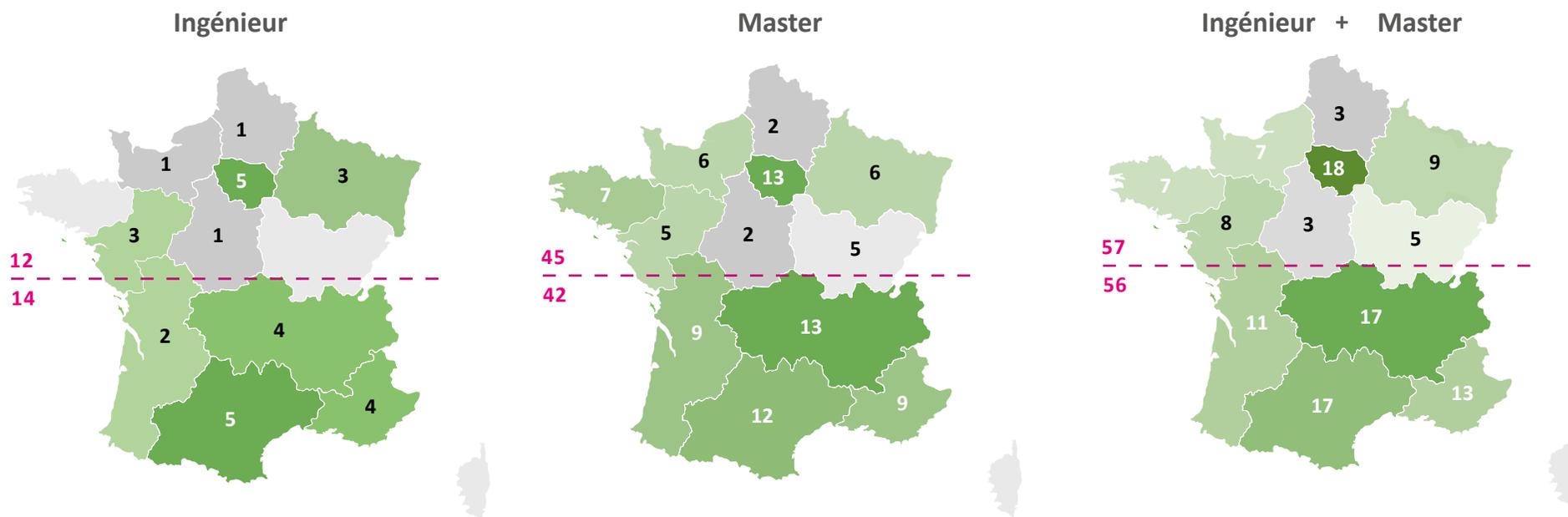
- 1. Sciences fondamentales**
 - a. Concepts de base
 - b. Techniques analytiques
 - c. Procédés
- 2. Sciences techniques et ingénierie**
 - a. Concepts et outils
 - b. Techniques analytiques
 - c. Bioprocédés
- 3. Concepts biotech innovants**
- 4. Spécificité de l'entreprise biotech ou pharma**
 - a. Connaissances spécifiques
 - b. Pratiques qualité, normes, réglementation
 - c. Compétences transverses
- 5. Anglais**
- 6. Double diplôme**



**LES
FORMATIONS
CONTACTÉES**

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES ÉTABLISSEMENTS

Cartes des formations ingénieur et Master en biotechnologie en France Panorama 2020



TAUX DE RÉPONSE DES FORMATIONS CONTACTÉES

Master

103/118

Sur 118 formations de Master contactées, le **taux de réponse est de 87%**. Parmi celles-ci 87 formations ont rempli le questionnaire, et **16 ont répondu qu'elles ne se sentaient pas concernées**.

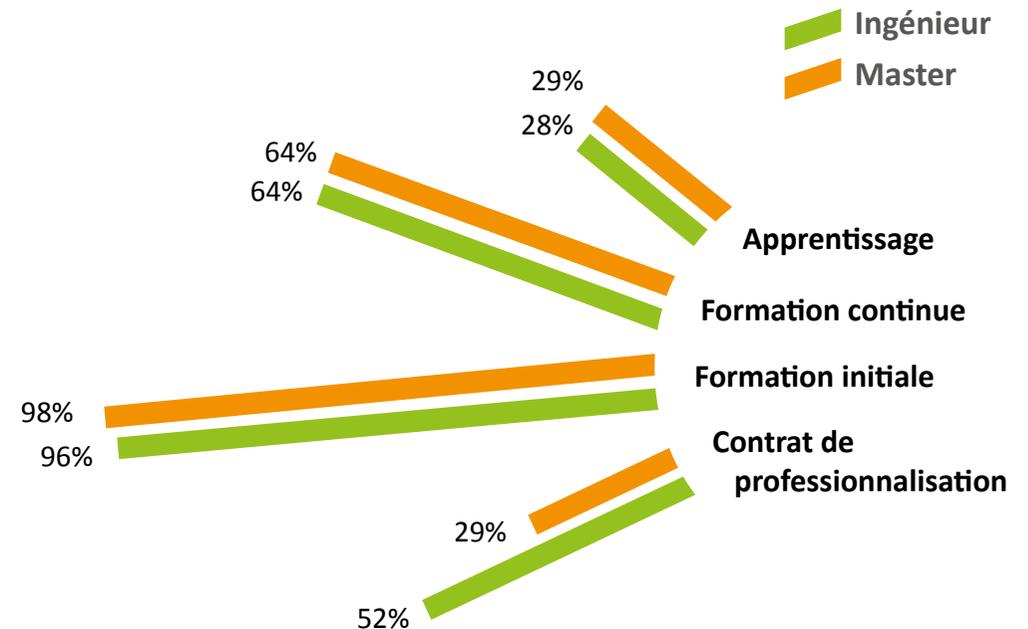
L'effectif total varie de 87 à 83 car 4 formations n'ont pas répondu à toutes les questions de l'enquête.

Ecoles d'ingénieur

30/32

Sur 32 écoles d'ingénieur contactées. **Le taux de réponse est de 94%**. Parmi celles-ci 26 écoles ont rempli le questionnaire, et **4 ont répondu qu'elles ne se sentaient pas concernées**.

MODALITÉS DE FORMATIONS PROPOSÉES



La quasi-totalité des formations existent en **formation initiale** et les deux tiers sont accessibles en **formation continue**.

Les **contrats d'apprentissage** sont de plus en plus proposés (environ 30% des formations). En développement également, les **contrats de professionnalisation** sont proposés par environ 30% des Masters et 50% des formations ingénieur.

Dans quelques rares cas, les formations permettent l'obtention d'un Diplôme Universitaire (DU) ou une Validation des Acquis (VAE).



LES DOMAINES DE COMPÉTENCES CIBLÉS

1

SCIENCES FONDAMENTALES

a. Concepts de base

Nombre de formations dispensant des enseignements au niveau :

 Approfondi

 Bases

 Non enseigné

 **Matières à surveiller**

Ingénieur



Master

Biochimie structurale des Biomolécules
(Protéines, acides nucléiques, glucides, lipides)

Génétique / Biologie moléculaire
(systèmes d'expression, clonage, ...)

Biologie cellulaire

Enzymologie

Culture cellulaire microbienne

Signalisation et métabolisme cellulaire

Biologie des systèmes / Physiologie

Chimie organique et générale

Immunologie

Biologie synthétique

Culture cellulaire mammifère
(mammalienne)

Physiologie végétale

Biologie moléculaire des plantes

Virologie

Modèles animaux

Autre type de culture cellulaire
(aviaire, insectes)



a. Concepts de base

Une large partie des enseignements fondamentaux des biotechnologies sont couverts par les formations à ce jour.

On remarque qu'un **faible nombre de formations (≤ 12) approfondit l'étude des végétaux (biologie moléculaire, physiologie)**. Ceci peut s'expliquer par le fait que la biologie végétale est peu demandée dans le secteur pharmaceutique à ce jour, et est plus utilisée dans les biotechnologies liées à l'agroalimentaire, l'écologie ou la cosmétique.

La culture de cellules de type aviaire et insecte est aussi peu enseignée (sur 113 formations, 28 enseignent les bases, et 5 l'approfondissent).

La virologie est peu approfondie dans les formations ingénieurs comparée aux autres domaines (seulement 6 formations sur 26). **Pourtant ce domaine fait partie de ceux mis en avant par le LEEM** dans le Plan Compétences Biotech et Innovation Santé 2020. En effet des technologies innovantes telles que la thérapie cellulaire et thérapie génique nécessitent des experts dans les domaines de systèmes de délivrance, dont les vecteurs viraux. **Le LEEM prévoyait donc déjà pour 2020 le besoin d'experts en virologie pour l'industrie pharmaceutique.**

Il en va de même pour l'étude des modèles animaux. Peu de formations ingénieur (3 sur 26) approfondissent le sujet alors que ces modèles permettent la réduction des expérimentations animales et le développement de modèles humains.

Les matières couramment approfondies



- Biochimie structurale
- Génétique / Biologie moléculaire
- Signalisation et métabolisme cellulaire
- Biologie cellulaire
- Immunologie
- Culture cellulaire microbienne
- Culture cellulaire mammalienne

Les matières plus rarement approfondies



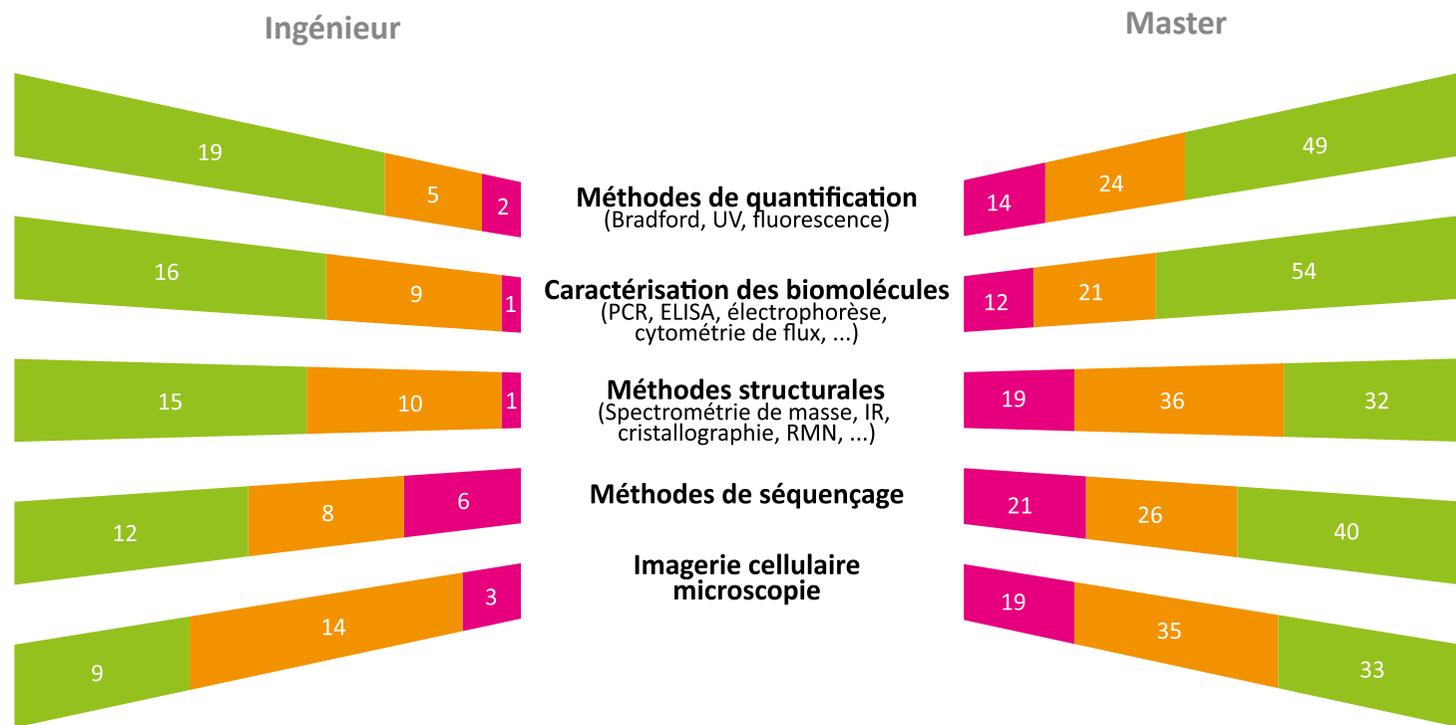
- Biologie moléculaire végétale
- Physiologie végétale
- Virologie
- Modèles animaux
- Culture cellules aviaires ou d'insecte

Nombre de formations enseignant de manière approfondie au moins 70% des domaines de la catégorie :

8 / 113

b. Techniques analytiques

Nombre de formations dispensant des enseignements au niveau :



b. Techniques analytiques

Les techniques analytiques sont largement enseignées par les formations (plus de 75%), et souvent de manière approfondie.

Parmi celles-ci, les méthodes de séquençage sont d'importance pour le développement des thérapies ciblées (personnalisation des traitements des patients).

.....
Nombre de formations enseignant de manière approfondie au moins 70% des domaines de la catégorie :

37 / 113



Les matières couramment approfondies

- Méthodes de quantification
- Méthodes de caractérisation des biomolécules
- Méthodes structurales

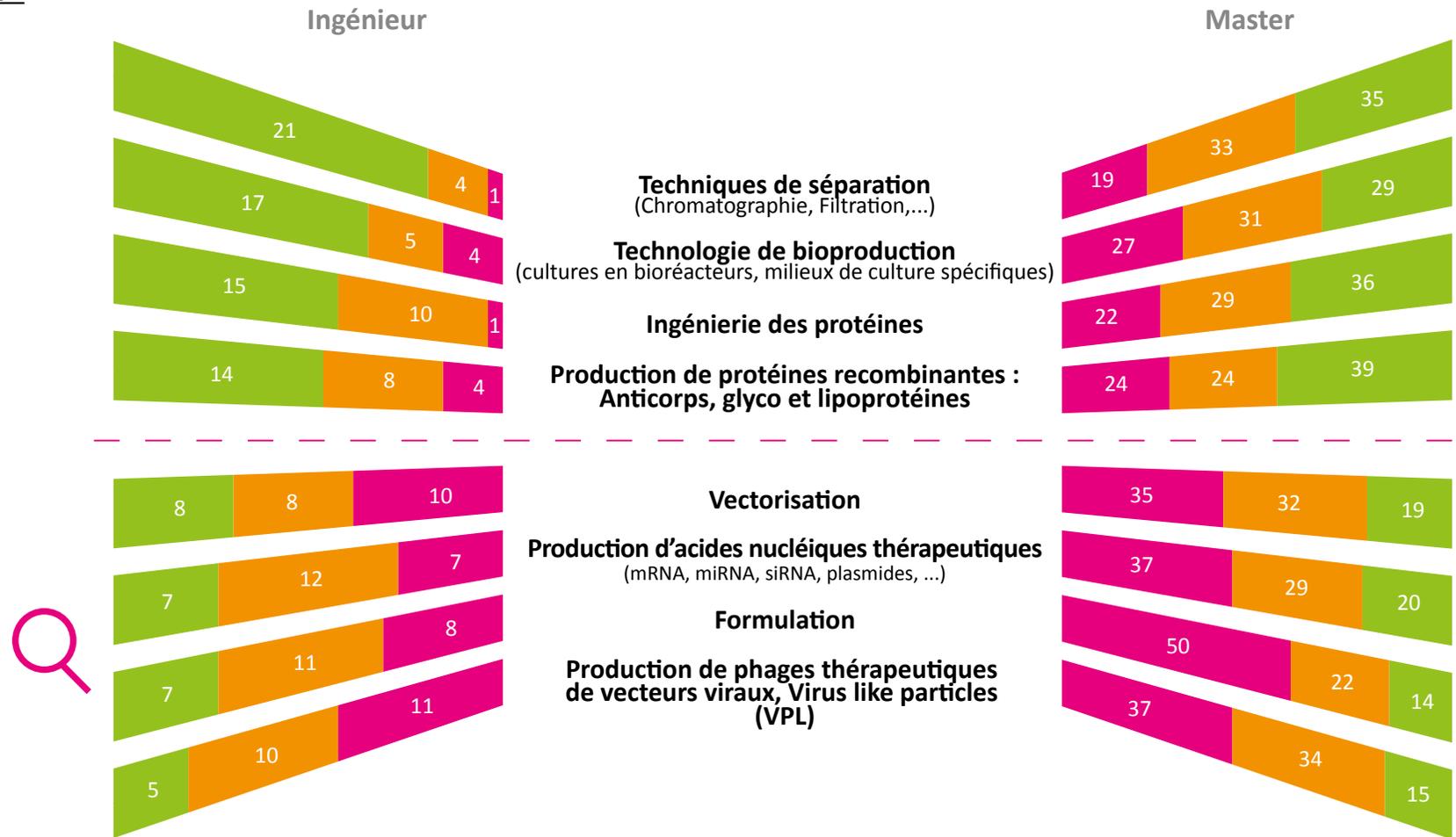


Les matières plus rarement approfondies

c. Procédés

Nombre de formations dispensant des enseignements au niveau :

-  Approfondi
-  Bases
-  Non enseigné
-  **Matières à surveiller**



c. Procédés

Les bioprocédés liés aux protéines (techniques d'ingénierie, de production, de purification...) **sont très largement enseignés.**

En revanche les bioprocédés concernant d'autres biomolécules comme **les virus** sont moins enseignés, et de manière moins approfondie (seules 5 formations d'ingénieur et 15 Masters approfondissent la production de virus). Le même constat se fait avec les procédés de **formulation** et de **vectorisation**. Pourtant, rejoignant la nécessité de former des experts en virologie (voir I.a.), **le LEEM conseille la formation d'experts en vectorisation et en formulation.**

La **production d'acides nucléiques thérapeutiques** est aussi peu approfondie (7 formations d'ingénieur sur 26 et 20 Masters sur 86), alors que **le LEEM a identifié la découverte de molécules thérapeutiques innovantes comme une technologie à forte maturité**, c'est-à-dire ayant déjà permis la commercialisation de nombreux produits. Il serait intéressant d'approfondir ce domaine.



Les matières couramment approfondies

- Techniques de séparation
- Techniques de bioproduction
- Ingénierie des protéines
- Production de protéines recombinantes



Les matières plus rarement approfondies

- Vectorisation
- Formulation
- Production d'acides nucléiques thérapeutiques
- Production de phages thérapeutiques, VPL, ...

Nombre de formations enseignant de manière **approfondie au moins 70% des domaines** de la catégorie :

16 / 113

a. Concepts et outils

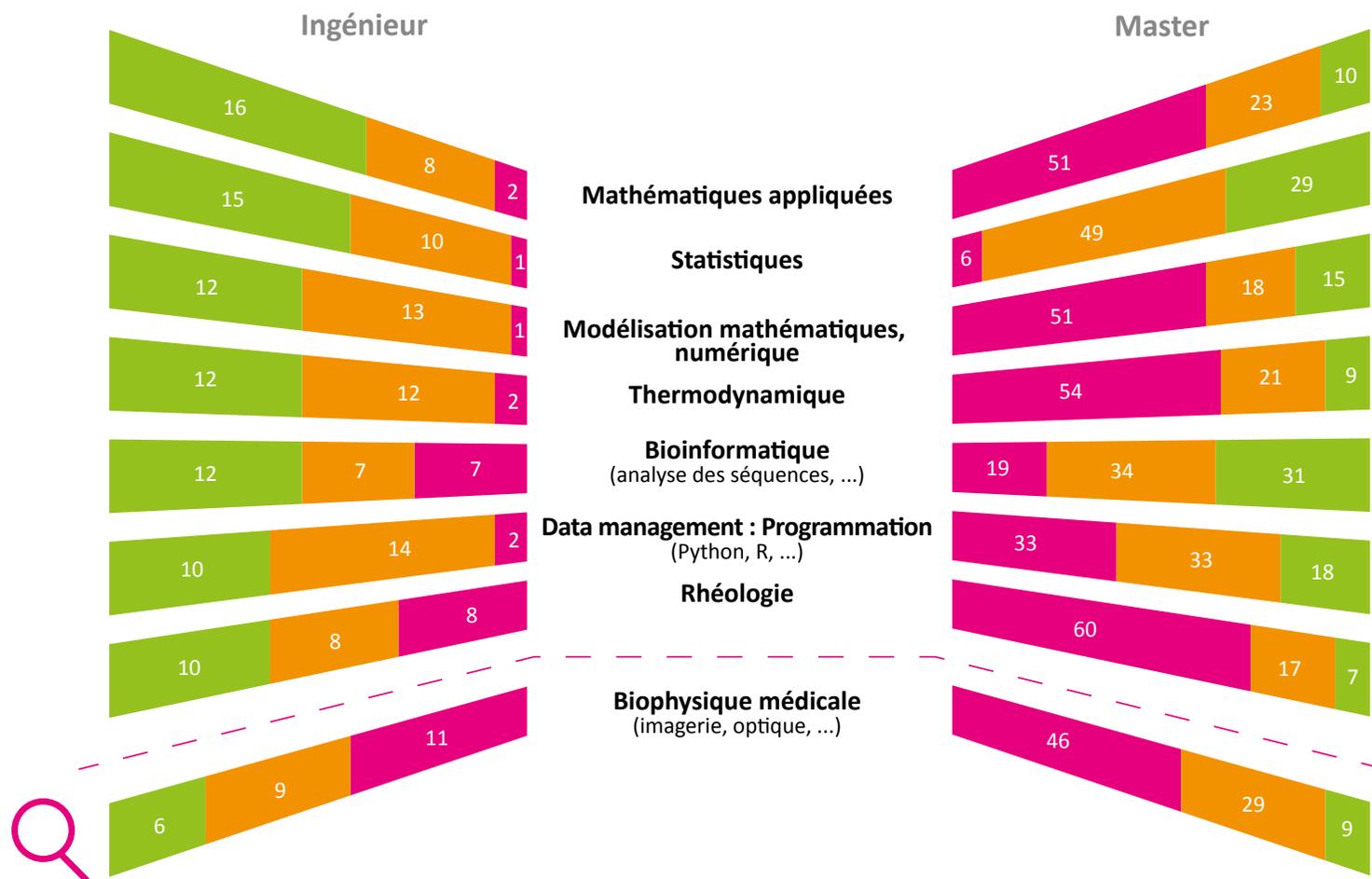
Nombre de formations dispensant des enseignements au niveau :

 **Approfondi**

 **Bases**

 **Non enseigné**

 **Matières à surveiller**



c. Concepts et outils

La bioinformatique est un outil essentiel aujourd'hui afin de traiter les données biologiques, de plus en plus nombreuses. Elle est souvent mise en avant dans le Plan Compétences Biotech et Innovation Santé 2020 du LEEM. Il est donc cohérent que plus de 70% des formations l'enseignent, et souvent de manière approfondie.

Les mathématiques et la physique (thermodynamique, rhéologie) sont des composantes caractéristiques des études d'ingénieur et y sont largement enseignées (de 18 à 25 formations sur 26). Certains Masters les enseignent aussi (de 24 à 33 formations sur 84), dont quelques uns de manière approfondie.

La biophysique médicale est un domaine en plein développement qui mériterait d'être plus largement développé, par exemple dans le cadre de l'évolution de l'e-santé et des technologies liées à l'intelligence Artificielle dans le monde médical.



Les matières couramment approfondies

- Statistiques
- Bioinformatique

Ingénieurs en particulier :
Mathématiques (appliqués, modélisation)



Les matières plus rarement approfondies

- Biophysique médicale

Masters en particulier :
Mathématiques (appliqués, modélisation)
Physique (Thermodynamique, Rhéologie)

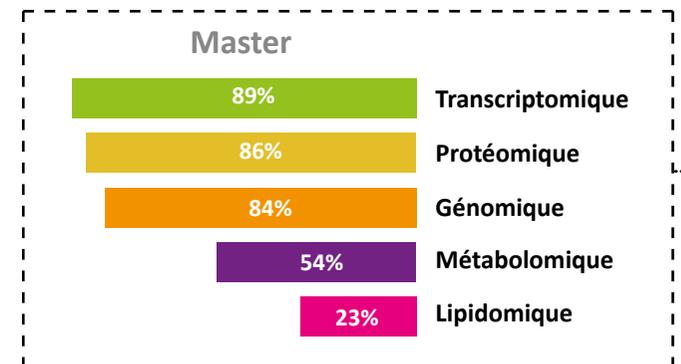
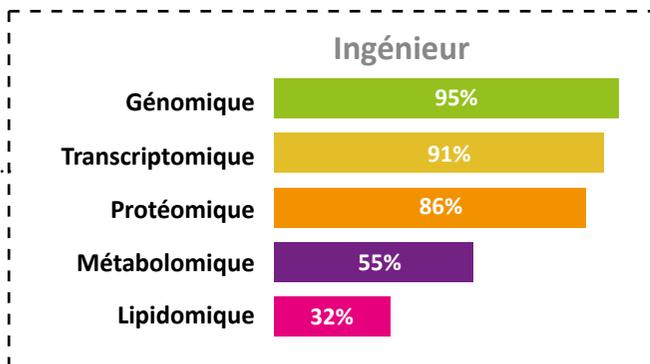
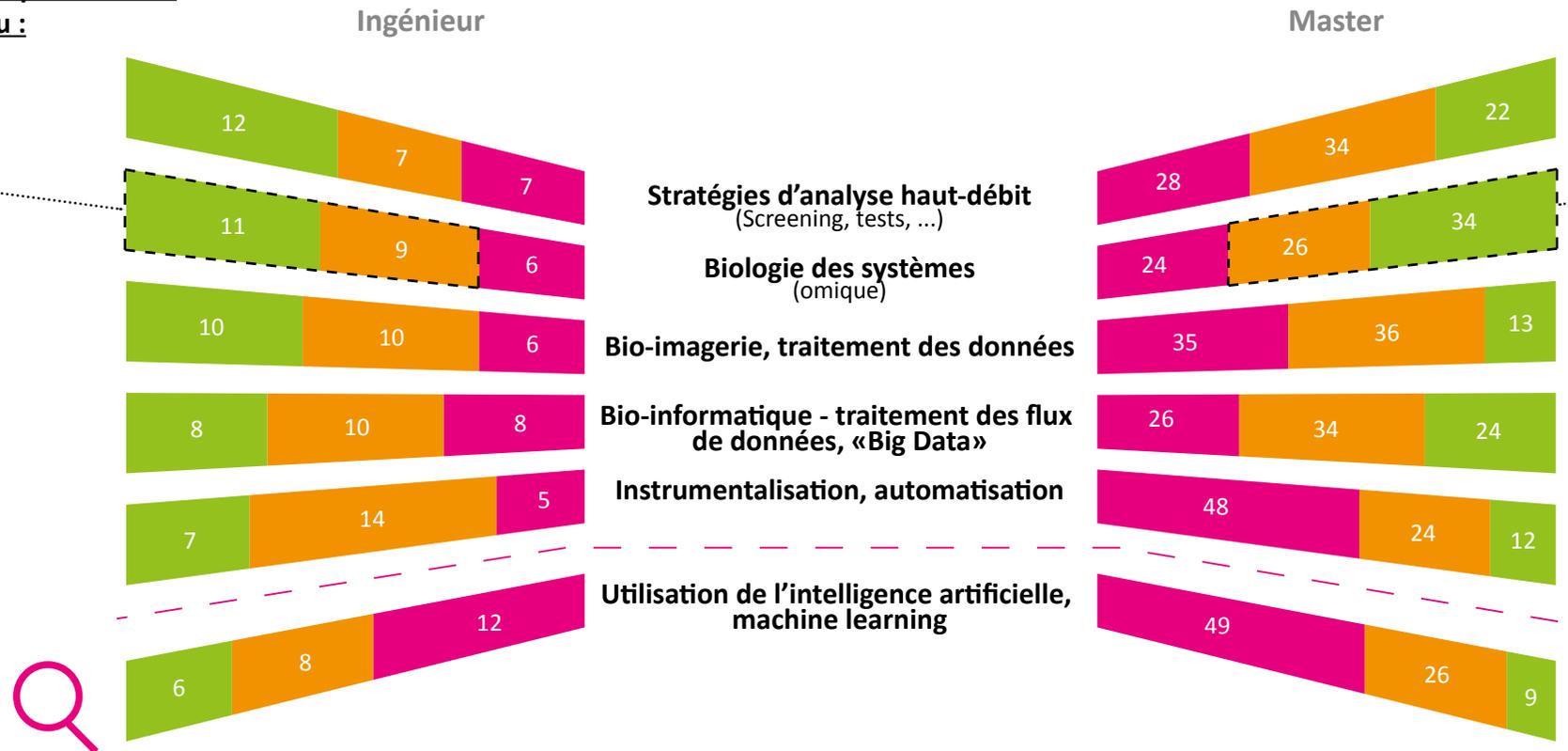
Nombre de formations enseignant de manière **approfondie au moins 70% des domaines** de la catégorie :

7 / 110

b. Techniques analytiques

Nombre de formations dispensant des enseignements au niveau :

-  Approfondi
-  Bases
-  Non enseigné
-  **Matières à surveiller**



c. Techniques analytiques

Les domaines présentés dans cette section sont tous considérés par le LEEM comme clés pour soutenir l'évolution des biotechnologies dans les années à venir.

Les outils comme la **bioinformatique** ou l'**intelligence artificielle** seront indispensables afin de traiter les flux de données biologiques dans les années à venir. **La biologie des systèmes, et en particulier la génomique** permettront de développer la médecine personnalisée : l'adaptation des traitements à chaque patient selon son profil génétique. Quant à l'**automatisation**, qui est en pleine expansion dans l'industrie, elle permettra de réduire les coûts et les temps de production.

Il serait donc pertinent de veiller à l'acquisition de ces compétences par une majorité des apprenants, au moins à un niveau de base.



Les matières couramment approfondies

- Biologie des systèmes (génomique, transcriptomique, protéomique)



Les matières plus rarement approfondies

- Intelligence artificielle / machine learning

Nombre de formations enseignant de manière **approfondie au moins 70% des domaines** de la catégorie :

9 / 110

c. Bioprocédés

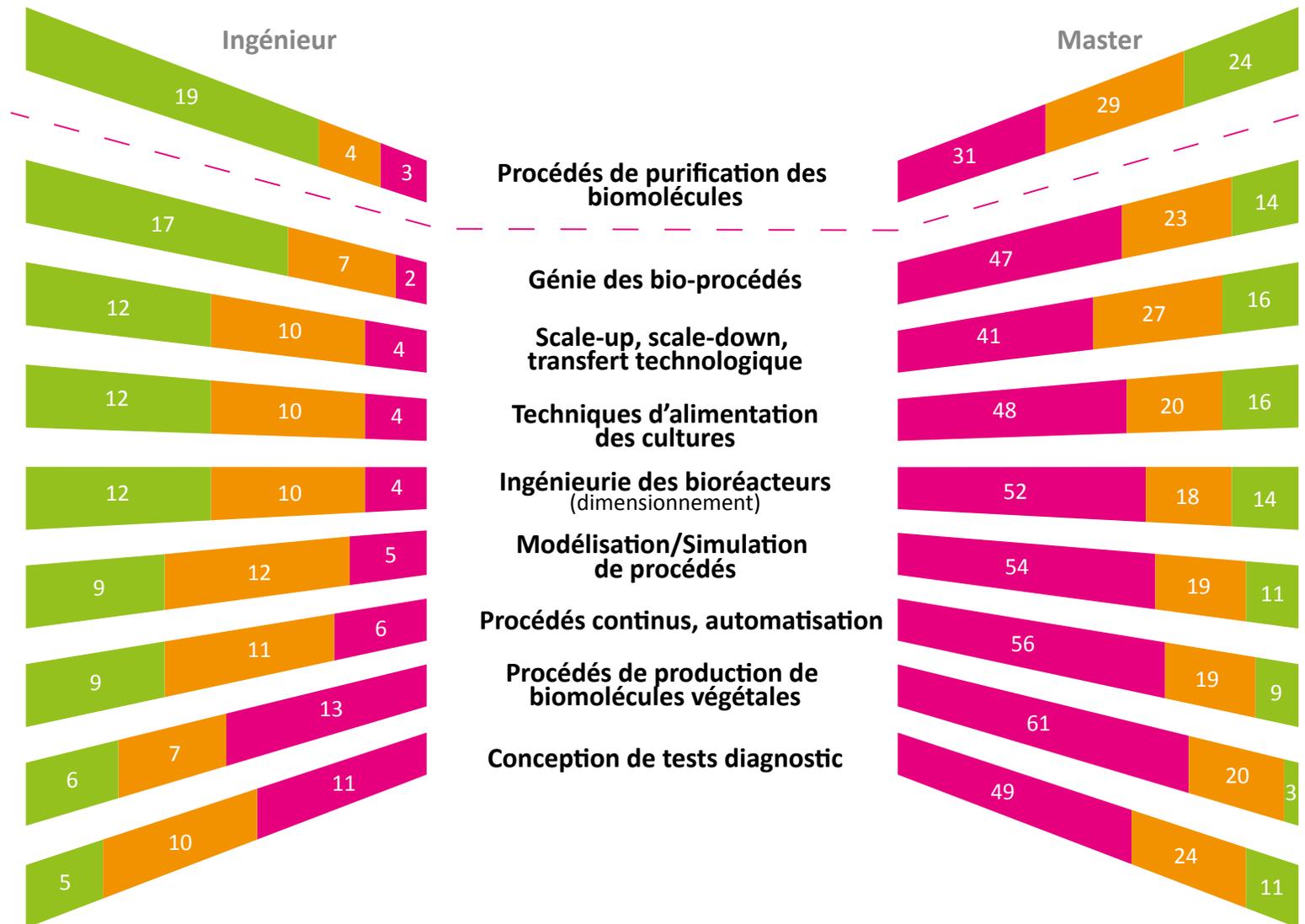
Nombre de formations dispensant des enseignements au niveau :

Approfondi

Bases

Non enseigné

Matières à surveiller



c. Bioprocédés

Ce groupe de compétences est largement enseigné dans les Masters orientés Bioprocédés, et beaucoup moins dans les autres types de Masters. Les bioprocédés sont souvent abordés en écoles d'ingénieur, car ces formations ont souvent une orientation plus technique. **Le nombre de Masters et d'écoles d'ingénieur approfondissant ces domaines est proche.**

Un des enjeux mis en avant par le LEEM dans le Plan Compétences Biotech et Innovation Santé 2020 est la **prise en compte des contraintes d'industrialisation** (scale-up, scale-down, transfert technologique) **très en amont du développement des procédés**. Cela permet d'arriver plus efficacement à une solution technique viable. De même, intégrer la notion d'**automatisation** dans les procédés permet de diminuer les coûts de production.



Les matières couramment approfondies

- Procédés de purification des biomolécules



Les matières plus rarement approfondies

- Procédés de production de biomolécules végétales
- Conception de tests diagnostic

Nombre de formations enseignant de manière **approfondie au moins 70% des domaines** de la catégorie :

12 / 110

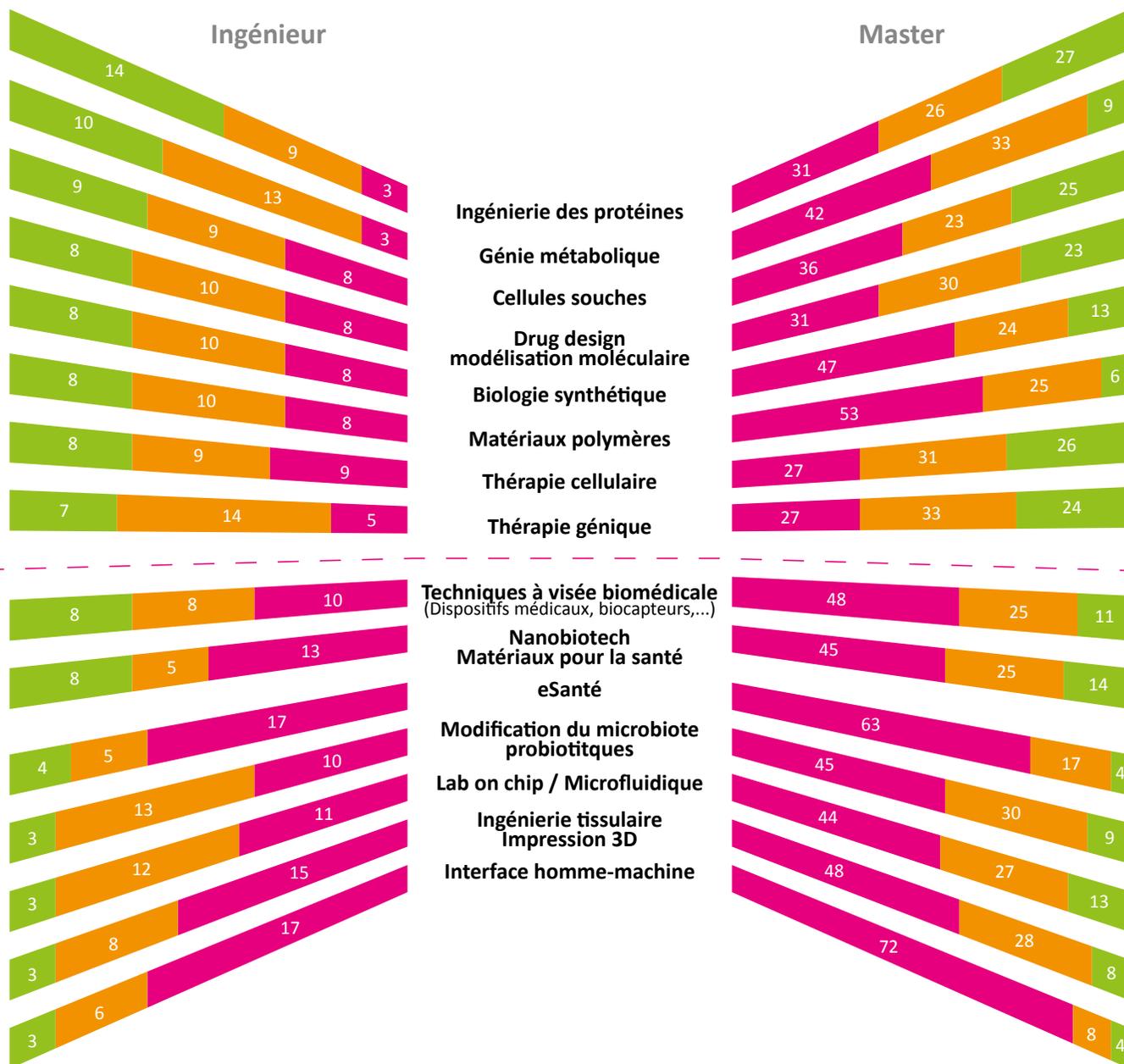
3

CONCEPTS BIOTECH INNOVANTS

Nombre de formations dispensant des enseignements au niveau :

- ▬ Approfondi
- ▬ Bases
- ▬ Non enseigné

Matières à surveiller



De nombreux concepts innovants en biotechnologie restent peu enseignés (e-santé, Interface homme-machine...). Or les concepts de cette section sont clés pour le développement de nouvelles technologies.

Par exemple, la connaissance des biomatériaux est un pilier pour l'émergence de l'ingénierie tissulaire. Il serait intéressant pour les différentes formations d'envisager ces enseignements dans leur programme.



Les matières couramment approfondies

- Ingénierie des protéines



Les matières plus rarement approfondies

- Matériaux polymères
- eSanté
- Modification du microbiome / probiotiques
- Ingénierie tissulaire / Impression 3D
- Interface homme-machine
- Lab on chip / Microfluidique

Nombre de formations enseignant de manière **approfondie au moins 70% des domaines** de la catégorie :

5 /110

4

SPÉCIFICITÉ DE L'ENTREPRISE BIOTECH OU PHARMA

a. Connaissances spécifiques

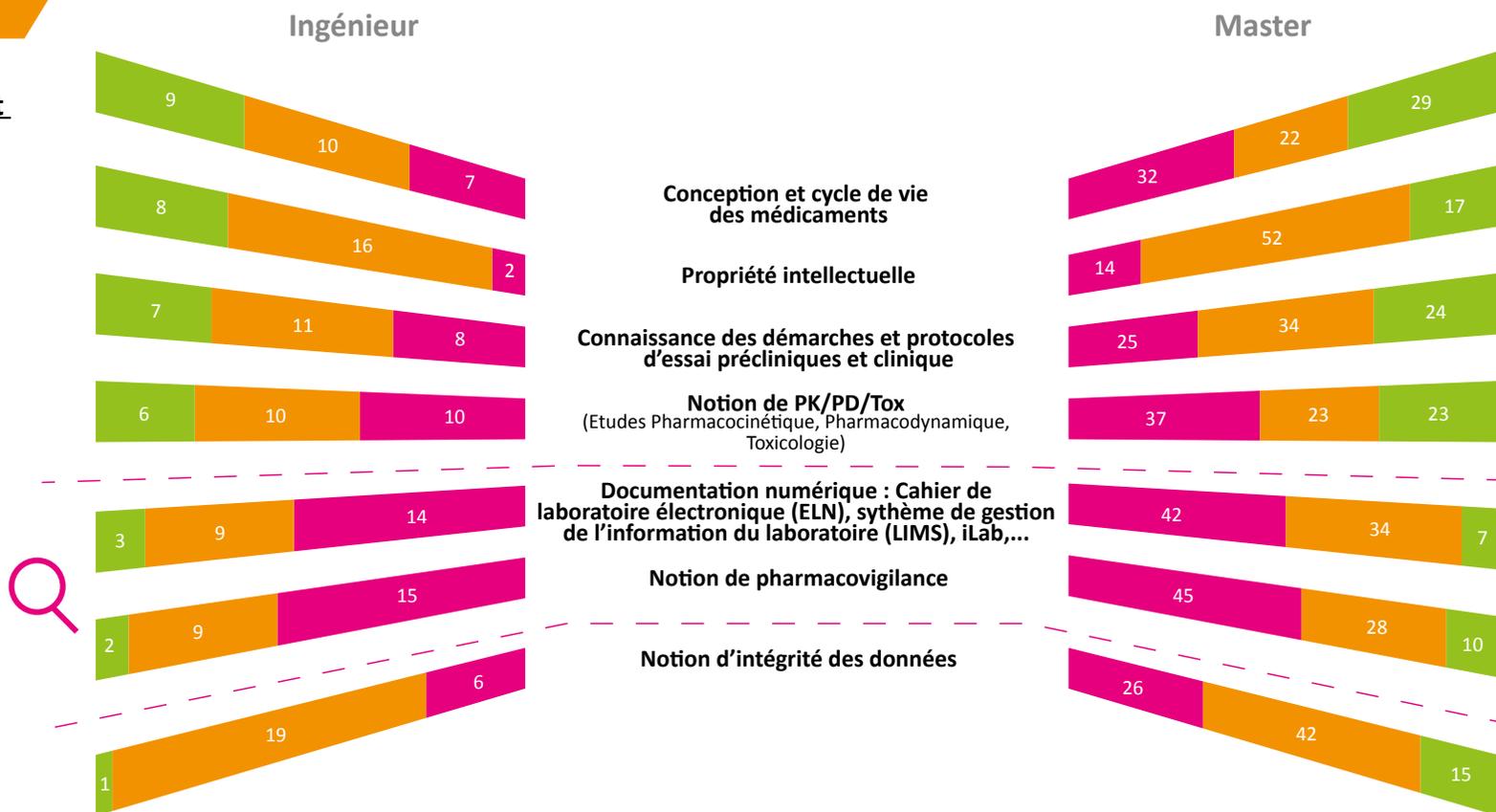
Nombre de formations dispensant des enseignements au niveau :

 Approfondi

 Bases

 Non enseigné

 **Matières à surveiller**



a. Connaissances spécifiques

Les domaines de la **pharmacovigilance** et de **PK/PD/Tox** sont plutôt du ressort des pharmaciens mais peuvent s'avérer utiles aux étudiants pour la compréhension du développement clinique des médicaments dans leur globalité.

En ce qui concerne la **documentation numérique au laboratoire**, c'est une activité en fort développement dans l'ensemble des industries. La moitié des formations y font référence. Même si un niveau de bases semble suffisant, une attention particulière à cette évolution, en lien avec les nouvelles technologies devrait être portée.



Les matières couramment approfondies

- Conception et cycle de vie des médicaments



Les matières plus rarement approfondies

- Pharmacovigilance
- Documentation numérique

Nombre de formations enseignant de manière **approfondie au moins 70% des domaines** de la catégorie :

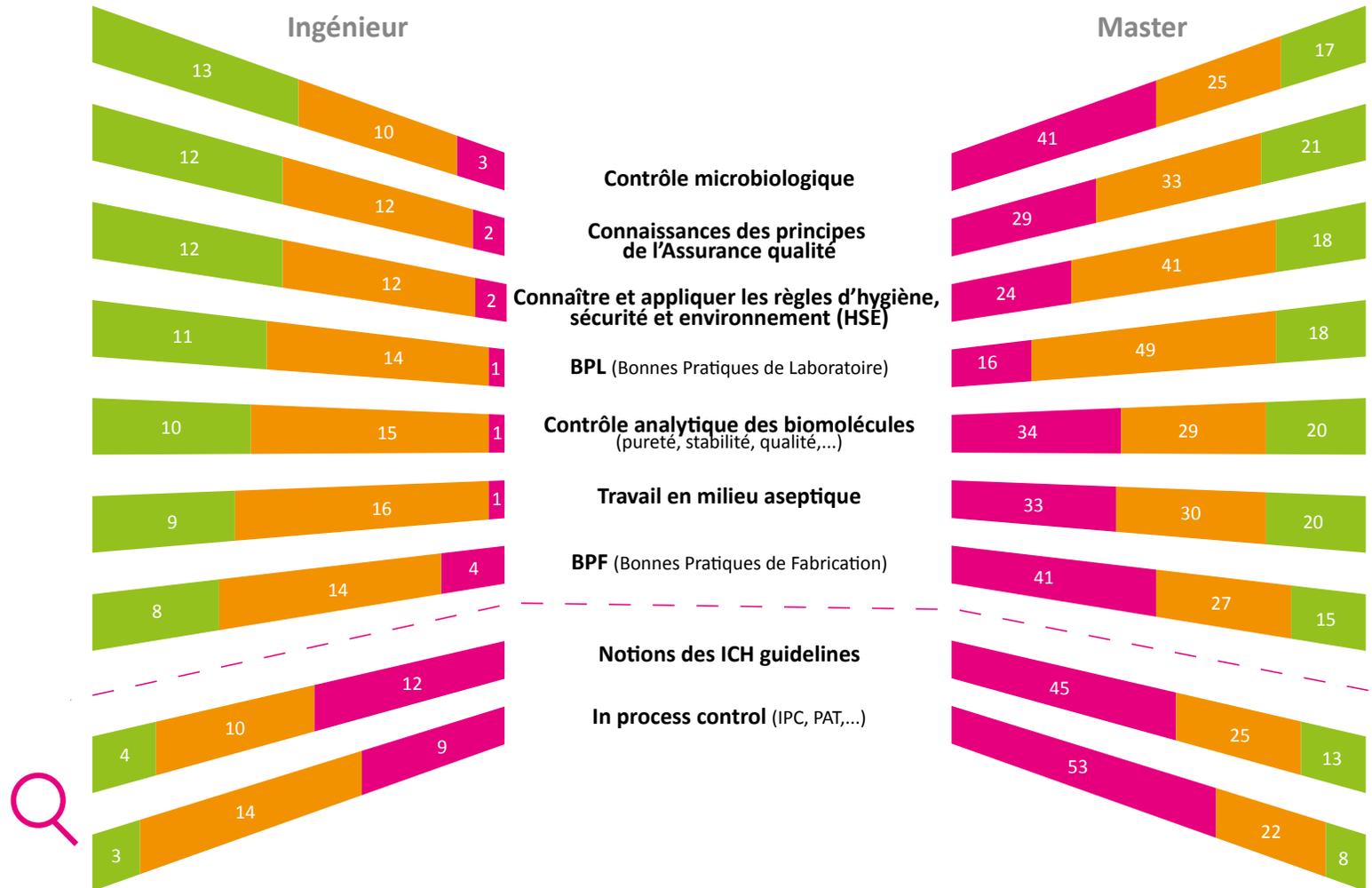
12 /109

b. Pratiques qualité, normes, réglementation

Nombre de formations dispensant des enseignements au niveau :
 Approfondi

 Bases

 Non enseigné

 **Matières à surveiller**


b. Pratiques qualité, normes, réglementation

Les **notions de qualité, de stérilité et de réglementation** sont **essentiels** dans un environnement de bioproduction. **Une large partie des formations enseigne ces notions, même si elles ne sont pas toujours approfondies.** Il est important d'aborder ces notions, pour pouvoir prendre en compte les contraintes de bioproduction dès les étapes de recherche.

Les **thématiques les moins représentées** sont l'**In Process Control**, qui prend de l'importance et requiert des compétences multiples aussi bien en biologie (culture cellulaire, bioproduction) qu'en technologie (capteurs, contrôle, informatique, big data, ...), et les **notions d'ICH guidelines** (Conseil International d'Harmonisation des exigences techniques pour l'enregistrement des médicaments à usage humain), qui sont du ressort des pharmaciens, ce qui explique leur faible niveau d'enseignement.



Les matières couramment approfondies

- Connaître et appliquer les règles HSE
- BPL



Les matières plus rarement approfondies

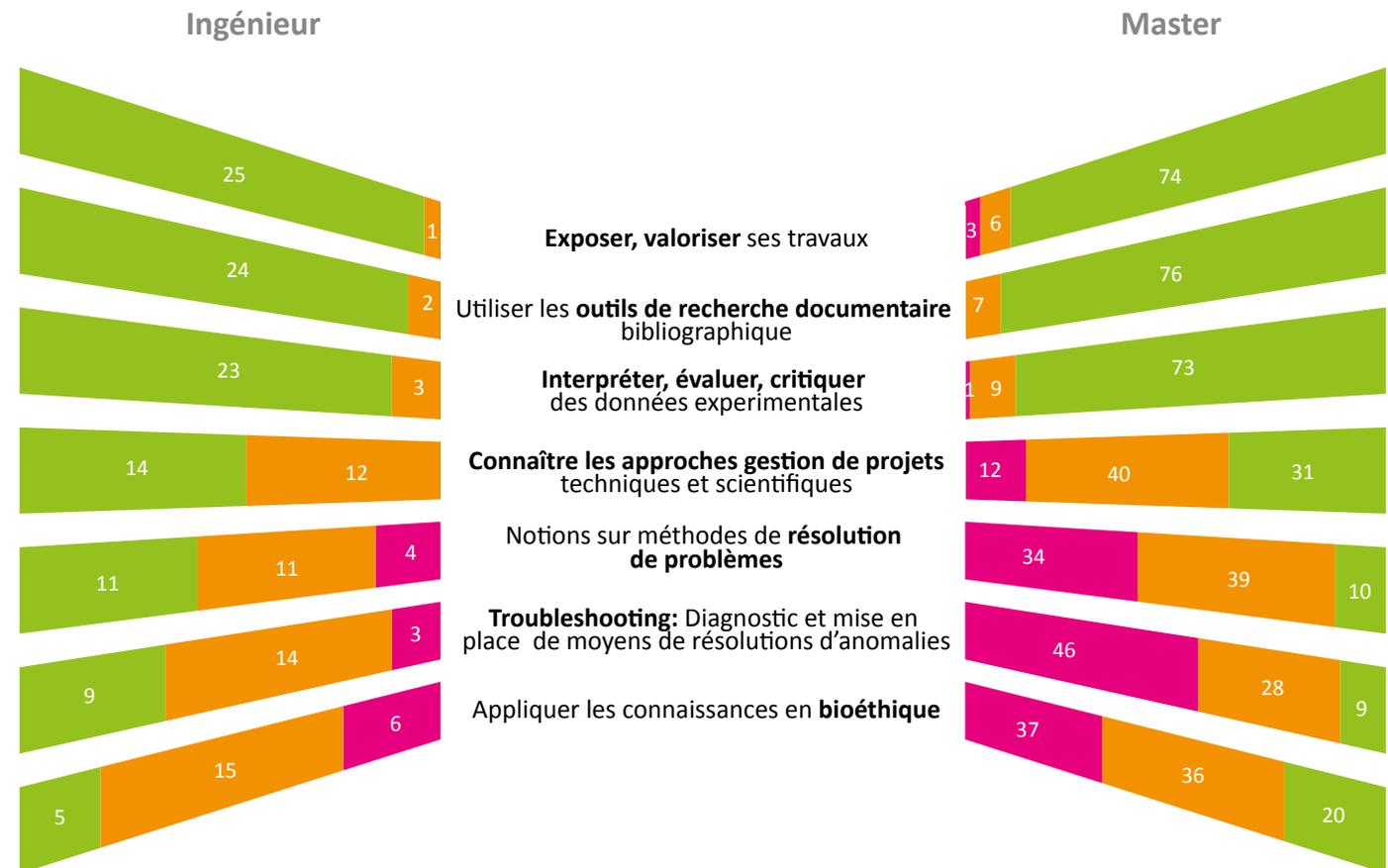
- ICH guidelines
- In Process Control

Nombre de formations enseignant de manière **approfondie au moins 70% des domaines** de la catégorie :

10 / 109

c. Compétences transverses

1. Compétences transverses Projet

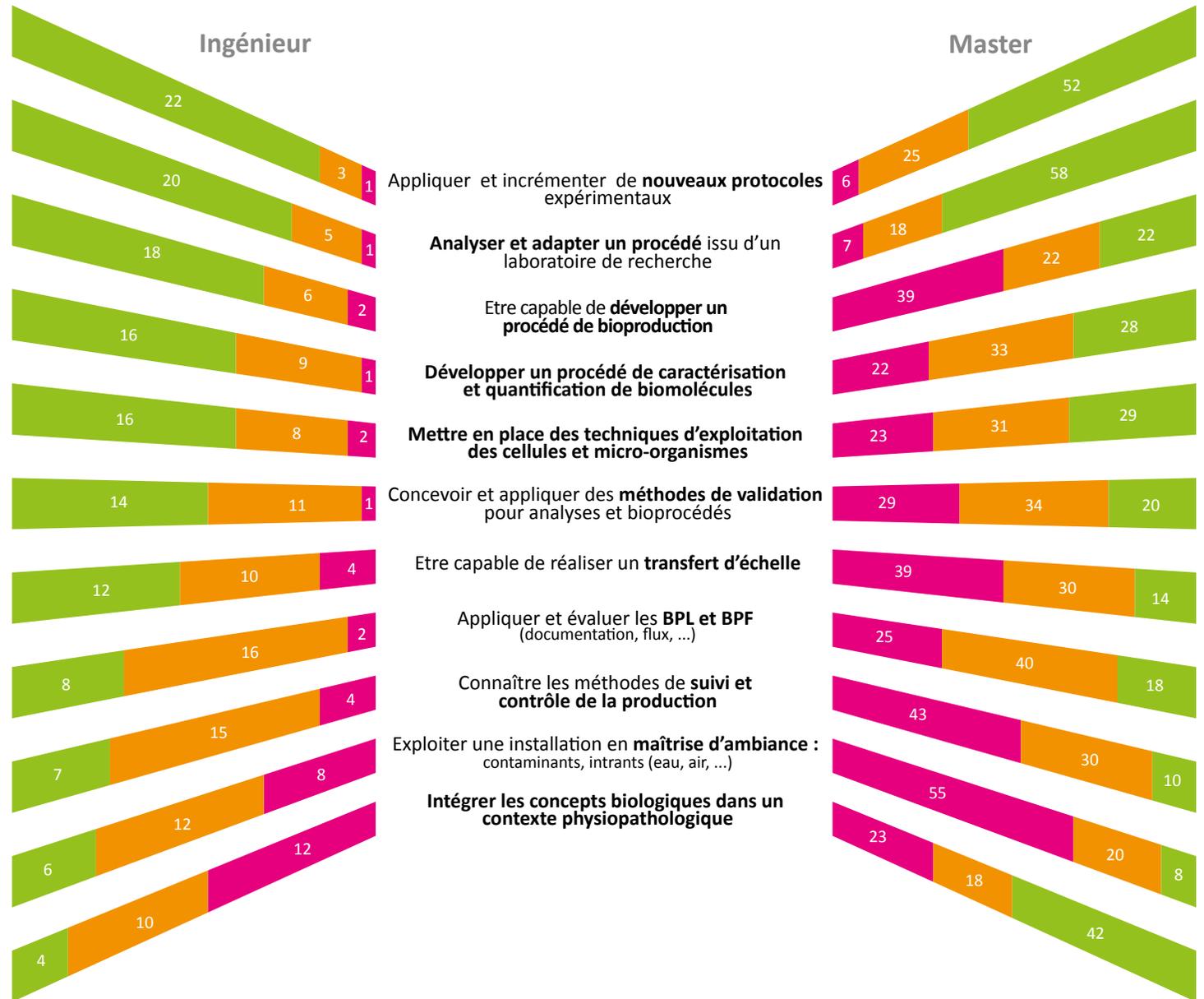
Nombre de formations dispensant des enseignements au niveau :

Les étudiants acquièrent largement des compétences en **analyse, recherche documentaire, et restitution de données**, (cf. les 3 premiers items), dans la quasi-totalité des établissements, et à un niveau approfondi. La **gestion de projet** est aussi très enseignée.

Les méthodes de **troubleshooting et résolution de problèmes** sont plus approfondies dans les formations ingénieurs, probablement liées aux postes qu'ils seront amenés à occuper.

2. Compétences transverses Techniques

Nombre de formations dispensant des enseignements au niveau :



c. Compétences transverses

De nombreuses compétences d'**analyse**, de **développement**, et de mise en oeuvre de procédés sont enseignées dans les formations, et presque systématiquement dans les écoles d'ingénieur.

La qualité est un domaine particulier qui prend de plus en plus d'importance dans le monde industriel. Il est donc important que les étudiants acquièrent des compétences dans ce domaine, même de base (BPL, BPF, suivi et contrôle de la production).



Les matières couramment approfondies

- Exposer, valoriser ses travaux
- Utiliser les outils de recherche documentaire bibliographique
- Interpréter, évaluer, critiquer des données expérimentales
- Appliquer et incrémenter de nouveaux protocoles expérimentaux
- Analyser et adapter un procédé issu d'un laboratoire de recherche

Pour les Masters :

Intégrer les concepts biologiques dans un contexte physiopathologique



Les matières plus rarement approfondies

- Exploiter une installation en maîtrise d'ambiance

Nombre de formations enseignant de manière **approfondie au moins 70% des domaines** de la catégorie :

15 / 109

La plupart des formations proposent des enseignements scientifiques en anglais :
86% dans les formations d'ingénieurs et 76% dans les Masters.

Pourcentage de formations proposant des enseignements scientifiques en anglais



La certification du niveau d'anglais est systématique dans les écoles d'ingénieur car la CTI (La Commission des Titres d'Ingénieurs) exige un niveau **B2 minimum** (nomenclature européenne CERCL). 74% des écoles d'ingénieur alignent leurs exigences sur ce seuil. Cependant 22% des écoles préfèrent demander le niveau supérieur C1 (autonomie en anglais).

Parmi les formations Master, 35% proposent la certification d'un niveau d'anglais.

Niveau de l'élève attendu lors de la certification du niveau d'anglais



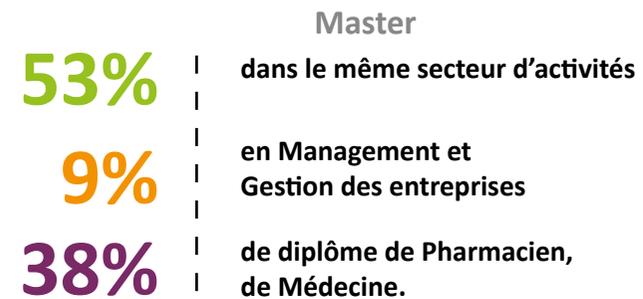
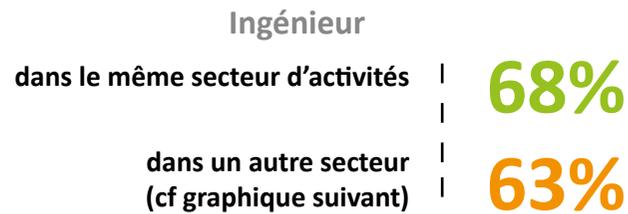
6

DOUBLE DIPLÔME

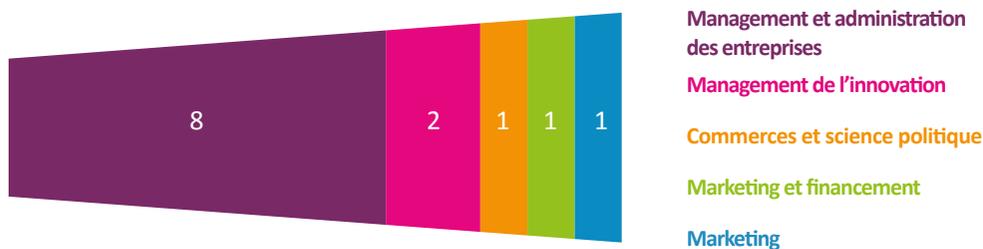


73% des ingénieurs et 40% des Masters proposent un double diplôme à leurs étudiants.

Les secteurs d'activité de ces doubles diplômes peuvent varier :



Nombre d'écoles proposant un double diplôme dans les secteurs suivants (sur les 19 écoles d'ingénieur proposant des doubles diplômes)



CONCLUSION

Les formations Master proposent des spécialités variées, ce qui induit une large diversité d'enseignements. Les formations ingénieur sont souvent plus appliquées. La plupart enseigne régulièrement l'étude des bioprocédés, basée sur des enseignements de mathématiques et de physique.



Les domaines très approfondis dans les formations

Sciences fondamentales : Biochimie structurale, Génétique, Biologie moléculaire, Signalisation et Métabolisme cellulaire, Biologie cellulaire, Immunologie, Culture cellulaire microbienne, Culture cellulaire mammalienne, Statistiques, Bioinformatique.

Techniques analytiques : Méthodes de quantification, Méthodes de caractérisation des biomolécules, Méthodes structurales, Biologie des systèmes (génomique, transcriptomique, protéomique).

Bioprocédés liés aux protéines : Techniques de séparation, Techniques de bioproduction (notamment de protéines recombinantes), Ingénierie des protéines, Procédés de purification des biomolécules.

Notions liées aux entreprises pharmaceutiques : Connaître et appliquer les règles HSE, BPL.

Compétences transverses : Exposer et valoriser ses travaux, Utiliser les outils de recherche documentaire bibliographique, Interpréter / évaluer / critiquer des données expérimentales, Appliquer et incrémenter de nouveaux protocoles expérimentaux, Analyser et adapter un procédé issu d'un laboratoire de recherche.



Les domaines peu approfondis dans les formations

Sciences fondamentales : Biologie moléculaire végétale, Physiologie végétale, Culture de cellules d'insectes ou aviaires, Virologie, Modèles animaux, Biophysique médicale.

Bioprocédés : Vectorisation, Formulation, Production d'acides nucléiques thérapeutiques, Production de virus, Production de biomolécules végétales, Conception de tests diagnostic.

Outils de l'ingénieur : Intelligence artificielle / Machine learning.

Concepts biotech innovants : Matériaux polymères, eSanté, Modification du microbiome / probiotiques, Ingénierie tissulaire / Impression 3D, Interface homme-machine, Lab on chip / Microfluidique.

Notions liées aux entreprises pharmaceutiques : Pharmacovigilance, Documentation numérique, ICH guidelines, In Process Control.