

Former des ingénieurs à relever les défis de santé environnementale

VALERIE CAMEL

Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SayFood, Massy, France, valerie.camel@agroparistech.fr

FRANÇOIS MARIOTTI

Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR PNCA, Paris, France, francois.mariotti@agroparistech.fr

JULIETTE FABURE

Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR ECOSYS, Versailles, France,
juliette.fabure@agroparistech.fr

TYPE DE SOUMISSION

Analyse de dispositif

RESUME

Le champ de la santé environnementale est émergent, porteur d'enjeux sanitaires et sociétaux. Les défis à relever pour des ingénieurs sont nombreux. AgroParisTech a fait évoluer son offre de formation en 3^{ème} année de cursus pour avoir des diplômés en capacité de répondre à ces enjeux par une approche holistique interdisciplinaire.

SUMMARY

The field of environmental health is an emerging one, with health and societal issues at stake. The challenges for engineers are numerous. AgroParisTech has developed its training offer in the 3rd year of the curriculum to ensure that graduates are able to respond to these issues through a holistic interdisciplinary approach.

MOTS-CLES

approche holistique, interdisciplinarité, santé environnementale, transdisciplinarité

KEY WORDS

Holistic approach, Interdisciplinarity, Environmental health, Transdisciplinarity

1. Introduction

AgroParisTech délivre une formation d'ingénieur en sciences et technologies du vivant et de l'environnement. L'école se hisse au 1^{er} rang des écoles françaises d'ingénieurs en « agronomie et biologie ». Elle ambitionne de former ses diplômés à relever les défis sociétaux et sanitaires du 21^{ème} siècle, et à s'adapter à des métiers en pleine mutation. Elle a fait évoluer son offre de formation pour avoir des diplômés en capacité de répondre aux enjeux de santé environnementale.

2. Les éléments de contexte

2.1. Des défis à relever

2.1.1. Des enjeux sanitaires et sociétaux

Les problématiques de santé-environnement ont émergé ces vingt dernières années, avec des avancées majeures en termes de savoirs (inter)disciplinaires (Lévi, 2020). La pression anthropique exercée sur nos écosystèmes s'est accentuée, du fait de l'accroissement de la population mondiale et l'évolution des modes de vie. La demande sociétale est forte d'offrir des modes de production et fabrication respectueux de l'environnement dans une perspective de développement durable, et des produits dont l'innocuité pour le consommateur est garantie. Les enjeux sanitaires sont sur le devant de la scène, accentués par les changements climatiques.

2.1.2. La santé environnementale

L'accolement des termes « santé » et « environnement » est très englobant et vague. S'agit-il de santé humaine, végétale, animale, des écosystèmes ? D'environnement extérieur, intérieur, domestique, professionnel ? En pratique « santé » renvoie souvent à santé humaine, les autres volets étant intégrés dans des approches holistiques (cf. 2.2.2). Le concept de « santé environnementale » s'est peu à peu imposé, souvent en lien avec celui de « développement durable » (Forbat, 2014). Mais il reste trop vaste pour être opérationnel, et la santé environnementale est souvent abordée en France avec une focale santé humaine intra-sectorielle bien qu'interdisciplinaire (cf. 3.2). Les boucles de rétroaction avec la « santé de l'environnement » sont souvent négligées : celle-ci constitue un vaste champ interdisciplinaire. Un rapport récent souligne la nécessité d'avoir une vision englobante de la santé environnementale, incluant les effets de l'Homme sur l'environnement (Toutu-Picard et Josso, 2020).

2.2. Former des ingénieurs à relever ces défis

2.2.1. Des métiers émergents

L'exigence sociétale se traduit par une évolution rapide de la réglementation, une réorganisation des filières de production ou transformation, et plus globalement de tous les secteurs industriels qui doivent intégrer les conséquences de leurs activités sur l'environnement et la santé humaine. De nouveaux métiers ont émergé et d'autres sont en devenir ou évolution. Il convient de former des diplômés en phase avec ces métiers, capables de s'adapter rapidement dans un monde en évolution constante.

2.2.2. Une approche holistique

Ces évolutions réglementaires et nouvelles problématiques sanitaires imposent des besoins de formation. Une vision holistique fait peu à peu son chemin pour aboutir à l'émergence de l'approche « *One Health* », revendiquant de considérer simultanément les santés humaine, animale, végétale et de l'environnement, inscrite en France dans la loi « Santé » (Parodi, 2018). Quelques formations à cette approche ont vu le jour dans des facultés vétérinaires (Buntain et al., 2020), du fait des risques de transmission à l'Homme de maladies portées par les animaux (la crise de la Covid témoigne de ces risques liés à des zoonoses). La santé des végétaux et celle des écosystèmes sont aussi des facteurs importants à considérer dans ce type d'approche, ce qui rend les écoles d'agronomie légitimes pour proposer de telles formations.

2.3. Les atouts du cursus ingénieur AgroParisTech

2.3.1. Une formation généraliste

Dispensé sur 3 années, le cursus ingénieur est structuré autour de 4 domaines au choix pour les étudiants : 1- Productions, filières et territoires pour le développement durable ; 2- Ingénierie des aliments, biomolécules et énergie ; 3- Gestion et ingénierie de l'environnement; 4- Ingénierie et santé : Homme, bioproduits, environnement. Polyvalents et généralistes, nos diplômés sont fortement sensibilisés aux questions de responsabilité sociétale et de développement durable. La palette des secteurs d'activité et métiers vers lesquels ils se destinent est très vaste : la dominante qu'ils suivent en 3^{ème} année donne la teinte de leur premier métier.

2.3.2. Une formation à la complexité

La résolution de problématiques complexes, telles que celles liées au vivant, requiert de l'interdisciplinarité afin de donner aux apprenants « *les moyens de comprendre leur environnement (naturel et socio-économique) et d'aborder la complexité représentée par les interrelations entre les différentes composantes de cet environnement* » (Gondran et Kammen, 2004). L'interdisciplinarité est un élément structurant de la formation ingénieur AgroParisTech (Camel et Fargue-Lelièvre, 2009), avec des approches multi-échelles souvent inter-sectorielles (cf. 3.2). Les unités d'enseignement proposées dès la fin de la 1^{ère} année de cursus sont majoritairement thématiques, afin d'engager les élèves dans une approche multidisciplinaire. Le degré d'interdisciplinarité s'accroît au fur et à mesure que ceux-ci progressent dans leur cursus pour favoriser leur acculturation et appropriation de ce type d'approche.

3. Le cadre conceptuel

Nous nous appuyons sur quelques considérations théoriques et concepts souvent polysémiques.

3.1. Former à l'approche holistique

L'approche holistique nécessite de nouveaux modes de raisonnement, en particulier de décloisonner certains savoirs disciplinaires. Pellaud et Giordan (2004) soulignent que « *la gestion d'un tel apprentissage nécessite une vision globale capable de mettre en interaction différents éléments et facteurs, tout en tenant compte de leur régulation ainsi que de la relativité et de l'incertitude de la situation* ». Cette connaissance et prise en compte des boucles de rétroaction existantes, ainsi que l'estimation et la gestion des incertitudes, constituent deux piliers importants d'une formation de niveau ingénieur sur les questions de santé-environnement. Trois facteurs sont favorables à l'apprentissage d'une approche holistique complexe : 1) l'esprit de synthèse, 2) la curiosité et l'esprit critique, 3) une « *attitude citoyenne responsable* » (Pellaud et Giordan, 2004).

3.2. La trans- et méta-disciplinarité

Seule une formation interdisciplinaire, voire transdisciplinaire, peut permettre aux apprenants de s'approprier l'approche holistique. Plusieurs auteurs se sont attachés à discuter la signification des préfixes accolés au mot « disciplinarité ». L'interdisciplinarité « *ne consiste pas seulement à juxtaposer quelques morceaux de savoir : elle implique d'élaborer des concepts nouveaux pour articuler entre elles les connaissances issues des différents champs* » (Lefeuve, 1991, cité dans Gondran et Kammen, 2004). Cette fécondité de l'interdisciplinarité s'observe à la fois dans les savoirs et les méthodes comme le souligne Blanchard-Laville (2000) : « *L'interdisciplinarité implique (...) qu'il y ait interactions et enrichissement mutuel entre des spécialistes, tant au niveau des connaissances que des méthodes. Il y a interpénétration féconde et dynamique des savoirs entre les disciplines* ». Toutefois, l'interdisciplinarité reste cantonnée au « *transfert des méthodes d'une discipline à l'autre* » (Nicolescu, 2011), sa finalité reste dans un champ disciplinaire. Selon Prud'homme et Gingras (2015) « *l'interdisciplinarité servirait de véhicule temporaire à l'émergence de nouvelles disciplines* », celles-ci « *englobant et dépassant les disciplines constitutives* » (Terrisse B. cité par Blanchard-Laville, 2000) ; ceci fait écho à la naissance de l'écotoxicologie à l'interface entre l'écologie et la toxicologie. Cette vision très englobante de l'interdisciplinarité n'est pas toujours partagée. Elle est plutôt réservée à la transdisciplinarité qui « *concerne (...) ce qui est à la fois entre les disciplines, à travers les*

différentes disciplines et au delà de toute discipline » (Nicolescu, 2011), vision que nous partageons. Selon Letourneau (2008) un « *élément de toute transdisciplinarité* » est sans doute la « *conscience métadisciplinaire* », soulignant que la réflexivité constitue le « *noyau* » de « *cet élément métadisciplinaire* ». Blanchard-Laville (2000) appelle aussi de ses vœux à cette « *réflexion métadisciplinaire (...) pour savoir comment les disciplines naissent, se sclérosent et se métamorphosent* ». Nous nous approprions aussi la distinction faite par Prud'homme et Gingras (2015) entre les collaborations disciplinaires intra-sectorielles (ex : chimie et biologie) et celles inter-sectorielles (ex : biologie et sociologie).

4. La construction d'une nouvelle formation

Nous avons opéré en 2 phases : un premier temps de réflexion, consultation et proposition d'une offre de formation, suivi, après validation de celle-ci par les instances de l'école, d'une phase de recrutements, co-construction de la maquette et démarrage (cf. **figure 1**).

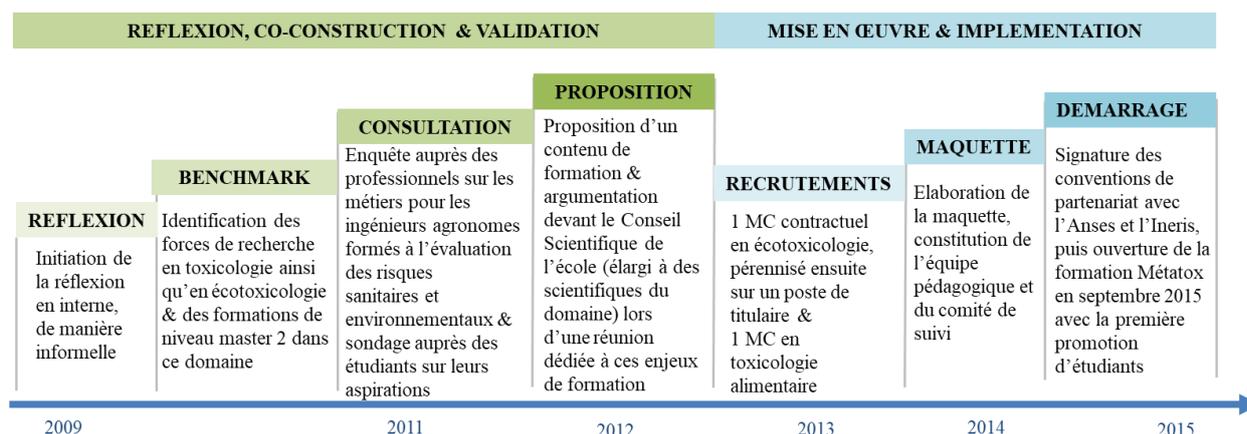


Figure 1 : frise chronologique retraçant la genèse de la formation Métatox.

4.1. Une réflexion préalable

Pour asseoir l'intérêt d'une nouvelle formation et construire son contenu, il est indispensable d'effectuer une analyse des besoins et de sonder les aspirations des étudiants. Un groupe de travail a été mis en place pour réaliser ce travail et en rendre compte devant les instances de l'établissement, afin d'éclairer la prise de décisions.

4.1.1. Un « *benchmark* » des formations

Dans une volonté de créer une formation différenciée et complémentaire des formations existantes, un travail d'inventaire au plan national et européen a été réalisé en 2011. Les forces de recherche ont également été répertoriées, afin d'identifier des compétences susceptibles

d'être mobilisées, et d'appréhender des équipes au sein desquelles de futurs enseignants-chercheurs recrutés pourraient évoluer.

4.1.2. Une enquête sur les besoins

Cette enquête s'est déroulée en 3 phases successives. Fin 2010 un travail prospectif a été réalisé auprès de professionnels ciblés évoluant dans des organismes partenaires d'AgroParisTech. Il a été mené *via* des interviews téléphoniques sur la base d'une liste de points à aborder (l'écotoxicologie dans le monde professionnel, la pertinence à former conjointement à la toxicologie et l'écotoxicologie, les débouchés et compétences attendues). Ce travail s'est poursuivi en 2011 par une enquête au sein du milieu académique, avec des interviews (téléphoniques ou face-à-face) d'une trentaine d'experts. Celle-ci a fourni des éléments étayant l'intérêt de la construction d'une nouvelle offre de formation sur ces enjeux sanitaires pour de futurs ingénieurs du vivant, et appuyant les éléments différenciant en regard de formations existantes. Les données ont été consolidées grâce à une nouvelle phase d'enquête (*via* des interviews téléphoniques retranscrits) auprès d'une quinzaine de professionnels au sein d'entreprises recrutant des ingénieurs AgroParisTech.

4.1.3. Un sondage auprès de nos étudiants

Un questionnaire anonyme en ligne été élaboré et envoyé à tous les élèves-ingénieurs (environ 900 étudiants) fin 2014. Les résultats (taux de réponse : 30 %) montrent une appétence pour une formation en santé environnementale (62 % des répondants jugent une telle formation « très intéressante » ou « intéressante »). Une large majorité (83 %) considère que la toxicologie environnementale, l'écotoxicologie et la toxicologie alimentaire sont « inexistantes » ou « présentées succinctement » dans l'offre de l'école en 2014/2015, alors qu'ils les perçoivent en majorité (55 %) comme « indispensables » ou « utiles » pour leur métier.

4.2. L'élaboration du programme de formation

4.2.1. Les profils des diplômés

Les résultats des enquêtes suggèrent des besoins de recrutement avec 2 types de profils : des spécialistes experts et des généralistes polyvalents. La formation Métatox vise ce 2nd profil. Les besoins exprimés par les professionnels font ressortir plusieurs valences d'intérêt (ex : savoir coupler des connaissances en biologie et chimie ; maîtriser les aspects scientifiques, techniques, réglementaires, économiques et sociaux ; disposer d'une vision intégrative). La capacité à intégrer, analyser et hiérarchiser différents facteurs est également mise en avant, de même que

la capacité de réflexion et l'esprit critique, importantes dans l'apprentissage de l'approche holistique.

4.2.2. Des forces à renforcer

Lors de la réflexion, le corps enseignant de l'école disposait de plusieurs valences disciplinaires indispensables pour l'approche « *One Health* » ou importantes pour la gestion des problématiques sanitaires. Néanmoins, 2 disciplines phares étaient manquantes : la toxicologie et l'écotoxicologie. Un travail de réflexion et négociation a permis de produire 2 fiches de poste argumentées, donnant lieu au recrutement de 2 maîtres de conférences (cf. **figure 1**). Il a aussi été nécessaire de renforcer les compétences de l'équipe enseignante sur des valences spécifiques. Grâce à notre réseau de partenaires, nous avons sollicité l'Anses pour ses compétences en expologie et modélisation des risques, et l'Ineris pour le volet modélisation du devenir des polluants et prédiction de leur toxicité. Nous avons choisi d'intégrer ces deux partenaires à la construction du contenu de formation, *via* leur participation au groupe de travail.

5. La formation Métatox

5.1. Une formation professionnalisante

5.1.1. Une approche holistique

Nous visons des compétences génériques du tryptique toxicologie environnementale/ toxicologie alimentaire/ écotoxicologie. Ces disciplines sont mobilisées ensemble pour former les étudiants à leur genèse, la maîtrise des nouveaux concepts et modèles, et la prise de recul sur chacune d'elles. Cette approche trans- et méta-disciplinaire est importante dans un champ de connaissances en pleine évolution. Le programme est construit sur la base d'un tronc commun constitué de 6 unités d'enseignement (UE) interdisciplinaires (cf. **figure 2**). Des TP sur la problématique des risques liés à une substance médicamenteuse permettent aux étudiants de mobiliser ensemble des acquis des UE1 et UE2, et l'UE6 offre un cadre pour intégrer les apports des UE1 à 5 dans le contexte des productions agricoles. Le projet, commandité par une entreprise et réalisé en petit groupe, mobilise simultanément au moins deux des trois compétences génériques visées par la formation dans le contexte de l'entreprise et suivant ses enjeux.

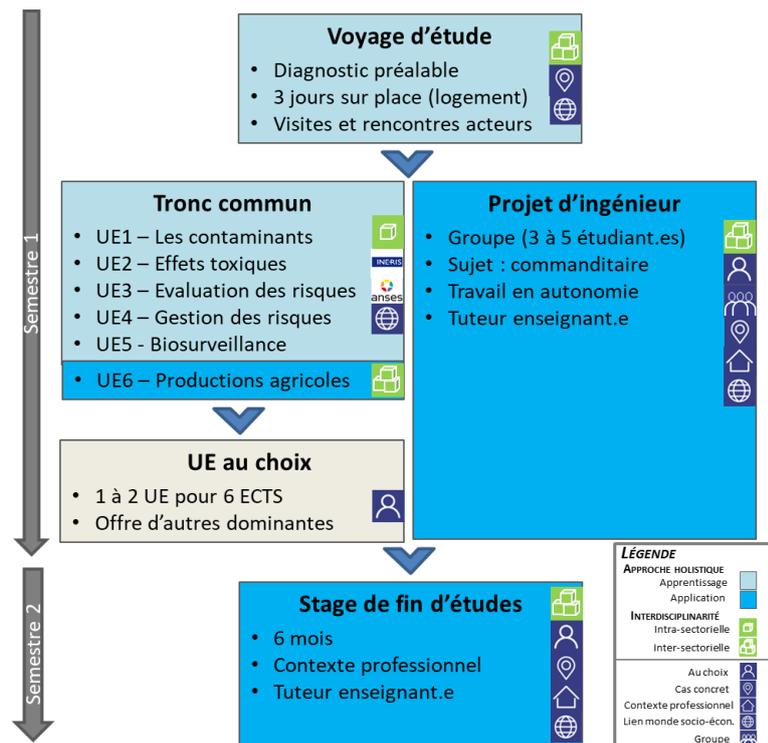


Figure 2 : maquette de la formation Métatox.

5.1.2. Un ancrage dans la réalité

La formation est orientée vers l'ingénierie et l'action, avec un centrage apprenant. Elle offre des mises en situation concrètes pour apprendre à analyser une problématique complexe authentique, proposer des pistes de solutions étayées et formaliser une prise de décision. En plus du stage de fin d'études réalisé en contexte professionnel, les étudiants vivent 2 moments clés : le voyage d'étude et le projet d'ingénieur (cf. **figure 2**). Le voyage se déroule sur 3 jours au début du 1^{er} semestre, dans une zone à forte préoccupation sanitaire et environnementale : l'immersion sur le terrain permet de découvrir la réalité et d'échanger avec des acteurs du monde socio-économique. Le projet d'ingénieur est réalisé en petit groupe sur une demande concrète portée par un acteur du monde socio-économique. Les étudiants travaillent en complète autonomie, en interaction régulière avec leur commanditaire, mobilisant des savoirs (inter)disciplinaires et développant des « *soft-skills* » ; le tuteur enseignant veille à leur bonne compréhension du sujet et à l'avancement du projet.

5.1.3. Des acteurs du monde socio-économique investis

Des conventions de partenariat ont été signées avec l'Anses et l'Ineris, afin d'officialiser leur investissement dans la formation. L'Anses organise et assure dans ses locaux l'intégralité de l'UE3 dédiée à l'évaluation des risques, et l'Ineris est partie prenante de l'UE2 relative à la

caractérisation des dangers. Ces 2 organismes sont également des pourvoyeurs de sujets pour les projets d'ingénieur et stages. D'autres acteurs du monde socio-économique contribuent par des interventions ponctuelles ou des sujets de projets d'ingénieur, ou la participation au comité de suivi de la formation.

5.2. Nos étudiants et diplômés

5.2.1. Le panorama des promotions

L'effectif des promotions progresse au fil des ans (cf. **figure 3**). Nous sommes attachés à préserver une relative diversité des profils entrants afin de favoriser l'ouverture d'esprit de nos diplômés : étudiants du cursus ingénieur AgroParisTech, élèves d'autres écoles d'ingénieurs partenaires ou en double diplôme, étudiants en poursuite ou reprise d'études (Certificat de Spécialité Métatox - diplôme d'établissement inscrit au répertoire national des certifications professionnelles : RNCP9888BC04).

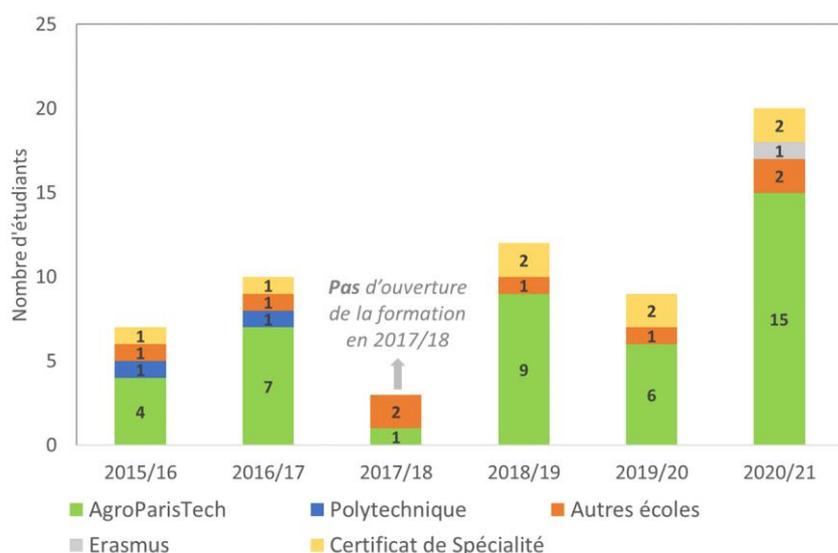


Figure 3 : l'évolution des effectifs des promotions Métatox, avec les profils d'entrée.

5.2.2. Le devenir des diplômés

Les premiers métiers de nos diplômés sont des postes très opérationnels relatifs à la santé ou la sécurité dans divers secteurs d'activité (cf. **figure 4**). Leurs aspirations sont diverses, et ils parviennent à trouver un poste en phase avec celles-ci. Le choix du stage est souvent déterminant car plusieurs se poursuivent par un contrat.

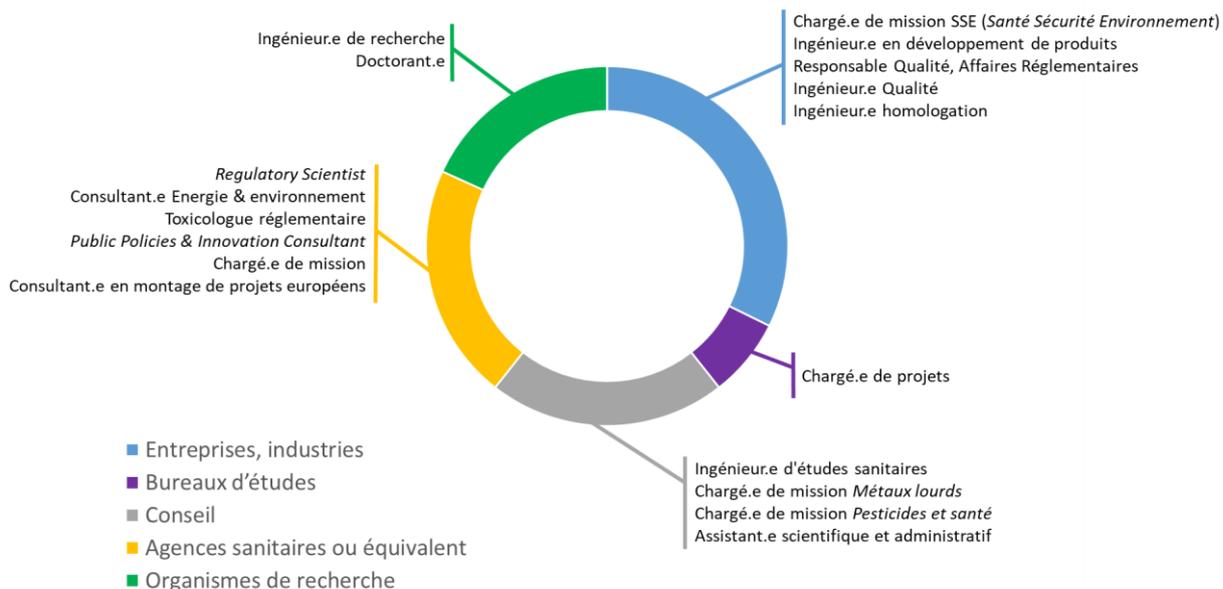


Figure 4 : les premiers métiers des diplômés Métatox.

Certains continuent en doctorat pour embrasser une carrière académique ou accéder ultérieurement à des postes à responsabilité dans certaines structures. D’autres poursuivent par une année d’études, par obligation (ex : IPEF) ou pour élargir leur champ d’expertise.

6. Analyse réflexive

6.1. Facteurs de succès

6.1.1. Un environnement capacitant

Le soutien institutionnel a été déterminant. L’école a mis en œuvre des conditions favorisant le développement d’un pouvoir d’agir collectif. La Direction scientifique a joué un rôle crucial en initiant un groupe de travail pluridisciplinaire et en le co-pilotant au démarrage avec un enseignant-chercheur, avant d’assurer le recrutement d’une chargée de mission pour poursuivre ce co-pilotage. Elle a également mobilisé le Conseil Scientifique lors d’une séance élargie à des experts de santé environnementale pour donner un avis sur la formation proposée. L’implication d’acteurs du monde socio-économique a été importante pour mener la réflexion, construire l’offre et mobiliser des compétences pour assurer la formation. Nous avons bénéficié de contacts auprès de partenaires de l’école tout en mettant à profit les réseaux professionnels d’enseignants-chercheurs mobilisés dans la réflexion.

6.1.2. Une communication active

La formation étant proposée au choix aux étudiants, il a fallu communiquer très activement pour les informer de la création de cette dominante et leur expliquer sa genèse et ses débouchés. Plusieurs actions ont été menées en interne. Nous avons aussi communiqué plus largement pour alimenter les flux de candidats externes : compte LinkedIn Métatox ; cours en accès ouvert sur la plate-forme pédagogique de l'école, donnant à voir le contenu de la formation et ses débouchés grâce à des témoignages de jeunes diplômés. Ces actions sont également importantes pour faire connaître Métatox aux acteurs du monde socio-économique, futurs pourvoyeurs de sujets de projets d'ingénieur ou de stages, et d'offres d'emploi.

6.2. Points de vigilance

6.2.1. Frilosité face à une nouvelle formation

Rendre attractive une nouvelle formation auprès des étudiants n'est pas immédiat, *a fortiori* lorsque celle-ci concerne les risques qui suscitent une représentation négative. Les arguments avancés par les enseignants ne suffisent pas à convaincre du caractère professionnalisant et des débouchés. Les étudiants ont besoin d'échanger avec leurs pairs sur le contenu de la formation, et avec des jeunes diplômés pour appréhender les métiers et pouvoir se projeter. Les recruteurs potentiels ont aussi besoin d'être rassurés sur les compétences des diplômés. Le caractère trans- et méta-disciplinaire de la formation peut constituer un frein car il introduit « *une dispersion apparente (...) dans un curriculum vitae* » (Prud'homme et Gingras, 2005), dans un monde professionnel où les profils de postes sont encore aujourd'hui souvent disciplinaires.

6.2.2. Consolider les partenariats

La formation s'appuie sur une forte implication d'acteurs du monde socio-économique, en particulier l'Anses et l'Ineris très engagés chacun dans l'organisation d'une UE du tronc commun. Il est donc primordial de pérenniser ces 2 partenariats ; la signature de conventions est en ce sens une étape essentielle. Le socle des organismes pourvoyeurs des sujets de projets d'ingénieur ou de stages s'élargit au fil des années et de la constitution du réseau des Alumni.

7. Conclusion

La conception d'une nouvelle formation a été le fruit d'un long travail de réflexion et co-construction collective. Le soutien institutionnel a permis d'asseoir la légitimité d'un groupe de travail à porter cette réflexion et à solliciter des acteurs du monde socio-économique pour enrichir les points de vue et contribuer à cette formation. La dominante Métatox est originale

par son approche holistique ancrée sur le concret. Ses diplômés contribuent à relever les défis liés à la santé environnementale dans divers secteurs d'activité.

Références bibliographiques

- Blanchard-Laville, C. (2000). De la co-disciplinarité en sciences de l'éducation. *Revue française de pédagogie*, 132, 55-66.
- Buntain, B., Allen-Scott, L., North, M., Rock, M. et Harfield, J. (2020). Favoriser un environnement universitaire propice à One Health. Dans Zinnstag, J., Schelling, E., Waltner-Toews, D., Whittaker, M.A. et Tanner, M. (coord.), *One Health, une seule santé. Théorie et pratique des approches intégrées de la santé* (p. 453-472). Quae éditions.
- Camel, V. et Fargue-Lelièvre, A. (2009). Analyse de pratiques interdisciplinaires dans l'enseignement supérieur. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, 25(2), 2-15.
- Forbat, J. (2014). De la spécificité du concept de santé environnementale vis-à-vis du développement durable. *Développement durable et territoires*, 5(2), 1-20.
- Gondran, N. et Kammen, D.M. (2004). De la pluridisciplinarité pour des ingénieurs généralistes vers une interdisciplinarité à la mesure d'ingénieurs éco-citoyens. *Didaskalia*, 24, 65-80.
- Létourneau, A. (2008). La transdisciplinarité considérée en général et en sciences de l'environnement. [*VertigO*] *La revue électronique en sciences de l'environnement*, 8(2), 1-9.
- Lévi, Y. (2020). Les considérables progrès de la santé environnementale. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*, 204, 1061-1068.
- Nicolescu, B. (2011). De l'interdisciplinarité à la transdisciplinarité : fondation méthodologique du dialogue entre les sciences humaines et les sciences exactes. *Nouvelles perspectives en sciences sociales*, 7(1), 89-103.
- Parodi, A.L. (2018). Une seule santé «One World, One Health» : la place des vétérinaires. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, 171(1) 9-13.
- Pellaud, F. et Giordan, A. (2004). Une étude de conceptions en liaison avec les savoirs complexes : le cas du développement durable. *Didaskalia*, 24, 9-28.
- Prud'homme, J. et Gingras, Y. (2015). Les collaborations interdisciplinaires : raisons et obstacles. *Actes de la recherche en sciences sociales*, 210, 40-49.
- Toutut-Picard, E. et Josso, S. Rapport n°3701 fait au nom de la Commission d'enquête sur l'évaluation des politiques publiques de santé environnementales. Assemblée Nationale. Décembre 2020. Tome 1. 273 pages.