



HAL
open science

CHIMACTIV pour se former à l'analyse chimique

Valérie Camel, Marie-Noelle M.-N. Maillard, Mathieu Cladière, Gêrôme Fitoussi, Jonathan Piard, Cécile Dumas, Emilie Brun, Isabelle Billault, Cécile Sicard-Roselli

► **To cite this version:**

Valérie Camel, Marie-Noelle M.-N. Maillard, Mathieu Cladière, Gêrôme Fitoussi, Jonathan Piard, et al.. CHIMACTIV pour se former à l'analyse chimique. Le Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie, 2020, février 2020 (448), pp.31-36. hal-03164309

HAL Id: hal-03164309

<https://hal.science/hal-03164309v1>

Submitted on 9 May 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CHIMACTIV pour se former à l'analyse chimique

par Valérie CAMEL, Marie-Noëlle MAILLARD, Mathieu CLADIÈRE, Gêrôme FITOUSSI

Université Paris-Saclay, AgroParisTech – 91300 Massy

valerie.camel@agroparistech.fr

marie-noelle.maillard@agroparistech.fr

mathieu.cladiere@agroparistech.fr

gerome.fitoussi@agroparistech.fr

Jonathan PIARD, Cécile DUMAS

Université Paris-Saclay, ENS Paris-Saclay - 94230 Cachan

jonathan.piard@ens-paris-saclay.fr

cecile.dumas@ens-paris-saclay.fr

et Emilie BRUN, Isabelle BILLAULT, Cécile SICARD-ROSELLI

Université Paris-Saclay, Université Paris-Sud - 91404 Orsay

emilie.brun@u-psud.fr

isabelle.billault@u-psud.fr

cecile.sicard@u-psud.fr

Le site CHIMACTIV (<http://chimactiv.agroparistech.fr/>) offre des ressources pédagogiques numériques libres d'accès dans le domaine de l'analyse chimique. Il répond à une préoccupation pédagogique : optimiser le temps d'apprentissage en présentiel (notamment en séances expérimentales) et enrichir les interactions apprenants-enseignants. Organisé en 5 thèmes et 30 fiches, toutes en version bilingue français / anglais, CHIMACTIV offre une grande diversité de ressources numériques (contenus théoriques, schémas animés, vidéos courtes, exercices, quiz, etc.), adaptables au support de lecture (ordinateur, tablette, smartphone). Selon leur intention pédagogique, les enseignants peuvent orienter les élèves vers les ressources à consulter avant, pendant ou après des séances de cours, TD ou TP, afin de réviser des prérequis, acquérir de nouvelles connaissances ou interpréter des résultats. Ces ressources sont également utiles pour des stagiaires en laboratoire de recherche ainsi que des professionnels évoluant dans un secteur lié à l'analyse chimique.

1. Problématique initiale

L'apprentissage expérimental est important, voire incontournable, en chimie. Il permet tout d'abord d'acquérir des gestes opératoires pour l'expérimentation en laboratoire et d'appréhender le fonctionnement de différents appareillages et instruments. Il autorise aussi la production de données et l'estimation des erreurs expérimentales, donnant un sens concret aux principes de métrologie et de bonnes pratiques en laboratoire. Enfin, la démarche expérimentale offre l'opportunité de former les apprenants à la planification et la gestion de projet.

Pourtant, les enseignants en chimie doivent souvent composer avec un temps dévolu aux séances expérimentales de plus en plus restreint dans les emplois du temps des formations (qu'il s'agisse de travaux pratiques ou de travaux par projet), ce qui oblige à gagner en efficacité dans ces séances pour atteindre les mêmes objectifs d'apprentissage. Dans le même temps, les enseignants doivent proposer des modalités pédagogiques adaptées à un public d'apprenants de plus en plus hétérogène compte tenu des passerelles développées entre les différents cursus de formation et de l'internationalisation des formations.

Le site CHIMACTIV est né de ce constat et du sentiment, partagé par les enseignants mobilisés dans ce projet, que les situations d'apprentissage dévolues aux quelques séances expérimentales disponibles dans les emplois du temps se cantonnent le plus souvent à de faibles niveaux cognitifs (ex : imitation, reproduction). L'utilisation de ressources numériques interactives en complément de séances expérimentales a donc été proposée comme une modalité possible, et potentiellement attractive pour des apprenants issus des jeunes générations (*digital natives*), pour réinvestir le temps de travail expérimental encadré et le consacrer effectivement à l'acquisition de compétences et à la réflexion scientifique. Le numérique a donc été pensé comme un vecteur de ressources pédagogiques adaptées en complément de séances expérimentales, avec différents objectifs : optimiser le temps en présentiel, gérer l'hétérogénéité des étudiants et offrir des formes d'apprentissages différenciées/variations aux apprenants [1].

2. Un site unique et innovant

Le site CHIMACTIV est unique, en ce qu'il n'existe aucun autre site dans le monde offrant un contenu aussi étoffé en ressources pédagogiques numériques dans le domaine de l'analyse chimique. Il couvre en effet un champ très large dans le domaine de la chimie analytique, allant des notions de base jusqu'à des apports méthodologiques avec des applications concrètes comme illustré dans la **figure 1**.



Figure 1 – Illustration du champ couvert par les contenus offerts par le site.

2.1. Plusieurs niveaux de complexité abordés

Les ressources présentent des niveaux de complexité graduels, ce qui permet une consultation adaptable selon les acquis de l'apprenant et ses objectifs d'apprentissage visés. Il existe donc une grande diversité d'usages et d'utilisateurs, comme initialement imaginé dans la conception du site. Ainsi, outre son utilisation en formation initiale, CHIMACTIV est un site exploitable tout au long de la vie, par des professionnels désireux de se former sur un point précis relatif à l'analyse chimique. Pour ce faire, l'architecture du site a été conçue de manière à permettre son évolution et l'intégration de nouveaux contenus selon les besoins. Il est notamment prévu d'implémenter prochainement le site par quelques propositions de scénarios pédagogiques afin de faciliter son intégration dans les enseignements.

2.2. Une grande diversité de contenus

De plus, CHIMACTIV offre une grande variété de contenus (texte, images, vidéos courtes, schémas animés ou interactifs, jeux) (cf. **figure 2**), certains directement téléchargeables (diaporamas ou retranscriptions de vidéos). Il propose également des outils d'auto-évaluation (quiz et exercices), favorisant un apprentissage diversifié et ludique par les apprenants et facilitant l'auto-formation.

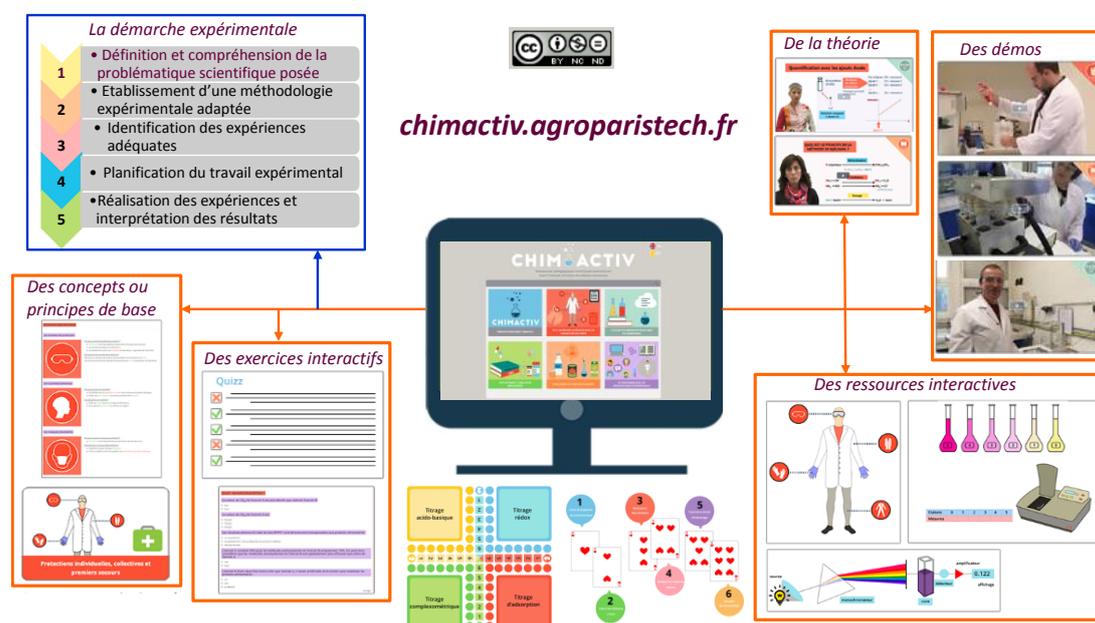


Figure 2 – Une grande diversité de ressources pédagogiques sur le site.

2.3. Des ressources accessibles par tous et consultables sur tout support de lecture

Le site CHIMACTIV est innovant par plusieurs aspects. Il est ouvert à tous en accès libre (sous licence *Creative Commons*), sans avoir besoin de créer un compte, afin d'en faire bénéficier toute la communauté enseignante et apprenante. Il offre donc une grande liberté de consultation, la seule contrainte étant de disposer d'un débit internet suffisant pour consulter certaines ressources (ex : vidéos). Une particularité des ressources est leur caractère adaptable au support de consultation : ainsi, l'interactivité des vidéos et animations est conservée sur ordinateur, tablette et smartphone, ce qui permet la consultation du site par tous. Enfin, un point fort du site réside dans la facilité de navigation et l'attractivité du graphisme (voir **annexe 1**), suscitant l'intérêt et l'envie de consulter les ressources numériques une fois connecté.

3. Le contenu du site

CHIMACTIV offre aujourd'hui 30 fiches numériques, toutes consultables en version bilingue français/anglais. Celles-ci sont réparties en cinq grands thèmes, directement accessibles via la page d'accueil du site : la sécurité dans un laboratoire de chimie, le B.A.BA des manipulations, l'analyse de médicaments, l'analyse d'aliments, et la familiarisation avec les méthodologies expérimentales. Un thème dédié à la présentation du site, de sa genèse et de son contenu est également proposé : il a vocation à être prochainement enrichi de propositions de scénarios pédagogiques pour faciliter l'intégration du site dans les enseignements.

3.1. La sécurité dans un laboratoire de chimie

Le thème sur la sécurité contient deux fiches qu'il est utile pour les étudiants de consulter en amont de séances expérimentales, et ce quel que soit leur niveau d'étude. En effet la première fiche détaille les différentes options pour se protéger (ex : port de blouse et de lunettes de protection) et protéger les autres (ex : organisation du plan de travail, rangement dans la salle) ; plusieurs recommandations en cas d'incidents sont également données, ainsi que des renseignements sur les appareils de secours (ex : types d'extincteurs). Deux vidéos courtes permettent de donner à voir concrètement les bons comportements à adopter dans un laboratoire de chimie. La seconde fiche de ce thème concerne la manipulation de produits chimiques à risque : elle précise les pictogrammes de danger, la typologie des produits classiquement présents dans un laboratoire de chimie (solvants organiques, produits réactifs, toxiques, acides et bases) et les conditions de stockage préconisées. Cette fiche traite également du devenir au sein du laboratoire des déchets liquides et solides ; pour chaque type de déchets, un arbre de décision est proposé pour orienter vers la bonne option de gestion.

3.2. Les manipulations de base

Le thème sur le B.A.BA des manipulations est très étoffé puisqu'il offre 15 fiches. Certaines sont axées matériel ou manipulations de base (ex : choix de la verrerie, réalisation d'une dilution), avec dans certains cas des vidéos courtes à l'appui pour permettre de visualiser la réalisation de certaines opérations. D'autres fiches sont orientées instruments ou techniques (ex : fluorescence, HPLC) ; dans ce cas, après une présentation plus ou moins détaillée de la théorie et des principes scientifiques sous-jacents, la partie appareillage est illustrée (photos, schémas) et documentée. Dans certaines fiches (spectroscopie vibrationnelle et résonance magnétique nucléaire), le volet analyse de données et interprétation de spectres est également explicité. Il s'agit donc du thème le plus polyvalent du site, avec des ressources consultables par des apprenants de tous niveaux. Une proposition des niveaux d'étude concernés par chacune des 15 fiches est illustrée sur la **figure 3**. Il s'agit là d'une indication, les niveaux concernés par chacune des fiches étant fonction du type de formation (initiale ou continue / généraliste ou spécialisée en chimie), des acquis des apprenants et de l'intention pédagogique de l'enseignant.

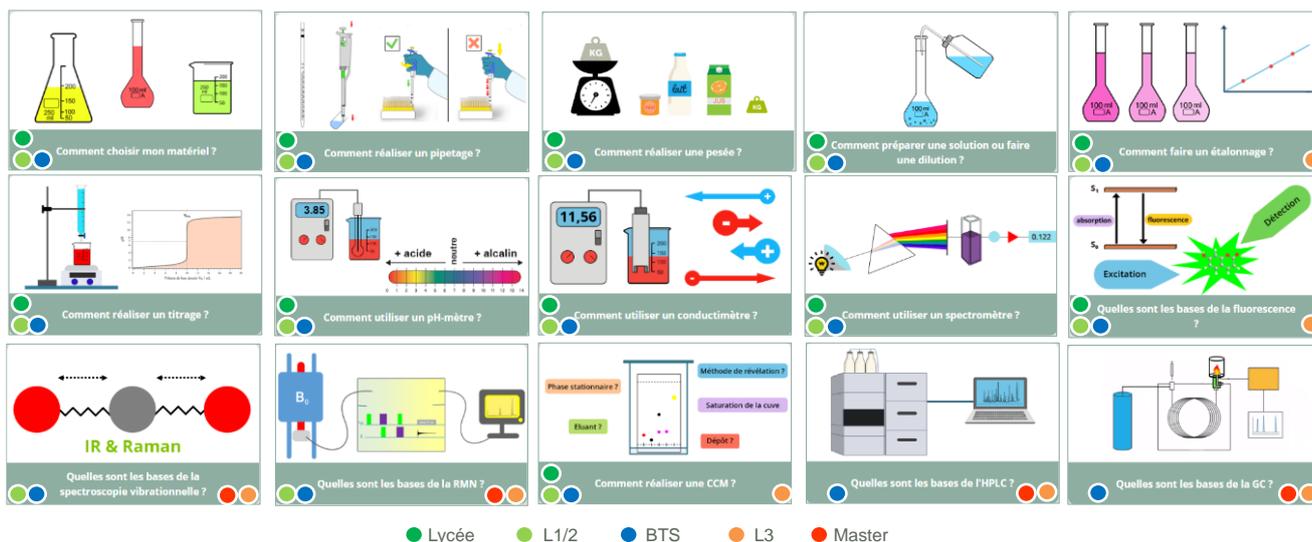


Figure 3 – Les fiches du thème B.A.BA et les niveaux d'étude potentiellement concernés.

3.3. L'analyse d'aliments

Le thème consacré à l'analyse d'aliments rassemble cinq fiches. Les applications décrites et abondamment illustrées vont de déterminations relativement générales (matière sèche ou matières grasses) à des analyses plus spécifiques (état d'oxydation de la matière grasse, analyse de l'azote Kjeldahl ou mesure d'une activité anti-oxydante). Ce thème propose aussi une fiche très complète sur l'analyse d'une eau de source, dans laquelle sont présentées différentes méthodes et leurs déclinaisons expérimentales pour déterminer plusieurs caractéristiques (dureté, conductivité, titre alcalimétrique) ou mesurer divers paramètres (teneurs en cations, anions, oxygène dissous ou encore indice permanganate).

3.4. L'analyse de médicaments

L'autre thème applicatif concerne l'analyse de médicaments (détermination de substance active dans une forme galénique). Il offre quatre fiches, chacune concernant un dosage bien précis et minutieusement détaillé du point de vue des conditions opératoires. Des vidéos courtes permettent également de visualiser en gros plan le dosage en cours d'exécution.

3.5. Les méthodologies expérimentales

Le dernier thème traite de la familiarisation avec les méthodologies expérimentales. Il comprend quatre fiches. Deux sont plutôt d'ordre méthodologique (gestion d'un projet expérimental encadré, métrologie), tandis que les deux autres sont davantage orientées problématiques applicatives (méthodologie d'analyse de contaminants dans des matrices complexes, ou choix et mise au point d'une méthode d'extraction).

4. L'utilisation de CHIMACTIV en pratique

Le site s'adresse en premier lieu à des enseignants de chimie et à leurs apprenants. L'utilisation des ressources peut se faire en amont de séances en présentiel pour permettre aux élèves de réviser des acquis afin d'être plus opérants en séance, ou de consulter de nouveaux contenus afin de se familiariser avec certains concepts ou instruments qui seront exploités ensuite en présentiel (ce qui permet d'opérer dans un mode de type « classe inversée »). La consultation peut également se faire pendant les séances (grâce à l'interactivité conservée sur smartphones, les laboratoires de travaux pratiques disposant rarement d'ordinateurs ou de tablettes), pour éclaircir ou approfondir certains points. Enfin, la consultation des ressources peut également être faite après des séances, pour favoriser l'assimilation de concepts et procédures abordés avec l'enseignant ou aider l'apprenant à mettre en forme et interpréter des données expérimentales acquises durant les séances de travaux pratiques. En pratique, le site est également utilisé lors de périodes de révision avant des examens, ou dans la phase de rédaction d'un rapport (de travaux pratiques, de projet ou de stage par exemple) (cf. **figure 4**).

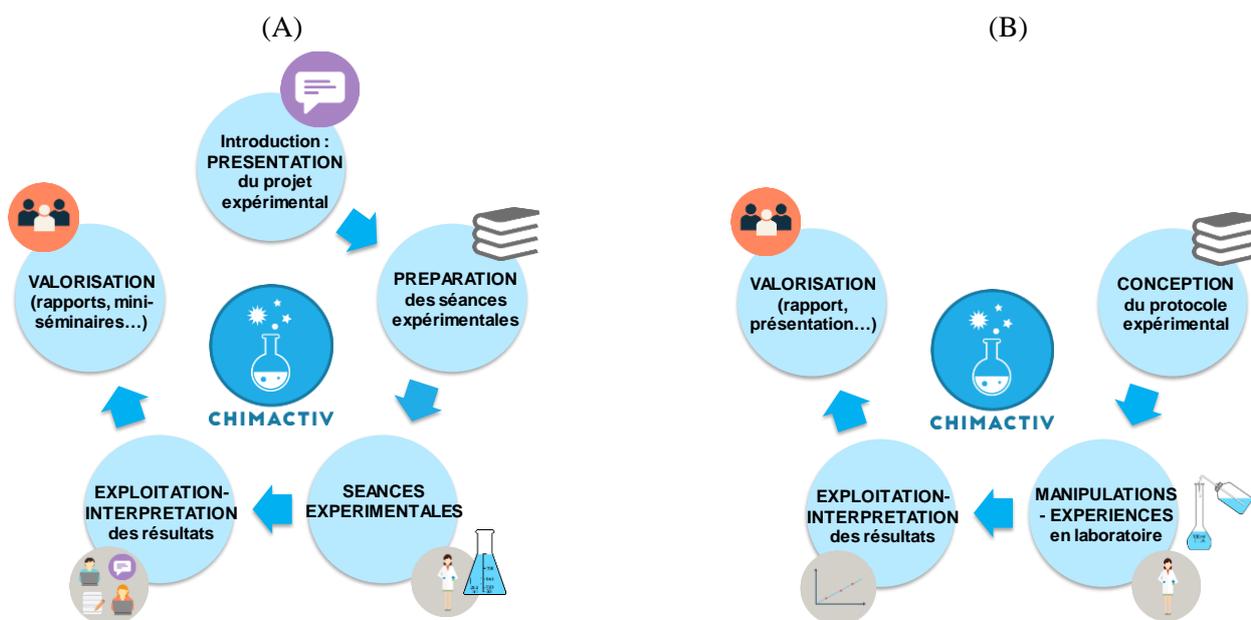


Figure 4 – Exemples de scénarios pédagogiques. (A) Intégration du site dans des enseignements classiques, (B) Utilisation par des étudiants en stage.

Ainsi, grâce à la richesse et la diversité de ses ressources, CHIMACTIV offre une pluralité d’usages possibles. Si un temps d’appropriation du contenu du site est nécessaire par l’enseignant qui veut l’utiliser, celui-ci peut ensuite imaginer différents scénarios pédagogiques pour intégrer ces ressources dans ses enseignements, selon les cursus de formation concernés et les objectifs d’enseignement et d’apprentissage qu’il vise.

Plusieurs usages existent déjà, et l’équipe porteuse du projet dispose aujourd’hui d’un retour d’expériences intéressant dans ce domaine, qu’elle partage volontiers avec d’autres enseignants (notamment par des communications lors de colloques de chimie ou de pédagogie ; l’adresse mail générique chimactiv@agroparistech.fr a également été créée dans ce but). L’élargissement futur à de nouveaux utilisateurs et à d’autres cursus de formation permettra de diversifier la palette de ces usages.

L’intérêt d’enseignants de langues concernés par des cursus scientifiques est également apparu depuis la mise en ligne d’une version bilingue français/anglais. Il s’agit là d’une utilisation que nous n’avions pas imaginée initialement, et qui témoigne de l’attrait suscité par le site CHIMACTIV. Là encore, les utilisations futures permettront de donner des retours d’expériences et de disposer d’exemples d’intégration de ces ressources numériques dans des scénarios pédagogiques.

5. Des utilisateurs séduits et satisfaits

Grâce à un outil de statistiques installé sur le site, nous disposons de données factuelles et temporelles de consultations du site. Nous observons que le nombre de visiteurs est en augmentation régulière depuis l’ouverture du site, avec un total de 5 167 visiteurs uniques atteint en octobre 2019 (voir **annexe 2**). L’implémentation du site en version anglaise a permis d’étendre l’utilisation à des pays non francophones, en particulier en Amérique du Nord. Nous disposons par ailleurs de plusieurs données relatives à la satisfaction des utilisateurs.

5.1. Les retours des étudiants

En premier lieu, nous avons élaboré un questionnaire type à destination des étudiants (en version papier et en ligne), ajusté par chaque enseignant pour s’adapter au contexte de son enseignement. Ce questionnaire permet d’évaluer la satisfaction et le sentiment d’efficacité personnelle (niveaux 1 et 2 de Kirkpatrick¹) ; il est transmis aux apprenants en fin de séquence d’enseignement intégrant CHIMACTIV et garantit l’anonymat des répondants. Pour l’heure, les données afférentes à ce type de questionnaire concernent

¹ Le modèle de Kirkpatrick comporte 4 niveaux d’impact. Le niveau 1 rend compte de la satisfaction des répondants, et le niveau 2 permet d’approcher la plus-value pédagogique (sentiment de gain en compétences ou connaissances des répondants).

uniquement des étudiants des trois établissements pilotes du projet. Il apparaît que, selon les scénarios pédagogiques et l'organisation des enseignements, la consultation des fiches se fait en amont, pendant et/ou après les séances encadrées [1, 2].

Pour une majorité d'étudiants, il s'agit de réviser des connaissances déjà acquises (50 à 80 % selon les fiches consultées) ou d'acquérir de nouvelles compétences (jusqu'à 65 % des étudiants pour certaines fiches). Les apprenants orientent la consultation des ressources numériques en fonction de leur profil et leurs acquis initiaux. La consultation pendant les séances expérimentales se fait prioritairement pour des ressources dédiées aux manipulations à réaliser, notamment pour visionner les vidéos pouvant aider à la réalisation des expériences ou comprendre le principe des méthodes avant de les utiliser. Chez les apprenants enquêtés, le sentiment d'atteinte de leurs objectifs d'apprentissage grâce à l'utilisation de CHIMACTIV est très fort.

5.2. Les retours des enseignants

De leur côté, les enseignants ont pu constater que les apprenants ayant utilisé les ressources en amont des séances s'étaient familiarisés avec les équipements et les protocoles, et avaient ainsi appréhendé les expériences plus rapidement et avec plus de facilité. Les échanges sur les concepts abordés peuvent être davantage approfondis en séance.

5.3. Les réponses au questionnaire en ligne

Depuis avril 2019, nous disposons également d'un questionnaire en ligne sur le site. Ceci nous permet d'accéder à des retours utilisateurs externes à nos établissements, et potentiellement à l'étranger. A ce jour, 228 personnes ont répondu à cette enquête de satisfaction (niveau 1 de Kirkpatrick) ; il s'agit principalement d'enseignants et d'apprenants (du lycée jusqu'en master), mais on note également plusieurs professionnels (cf. **figure 5**), travaillant le plus souvent en contrôle qualité, dans un service R&D ou au sein d'une unité de recherche.

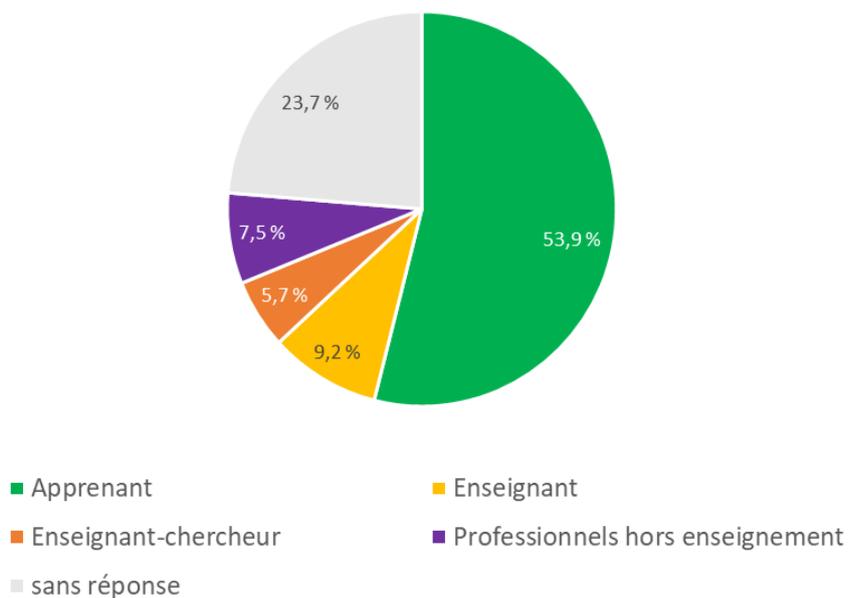


Figure 5 – Profils des 228 répondants au questionnaire mis en ligne sur le site.

Les données confirment une très forte satisfaction après consultation du site (cf. **figure 6**), avec une très grande majorité des répondants qui envisage de l'utiliser à nouveau ultérieurement.

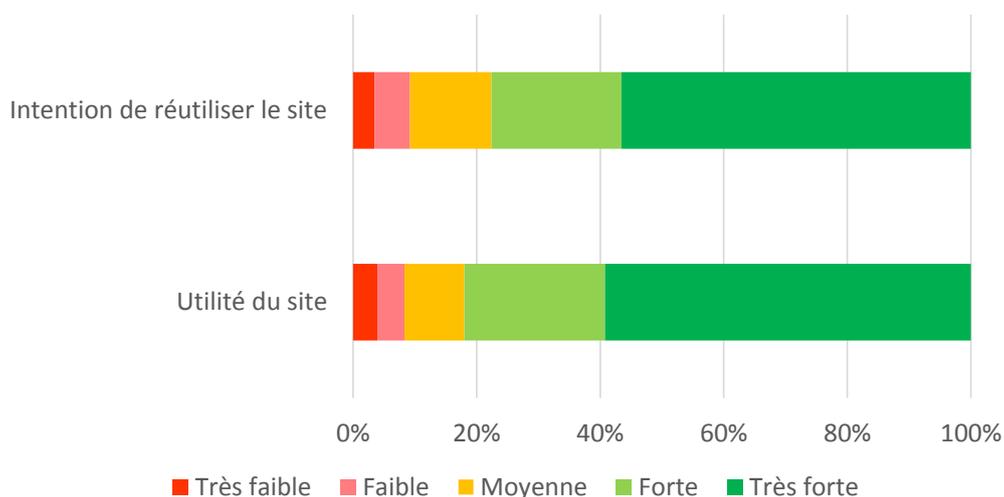


Figure 6 – Utilité perçue du site par les 228 répondants au questionnaire en ligne sur le site.

6. Vers une communauté CHIMACTIV...

La réalisation du site CHIMACTIV a permis de fédérer une équipe plurielle inter-établissements dans la transformation pédagogique [3]. Le caractère innovant et évolutif du site a permis de nourrir la dynamique de l'équipe durant cinq années, et d'essaimer au-delà des enseignants mobilisés.

6.1. Un intérêt marqué de la part des enseignants et d'autres professionnels

Notre retour d'expériences sur la plus-value du site CHIMACTIV pour les apprentissages, l'intérêt manifesté pour le site et son contenu par de nombreux enseignants avec qui nous avons échangé (en particulier lors d'un atelier de prise en main du site proposé aux JIREC 2018, lors de la journée liaison Lycée-Université de l'Université Paris-Sud en mai 2019, et sur le stand CHIMACTIV du 9^{ème} colloque « *De la Recherche à l'Enseignement* » en septembre 2019), et enfin les données d'utilisation et de satisfaction que nous avons recueillies jusqu'à présent, nous confortent dans l'idée qu'une communauté d'utilisateurs CHIMACTIV est en train d'émerger. D'ailleurs, l'intérêt du site CHIMACTIV et son caractère innovant ont été récemment salués par un jury de professionnels présidé par le Directeur Formation et Professionnalisation d'EDF, en lui décernant le trophée *Digital Learning Excellence Awards² 2019* dans la catégorie *Education* (cf. **figure 7**).



Figure 7 – Une partie de l'équipe lors de la remise du trophée DLEA à Paris (photographe : V. Krieger).

² Organisés par le groupe Cegos en partenariat avec le Groupe AEF INFO, les *Digital Learning Excellence Awards (DLEA)* récompensent depuis neuf ans des dispositifs reflétant toute la richesse et la diversité du *digital learning* déployé dans les entreprises et dans le monde de l'éducation.

6.2. Des actions pour pérenniser le site

Nous souhaitons déployer encore cette communauté, tant dans le monde académique que dans le secteur privé, et la faire vivre concrètement en organisant une journée utilisateurs en 2020. Parallèlement, nous nous employons à assurer la pérennisation du site, afin d'être en capacité de faire évoluer son contenu pour l'adapter à de nouveaux utilisateurs et intégrer de nouveaux contenus. Pour cela, nous proposons une offre de sponsoring modulable et adaptable sur la base d'un devis personnalisé (contact : chimactiv@agroparistech.fr), à destination de sociétés savantes ou d'entreprises, pouvant aller de l'apposition du logo sur le site (sur une page spécifique, une fiche, un thème ou dans un futur onglet « Nos sponsors ») à la création d'un lien vers une page web ou un site donné.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de cet article remercient toutes les autres personnes ayant participé à la production des ressources du site CHIMACTIV : Pierre Giampaoli, Luc Eveleigh, Véronique Bosc, Paola Soto (AgroParisTech, Université Paris-Saclay) ; Christie Aroulanda, Jean-François Peyrat, Alain Danan, Nicolas Fouquet, Eric Pivert (Université Paris-Sud, Université Paris-Saclay) ; Natalia Alvarado (infographiste) et Duke Software (développeur web). Ils remercient également l'Université Paris-Saclay pour son soutien financier (financements IDEX accordés lors des appels à projets « *Former par le numérique* » 2014, et « *Initiatives pédagogiques – Transformer* » 2016 & 2018).

BIBLIOGRAPHIE

- [1] V. Camel, J-F. Peyrat *et al.* « Gérer l'hétérogénéité en situation expérimentale grâce au numérique ? », *Actes du 9^{ème} Colloque "Questions de pédagogies dans l'enseignement supérieur"*, p. 161-168, 2017.
- [2] V. Camel, G. Fitoussi *et al.* « CHIMACTIV : un site pédagogique innovant pour favoriser l'apprentissage des étudiants en situation expérimentale », *Colloque PédagoTICE*, 2017. Vidéo : <https://pedagotice.ubicast.tv/permalink/v12587983f20cdrd116k/>
- [3] V. Camel, J. Piard *et al.* « La construction du site pédagogique numérique CHIMACTIV : analyse d'une coopération réussie entre enseignants », *Actes du 10^{ème} Colloque "Questions de pédagogies dans l'enseignement supérieur"*, p. 972-984, 2019.

Annexe 2

Statistiques mensuelles de consultation du site CHIMACTIV (octobre 2019)

5 186 visiteurs depuis l'ouverture du site en décembre 2016, dont 5 167 visiteurs uniques - seulement 18 % des visiteurs ont survolé le site (quitté après consultation d'une seule page).



8 min 13 sec de durée moyenne d'une visite - 16,4 actions en moyenne par visite

62 228 pages vues – 26 498 pages vues uniques

19 589 téléchargements dont 785 téléchargements uniques

Répartition géographique des visiteurs (seuls les pays représentant 1% ou plus sont indiqués) :

France : 55,8 %	USA : 6,4 %	Chine : 2,5 %	Belgique : 2,4 %
Maroc : 2 %	Royaume-Uni : 1,7 %	Algérie : 1,6 %	Grèce : 1,5 %
Tunisie : 1,2 %	Canada : 1,1 %		



Valérie CAMEL
Enseignant-Chercheur
Université Paris-Saclay, AgroParisTech
Paris



Marie-Noëlle MAILLARD
Enseignant-Chercheur
Université Paris-Saclay, AgroParisTech
Massy



Mathieu CLADIÈRE
Enseignant-Chercheur
Université Paris-Saclay, AgroParisTech
Paris



Gêrôme FITOUSSI
Ingénieur audio-visuel
Université Paris-Saclay, AgroParisTech
Paris



Jonathan PIARD
Professeur agrégé
Université Paris-Saclay, ENS Paris-Saclay
Gif-sur-Yvette



Cécile DUMAS
Professeure agrégée
Université Paris-Saclay, ENS Paris-Saclay
Gif-sur-Yvette



Emilie BRUN
Enseignant-Chercheur
Université Paris-Saclay
Orsay



Isabelle BILLAULT
Enseignant-Chercheur
Université Paris-Saclay
Orsay



Cécile SICARD-ROSELLI

Enseignant-Chercheur

Université Paris-Saclay

Orsay