



TEDS* en Master Chimie: Comment développer une articulation étroite avec la recherche ?

* Transition Ecologique et Développement Durable

Valérie Bénéteau – MCF

Stefan Chassaing – PU

Faculté de Chimie – Université de Strasbourg

Le contexte

Master Chimie de Strasbourg: 130 étudiants en M1
140 étudiants en M2
10 parcours (dont **Chimie Verte** depuis 2003)



Une formation à et *par la recherche*: TP / stages et projets tuteurés / enseignements dispensés par chercheurs CNRS.

80 équipes de recherche locales accueillent les étudiants en stage.

Une offre de formation spécialisée en sciences chimiques principalement destinée à une poursuite en doctorat et vers les métiers de la recherche académique et industrielle.

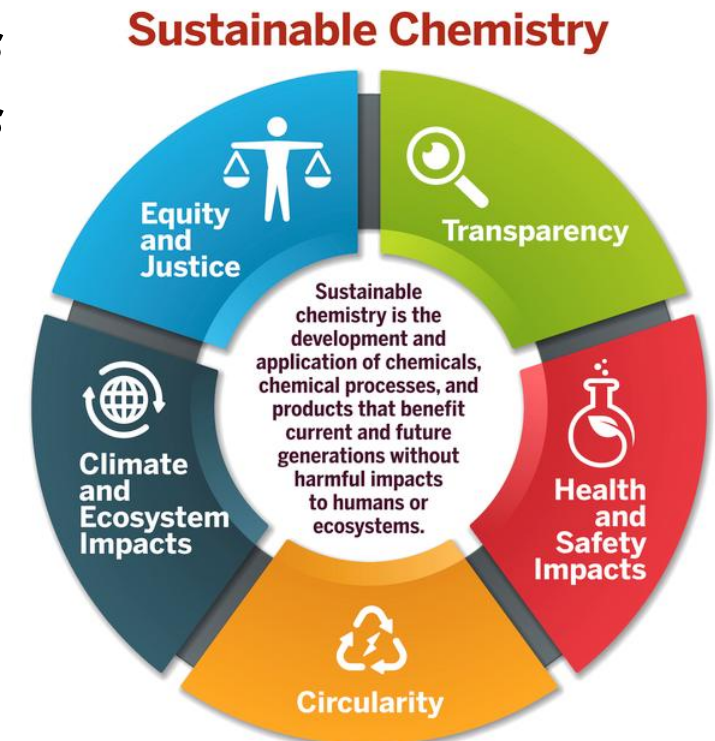
Les enjeux

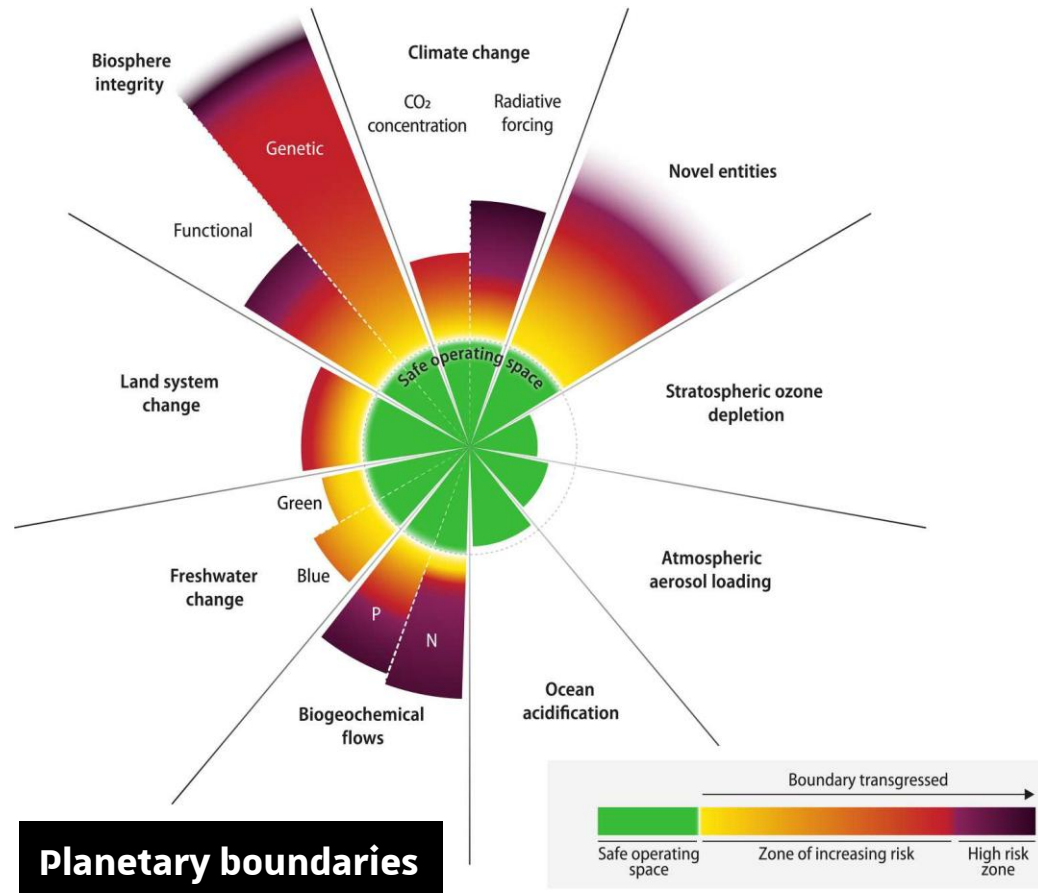
- **Cadrage des tutelles** (Ministère, Université) visant à inclure des enseignements liés à la TEDS dans les cursus de formation.
- **Les étudiants sont en quête de sens** par rapport à leur discipline d'études et futures missions professionnelles
- ***Peut-on désormais conduire des projets de recherche sans considérer les possibles impacts environnementaux / sociétaux des applications qui pourraient en découler ?***

Les enjeux

- **Cadrage des tutelles** (Ministère, Université) visant à inclure des enseignements liés à la TEDS dans les cursus de formation.
- **Les étudiants sont en quête de sens** par rapport à leur discipline d'études et futures missions professionnelles
- *Peut-on désormais conduire des projets de recherche sans considérer les possibles impacts environnementaux / sociétaux des applications qui pourraient en découler ?*

Nécessité de sensibiliser les étudiants à notre responsabilité collective en tant que (futurs) professionnels de la chimie à innover dans le cadre de la chimie soutenable.





Module introductif au 1^{er} semestre du M1:
Challenges of sustainable chemistry

Challenges of sustainable chemistry

Quoi ? Module obligatoire (3 ects) en langue anglaise.

Qui ? **90-100 étudiants de M1** inscrits dans des parcours de *chimie moléculaire et supramoléculaire, chimie physique et matériaux, chémoinformatique, chimie-biologie, chimie verte et sciences analytiques*.

1 responsable d'UE référent + 20-25 tuteurs enseignants-chercheurs ou chercheurs.

Challenges of sustainable chemistry

Quoi ? Module obligatoire (3 ects) en langue anglaise.

Qui ? **90-100 étudiants de M1** inscrits dans des parcours de *chimie moléculaire et supramoléculaire, chimie physique et matériaux, chémoinformatique, chimie-biologie, chimie verte et sciences analytiques*.

1 responsable d'UE référent + 20-25 tuteurs enseignants-chercheurs ou chercheurs.

Quand ? Septembre à janvier (S1)

Modalités ?

- ♦ **Cours magistral** (4h, en anglais) sur les limites planétaires et le rôle que peut jouer la chimie dans la transition écologique.
- ♦ **Travail bibliographique en groupes** auto-constitués (4 étudiants) en autonomie partielle sur un *sujet reliant sciences chimiques et TEDS* : problématique dans le cadre de la transition, état de l'art, défis scientifiques, intérêt global et mise en perspective. Cours Moodle pour ressources, informations et phasage.

Challenges of sustainable chemistry

Les **problématiques** sont choisies et définies par les étudiants dans le cadre de 3 défis liés à la transition écologique : ***atténuation***, ***adaptation*** et/ou ***innovation en conscience***.

Exemples (sujets 2025-2026):

- ♦ What are the scientific and industrial challenges to make green hydrogen competitive ?
- ♦ How can microorganisms be useful to recycle plastics ?
- ♦ How can we reduce PFAS pollution and transition to safer and sustainable alternatives ?
- ♦ Biofuels : future fuels or ecological and ethical mirage ?
- ♦ Can the Haber-Bosch process be reinvented to meet global food demand while remaining within planetary boundaries ?
- ♦ How can CO₂ electrolysis transform a greenhouse gas into valuable chemical feedstock ?



Challenges of sustainable chemistry

Les **problématiques** sont choisies et définies par les étudiants dans le cadre de 3 défis liés à la transition écologique : **atténuation**, **adaptation** et/ou **innovation en conscience**.

Exemples (sujets 2025-2026):

- ♦ What are the scientific and industrial challenges to make green hydrogen competitive ?
- ♦ How can microorganisms be useful to recycle plastics ?
- ♦ How can we reduce PFAS pollution and transition to safer and sustainable alternatives ?
- ♦ Biofuels : future fuels or ecological and ethical mirage ?
- ♦ Can the Haber-Bosch process be reinvented to meet global food demand while remaining within planetary boundaries ?
- ♦ How can CO₂ electrolysis transform a greenhouse gas into valuable chemical feedstock ?



Cahier des charges: **investir et développer ses connaissances en chimie** à un niveau de début de master (bibliographie extraite d'articles scientifiques). **S'appuyer sur la complémentarité** des parcours de formation. Consulter des **ACV** et **données économiques**.

Challenges of sustainable chemistry

ACCOMPAGNER
LES ETUDIANTS...

... à mettre en place une
méthodologie de recherche de
données fiable et pertinente

... à préciser la **problématique**
et ses contours

... à maîtriser les **aspects**
scientifiques inhérents à la
problématique

... à mettre le sujet en
perspective et activer **leur**
esprit critique

Rôle-clé des tuteurs
académiques



Challenges of sustainable chemistry

ACCOMPAGNER
LES ETUDIANTS...

... à mettre en place une
méthodologie de recherche de
données fiable et pertinente

... à préciser la **problématique**
et ses contours

Evaluer le **rapport écrit** d'un
groupe d'étudiants

ÉVALUER LES
COMPETENCES

Participer aux **jurys des oraux**

Rôle-clé des tuteurs
académiques

... à maîtriser les **aspects**
scientifiques inhérents à la
problématique

... à mettre le sujet en
perspective et activer **leur**
esprit critique

Noter la **qualité des échanges**
avec le groupe d'étudiants suivi



Challenges of sustainable chemistry

Compétences travaillées:

Linguistiques: utiliser la langue anglaise à l'écrit et à l'oral.

Disciplinaires: maîtriser les concepts scientifiques abordés (**chimie** et disciplines connexes liées à la transition écologique).

Méthodologiques: procéder à l'état de l'art d'une problématique, rédiger un rapport scientifique, préparer une soutenance orale.

Transverses: comprendre une démarche scientifique, contribuer à un travail collaboratif, faire preuve d'esprit de synthèse et d'esprit critique.

Challenges of sustainable chemistry

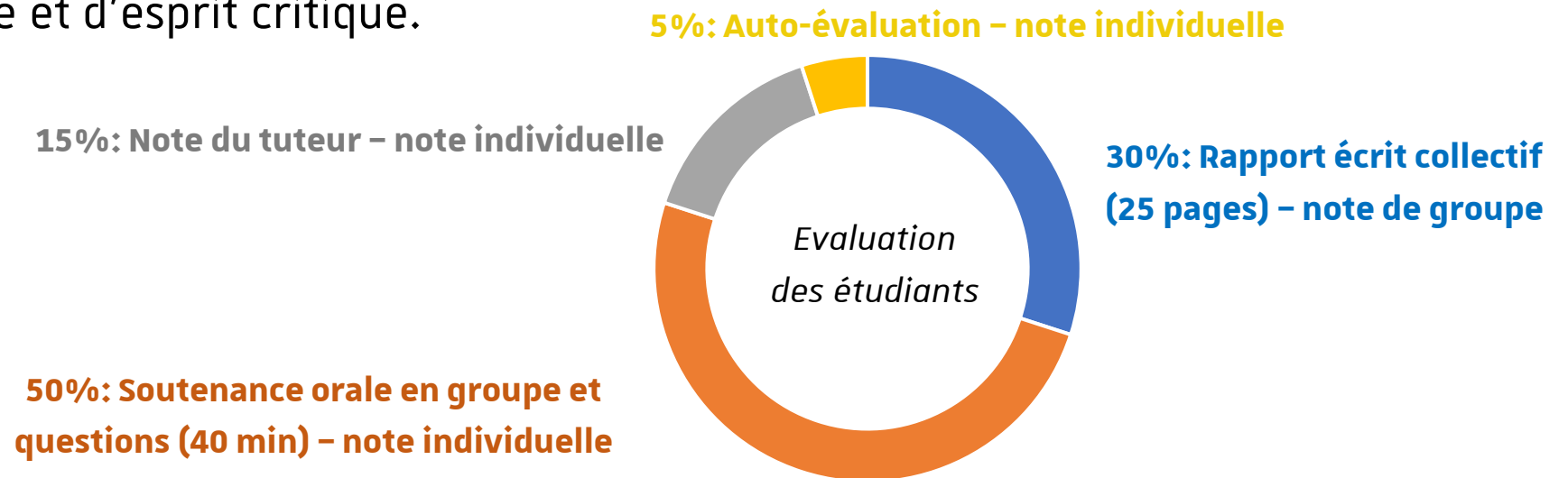
Compétences travaillées:

Linguistiques: utiliser la langue anglaise à l'écrit et à l'oral.

Disciplinaires: maîtriser les concepts scientifiques abordés (**chimie** et disciplines connexes liées à la transition écologique).

Méthodologiques: procéder à l'état de l'art d'une problématique, rédiger un rapport scientifique, préparer une soutenance orale.

Transverses: comprendre une démarche scientifique, contribuer à un travail collaboratif, faire preuve d'esprit de synthèse et d'esprit critique.



Challenges of sustainable chemistry

Quel bilan après 2 années de fonctionnement ?

Ce qui a bien marché:

- ✓ Globalement: implication des étudiants
- ✓ Diversité des sujets
- ✓ Stratégie gagnant/gagnant étudiant/chercheur

Challenges of sustainable chemistry

Quel bilan après 2 années de fonctionnement ?

Ce qui a bien marché:

- ✓ Globalement: implication des étudiants
- ✓ Diversité des sujets
- ✓ Stratégie gagnant/gagnant étudiant/chercheur

Points de vigilance pour l'équipe pédagogique:

- ✓ Recours à l'IAg
- ✓ S'assurer que les chercheurs CNRS adoptent des critères de notation communs et uniformes

Challenges of sustainable chemistry

Quel bilan après 2 années de fonctionnement ?

Ce qui a bien marché:

- ✓ Globalement: implication des étudiants
- ✓ Diversité des sujets
- ✓ Stratégie gagnant/gagnant étudiant/chercheur

Ce qui a moins bien marché:

- ✓ Dissensions au sein du groupe de travail parfois (action correctrice: rôle du tuteur)
- ✓ Mauvaise perception de la réussite à l'oral (action correctrice: retour du jury)
- ✓ Note d'auto-évaluation (entre 12 et 20/20)

Points de vigilance pour l'équipe pédagogique:

- ✓ Recours à l'IAg
- ✓ S'assurer que les chercheurs CNRS adoptent des critères de notation communs et uniformes



Micro-onde



Biocatalyse



Electrosynthèse

Module expérimental au 1^{er} semestre du M1 et M2
parcours de chimie moléculaire:
Technologies Innovantes Pour l'enseignement
EXpérimental de la chimie (TIPEX)



Photochimie



Mécanochimie



TIPEX

Quoi ? Modules de chimie expérimentale en mode projet

Qui ? **60 étudiants de M1** inscrits dans des parcours de *chimie moléculaire*

15 étudiants de M2 du parcours Chimie Verte

Equipe pédagogique enseignants-chercheurs / chercheurs académiques et industriels

TIPEX

Quoi ? Modules de chimie expérimentale en mode projet

Qui ? **60 étudiants de M1** inscrits dans des parcours de *chimie moléculaire*

15 étudiants de M2 du parcours Chimie Verte

Equipe pédagogique enseignants-chercheurs / chercheurs académiques et industriels

Modalités ?

- ♦ Sur 1-2 semaines en continu (40 à 80h en labo de TP), en groupes de 4-5 étudiants : Conduite d'un travail expérimental de recherche portant sur l'utilisation de **technologies alternatives émergentes en synthèse chimique** (électrochimie, mécanochimie, chimie en flux, micro-onde, photochimie)

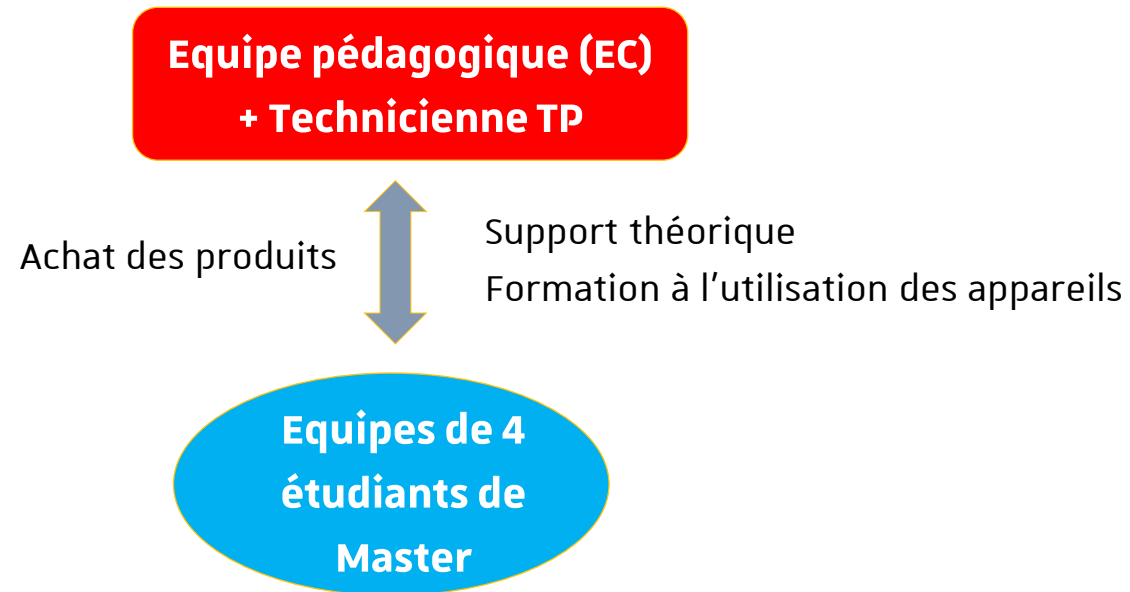


À la découverte de nouvelles réactivités / sélectivités (potentiel d'innovation important), **process plus sobres en solvants / matière.**

- ♦ Les sujets d'étude sont confiés par des chercheurs académiques ou industriels experts du domaine

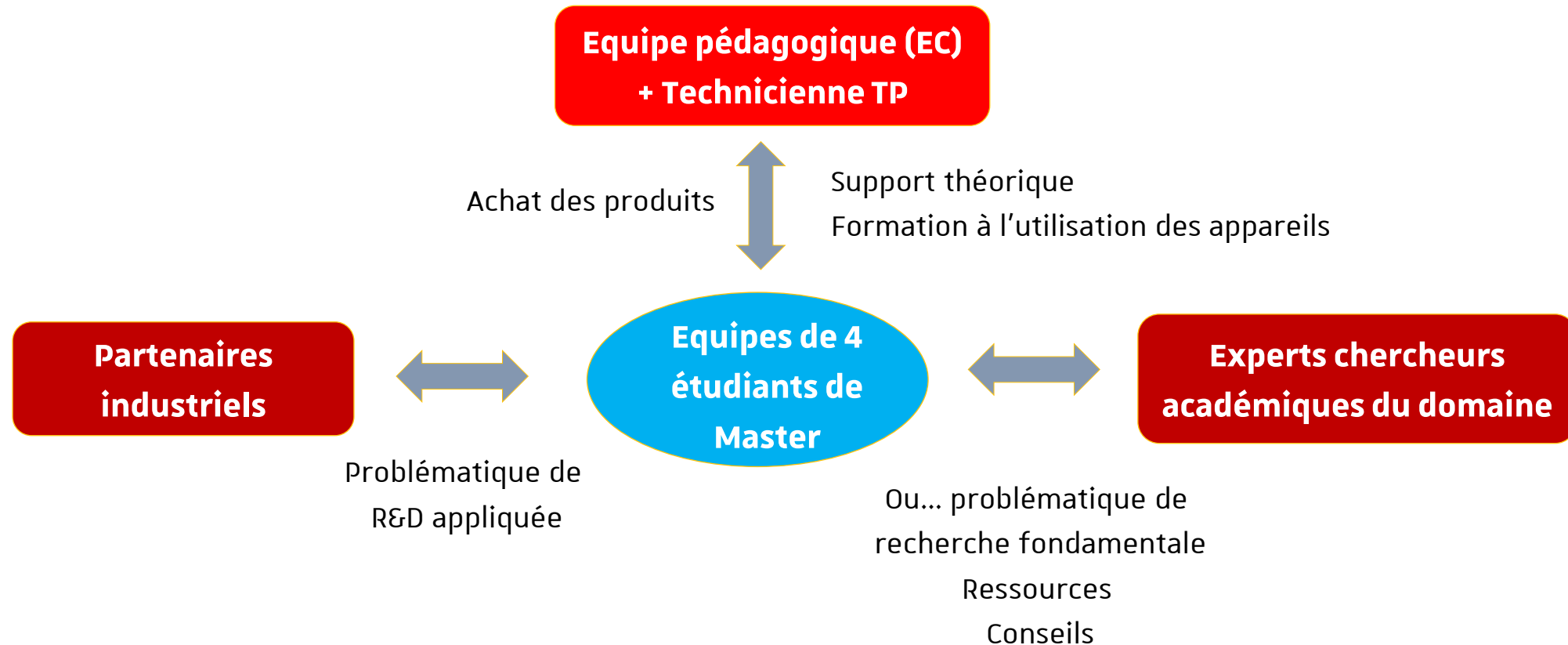
TIPEX

Une pédagogie dans laquelle l'étudiant est ACTEUR de son apprentissage...



TIPEX

Une pédagogie dans laquelle l'étudiant est ACTEUR de son apprentissage...



TIPEX

Objectif scientifique et pédagogique: Choisir, mettre en œuvre et comparer la performance (efficacité et adéquation aux principes de chimie verte) de technologies nouvelles en synthèse organique dans le cadre d'un objectif spécifique.

TIPEX

Objectif scientifique et pédagogique: Choisir, mettre en œuvre et comparer la performance (efficacité et adéquation aux principes de chimie verte) de technologies nouvelles en synthèse organique dans le cadre d'un objectif spécifique.

Exemples de sujets proposés:

- ♦ *électro-oxydation d'amines - référents Laurence GRIMAUD & Maxime VITALE (ENS Paris)*
- ♦ *synthèse et évaluation de groupements protecteurs photolabiles - référent Alexandre SPECHT (Université de STRASBOURG)*
- ♦ *synthèse multi-étapes de fluorophores proche infra-rouge pour l'imagerie biologique - référent Mourad EL HABIRI (Université de Strasbourg)*
- ♦ *désoxygénation enzymatique pour des couplages au palladium dans l'eau - référent Michael PARMENTIER (NOVARTIS, Bâle, SUISSE)*

TIPEX



Planning opérationnel pour les étudiants:

- ✓ *Définition d'une problématique expérimentale en lien avec les partenaires industriels et/ou académiques.*
- ✓ *Etat de l'art du domaine et sélection d'un programme d'expériences à mener.*
- ✓ *Mise en œuvre des expériences en salle de TP (1-2 semaines).*
- ✓ *Interactions (visio) avec les commanditaires du projet et/ou les experts académiques du domaine.*
- ✓ *Bilan et conclusion des expériences.*
- ✓ *Rédaction compte-rendu / présentation orale.*





TIPEX

Compétences disciplinaires développées:

- ✓ *Mettre en œuvre* des technologies nouvelles et utiliser des appareils de laboratoire à la pointe de l'innovation.
- ✓ *Analyser* diverses ressources spécialisées pour synthétiser des données en vue de leur exploitation.
- ✓ *Identifier* les expériences à conduire dans le cadre d'un projet de R&D.
- ✓ *Rendre compte* à l'écrit et à l'oral d'une démarche scientifique expérimentale.





TIPEX



Compétences disciplinaires développées:

- ✓ *Mettre en œuvre* des technologies nouvelles et utiliser des appareils de laboratoire à la pointe de l'innovation.
- ✓ *Analyser* diverses ressources spécialisées pour synthétiser des données en vue de leur exploitation.
- ✓ *Identifier* les expériences à conduire dans le cadre d'un projet de R&D.
- ✓ *Rendre compte* à l'écrit et à l'oral d'une démarche scientifique expérimentale.

Compétences professionnalisantes et soft skills:

- ✓ *Appliquer* une méthodologie de conduite de projet (objectifs, activités, dépendances, échéances) dans un cadre collaboratif.
- ✓ *Savoir argumenter* et s'appuyer sur son expertise dans une discussion entre pairs.
- ✓ *Construire* des compétences en leadership pour guider et motiver une équipe projet.

TIPEX

A collage of laboratory equipment, including a fume hood, a balance scale, and various glassware, serving as a background for the event information.

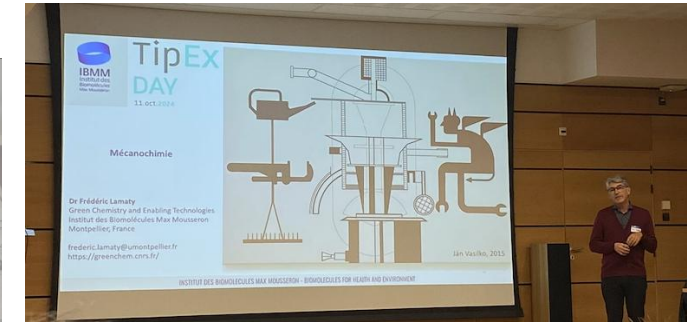
Université de Strasbourg

Faculté de chimie
Université de Strasbourg

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
Liberté
Égalité
Fraternité

TipEx DAY

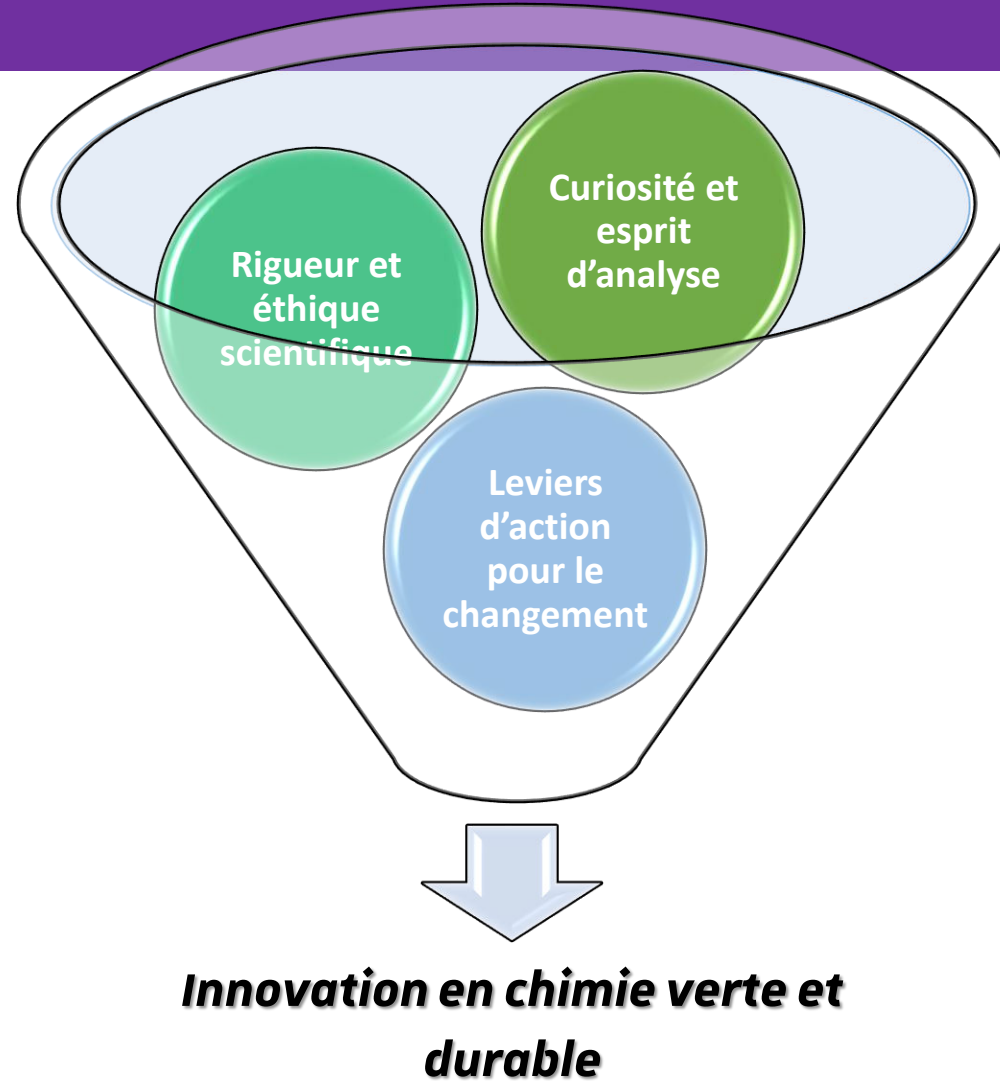
11 octobre 2024 – Institut de science et d'ingénierie supramoléculaire (ISIS) – Strasbourg



Journée scientifique gratuite sur inscription, ayant réuni 118 (enseignants-)chercheurs, doctorants, **étudiants de Master**, industriels.

5 conférences de spécialistes, partage d'expérience de 4 jeunes chercheurs locaux, table ronde dédiée aux « nouvelles compétences en synthèse organique », **séance poster**.

Capitaliser sur l'ADN des acteurs de la recherche pour former les professionnels de demain...





Rachel SCHURHAMMER et Stefan CHASSAING



AMI Structuration 2021



**MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

AMI Emergences 2021



Les étudiants, collègues
Et vous pour votre attention !