

## UE : Les enjeux de la décarbonation en santé

*limitée à 16 étudiants en raison des Travaux Pratiques*

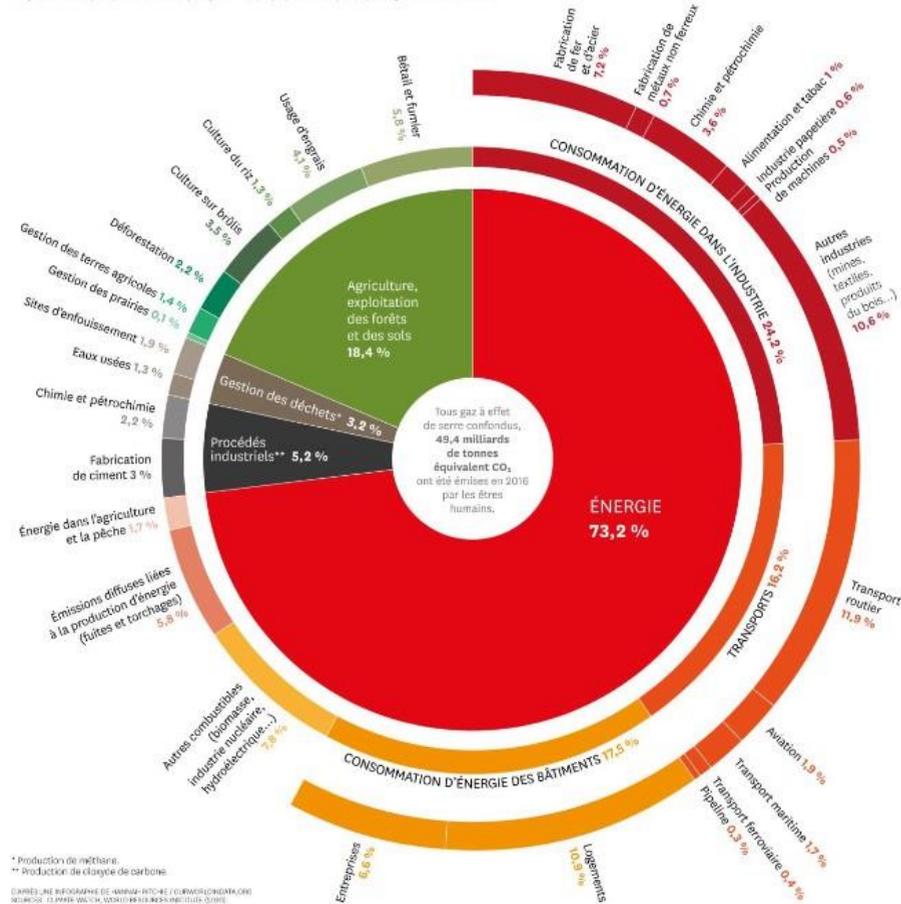


**Responsables :** Dr Ali Assifaoui, Pr. Fabrice Neiers

[ali.asifaoui@u-bourgogne.fr](mailto:ali.asifaoui@u-bourgogne.fr) [Fabrice.neiers@u-bourgogne.fr](mailto:Fabrice.neiers@u-bourgogne.fr)

## Les émissions mondiales de gaz à effet de serre par secteurs

Ces gaz retiennent une partie du rayonnement infrarouge renvoyé par la Terre vers l'espace et réchauffent l'atmosphère. La vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O), le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O), le méthane (CH<sub>4</sub>) et l'ozone (O<sub>3</sub>) sont les principaux gaz à effet de serre.



## La santé contribue à l'émission des GES à travers plusieurs secteurs:

- Énergie (chauffage, froid, gaz, ...)
- Bâtiments
- Transport des personnes (patients, professionnels)
- Acheminement des médicaments et des dispositifs médicaux
- Procédés industriels (chimie, biotechnologie, ...)
- Eaux usées et gestion des déchets

...

## Empreinte carbone du secteur de la santé :

- 49 Méga tonne CO<sub>2</sub> Eq.
- Elle représente 8% de l'emprunte carbone national
- 87% indirecte
- 50% de cette empreinte proviennent de l'achat de médicament et de dispositif médicaux

## Pourquoi la Décarbonation en santé ?

Amélioration de la santé publique

Contribuer à la réduction des émissions à GES

Responsabilité éthique

Conformité réglementaire et engagements internationaux

Réduction des coûts

Qualité de vie et Bien-être

Leadership et influence

## Objectifs de l'UE proposée

- Compréhension des concepts clés liés à la **décarbonation** et son importance dans le contexte santé. Connaissance des impacts environnementaux
- Identification les points critiques dans le **cycle de vie** des produits de santé
- Actions à mettre en place pour **réduire l'émission de CO2** dans le domaine santé
- Choix des méthodes de purification de substances actives en respectant l'environnement
- Procédés de production innovants : (Bioproduction, impression 3D, extrusion...)



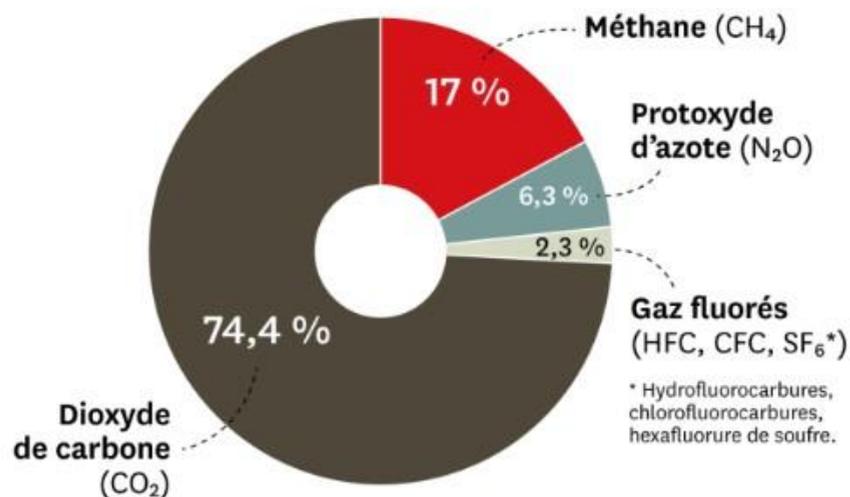
Répartition des émissions de gaz à effet de serre du secteur de la santé par acteur (Source : calculs The Shift Project 2023). Cette répartition ne prend pas en compte les émissions associées aux achats de médicaments et de dispositifs médicaux

<https://www.alliancy.fr/comment-decarboner-secteur-sante>

## Compétences acquises à la fin de cet enseignement

- Comprendre l'intérêt de la décarbonation dans un contexte santé
- Comprendre les raisons scientifiques de l'émission des GES
- Réaliser une analyse du cycle de vie d'un médicament ou d'un processus mis en place à l'hôpital
- Proposer des solutions scientifiques pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> (obtention de la substance active, bioprocédés...)

Part dans les émissions de gaz à effet de serre



SOURCE : WORLD RESOURCES INSTITUTE - CLIMATE WATCH (2018)



## Déroulement de l'UE

Semestre 1 : UE A (30h) (CM 12h, TD 11h, TP 7h)

Enjeux de la décarbonation en santé : **état des lieux et outils de mesure**

Contrôle terminale (CT) → 1 heures

### Module 1 : sensibilisation et généralités (15 h)

|    |                                                                                               |     |    |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|
| TD | Introduction, Présentation de l'UE                                                            | AA  | 1h |
| TD | Intérêt de la décarbonation en santé, Notion de la durabilité dans l'industrie pharmaceutique | Ext | 2h |
| CM | Enjeux de l'émission de gaz à effet de serre dans le contexte santé                           | AM  | 2h |
| CM | Physique des gaz à effet de serre                                                             | EF  | 2h |
| TD | Les bases de la thermodynamique, du transfert de chaleur et de matière                        | EB  | 4h |
| TD | Cas d'étude : Décarbonation dans le domaine pharmaceutique                                    | Ext | 2h |
| CM | Cas d'étude : Décarbonation dans le domaine hospitalier                                       | JPQ | 2h |
|    | Quiz (évaluation formative)                                                                   |     |    |

### Module 2 : Outils de mesure et d'analyse (6 h)

|    |                                                                                                                 |    |    |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
| TD | Analyse du cycle de vie (ACV) d'un médicament : principes fondamentaux, de la matière première au produit fini. | HS | 2h |
| TP | Utilisation du Simapro pour une ACV d'une forme galénique                                                       | HS | 4h |
|    | Quiz (évaluation formative)                                                                                     |    |    |

### Module 3 : Loi et Réglementation, comportement et économie (6 h)

|    |                                                                                                                                          |    |    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
| CM | Loi et réglementation concernant la décarbonation en santé                                                                               | MG | 2h |
| CM | Bilan Carbone et le cycle de vie des produits dans le cadre des évaluations médico-économiques                                           | CL | 2h |
| CM | Transition Écologique dans le Domaine de la Santé : Comportements et Habitudes des Professionnels de la Santé en Vue de la décarbonation | HO | 2h |
|    | Quiz (évaluation formative)                                                                                                              |    |    |

### Module 4 : travail personnel (un créneau de 4 h réservé aux étudiants pour ce travail)

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |     |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----|
| TP | Projets d'étudiants<br>Dès la première semaine, l'étudiant doit proposer ou choisir parmi une liste, un sujet autour de la décarbonation d'un médicament, d'un dispositif de soin, ... Après validation par le responsable pédagogique, le sujet proposé doit être traité de la façon suivante :<br><ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyse de la littérature</li> <li>- Etat des lieux et enquête</li> <li>- Utilisation des outils enseignés pour le calcul de l'ACV</li> <li>- Pistes d'amélioration et de réduction des GES</li> <li>- Présentation des résultats obtenus sous forme d'un rapport</li> <li>- Soutenance orale et discussions</li> </ul> |  | 3 h |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----|

### Module 5 : Présentations orales devant jury interne (3 membres)

|  |                                             |  |  |
|--|---------------------------------------------|--|--|
|  | Soutenance du projet / Discussion et Débats |  |  |
|--|---------------------------------------------|--|--|

## Déroulement de l'UE

Semestre 2 : UE B (30h) (CM 6h, TD 16h, TP 8h)

Enjeux de la décarbonation en santé : **Quelles solutions ?**

Contrôle terminale (CT) → 1 heures

### Module 1 : Décarbonation : quels postes et quelles solutions (8h)

|    |                                                                                   |         |    |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|----|
| CM | Energie renouvelables                                                             | EF / EB | 2h |
| TD | Gestion des stocks (plastiques, eau, transport, cartons)                          | Ext     | 2h |
| CM | Cas d'études : Quelles solutions de décarbonation dans le secteur hospitalier     | JPQ     | 2h |
| TD | Cas d'études : Quelles solutions de décarbonation dans l'industrie pharmaceutique | Ext     | 2h |
|    | Quiz (évaluation formative)                                                       |         |    |

### Module 2 : Obtention de la substance active (10h)

|    |                                                                                                                                                |         |    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----|
| TD | Extractions : chimie douce et d'autres méthodes innovantes                                                                                     | MB      | 2h |
| CM | Intérêt de l'utilisation des enzymes dans les processus de décarbonation                                                                       | FN      | 2h |
| TD | Bio-informatique au Service de la Décarbonation des Produits de Santé : présentation générale des objectifs et outils associés notamment en IA | AN      | 2h |
| TP | Modélisation AlphaFold, simulations de la dynamique, interactions protéines/ligands                                                            | AN / AL | 4h |
|    | Quiz (évaluation formative)                                                                                                                    |         |    |

### Module 3 : Méthodes innovantes de production du médicament (12h)

|    |                                                                                                                       |          |    |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----|
| TD | Impression 3D et bio-impression                                                                                       | AA       | 2h |
| TD | Décarbonation dans le processus de bioproduction                                                                      | FN       | 2h |
| TD | Eco-conception des parcours de soin                                                                                   | CL       | 2h |
| TD | Affaire réglementaire des médicaments innovants                                                                       | MG       | 2h |
|    | Extraction et purification d'une substance active (polyphénols, polypeptides ou une protéine) à partir d'un extrait.  |          |    |
|    | - Caractérisation                                                                                                     |          |    |
| TP | - Comparaison des différentes méthodes (bilan CO2)                                                                    | AA et FN | 4h |
|    | - Proposer une solution pour réduire l'utilisation d'une quantité d'eau dans la purification d'une substance active ? |          |    |
|    | Quiz (évaluation formative)                                                                                           |          |    |

### Module 4 : Présentations orales devant jury interne (3 membres minimum)

Les étudiants vont travailler sur l'extraction, la purification d'une molécule d'intérêt par 2 méthodes : classique et innovante. Ils doivent s'inspirer des TP de simulations et d'extraction. Mais également des TP réalisés au 1er semestre (calcul de l'ACV). Les étudiants doivent après présenter en groupe leur travail sous forme d'article scientifique et sous forme d'une présentation rapide.