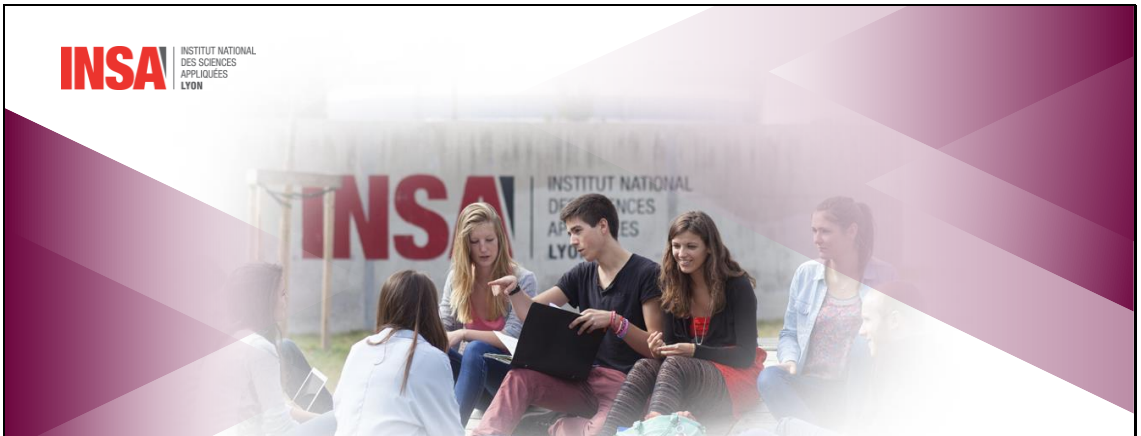


Ecologie industrielle et économie circulaire
GI-4-S2-EC-EIE 2025-26
1. Définitions

Objectifs du cours

- Ne pas parler des problèmes car nous ne ferions que vous les détailler plus, mais vous connaissez déjà
- *Se concentrer sur les solutions* :
  - *offertes par le Génie Industriel offre des solutions* :
    - Recherche Op., en part. l'*optim. multi-objectif (lexicographique avec ε-constraint pour chercher front de Pareto)*
    - Décision multi-critère (ELECTRE I, II et II, AHP, Prométhée…)
    - *Closed-loop* supply chain,
    - etc.
  - Concepts : Passer de l'économie linéaire à l'économie circulaire = *fermer les boucles de matières/énergie*
    ≈ (≠ car >) *transformer les déchets en ressources*
  - Outils de modélisation des flux :
    - ACV/LCA (Analyse du Cycle de Vie/LifeCycle analysis) : vu en 3GI
    - ACV sociale (SLCA= Social LCA) : égalité ♂/♀, RSE, impact urbain, maladies dues à la surconsommation
    - MFA (Material Flow Analysis)
      - avec réconciliation des données (correction des mesures grâce au modèle du système)

    => Ces outils donnent des points de vue ≠ d'une même réalité : *produit (ACV)* vs. *système de production (MFA)*
- Cours dédiés DDRS = *transversaux* (≠ disciplinaires) *=> outils simples* (on va utiliser Excel et son solveur)

Aujourd'hui

1. *Vue globale des 14 séances*
2. Contexte
3. Définitions
4. Exercices

Merci à **Anna Havukainen** (échange 2021-22 de LUT University – Lappeenranta-Lahti University of Technology – de Finlande) pour son aide à la création de ce cours

Contenus & intervenants

4GI1		4GI2		4GI3	
1 Définitions	Taha	1 Définitions	Taha	1 Définitions	Thierry
2 Déchets – Lois	Vincent	2 Déchets – Lois	Vincent	2 Déchets – Lois	Vincent
3 Déchets – MTD	Vincent	3 Déchets – MTD	Vincent	3 Déchets – MTD	Vincent
4 Jeu In the Loop	Taha	4 Jeu In the Loop	Taha	4 Jeu In the Loop	Thierry
5 Débrief jeu + Ecoparcs cours	Taha	5 Débrief jeu + Ecoparcs cours	Taha	5 Débrief jeu + Ecoparcs cours	Thierry
6 Ecoparcs A2	Taha	6 Ecoparcs A2	Taha	6 Ecoparcs A2	Thierry
7 Log. inv. cours+A2	Taha	7 Log. inv. cours+A2	Taha	7 Log. inv. cours+A2	Thierry
8 TD *MFA*	Taha	8 TD *MFA*	Taha	8 TD *MFA*	Thierry
9 TP *MFA* réconciliation données	Taha	9 TP *MFA* réconciliation données	Taha	9 TP *MFA* réconciliation données	Thierry
10 TP *MFA* réc. d. & MFA bi-obj.	Taha	10 TP *MFA* réc. d. & MFA bi-obj.	Taha	10 TP *MFA* réc. d. & MFA bi-obj.	Thierry
11 TP *MFA* optimisation bi-obj.	Taha	11 TP *MFA* optimisation bi-obj.	Taha	11 TP *MFA* optimisation bi-obj.	Thierry
12 TP désassemblage	Taha	12 TP désassemblage	Taha	12 TP désassemblage	Thierry
13 Economie circulaire dans l'industrie pneumatique	Cyril	13 Economie circulaire dans l'industrie pneumatique	Cyril	13 Economie circulaire dans l'industrie pneumatique	Cyril
14 Déchets – Bâtiments	Fiona	14 Déchets – Bâtiments	Fiona	14 Déchets – Bâtiments	Fiona

Notation : 100% rapport = A2 (éco-parc + Logistique inverse sur Rebooteille) + Fichiers Excel des TP

Séances 2 & 3 Déchets (salle de cours)

2. 1 séance de généralités (aspects techniques et légaux pour recycler des déchets)
3. 1 séance sur MTD (Meilleures Techniques Disponibles)

} Vincent

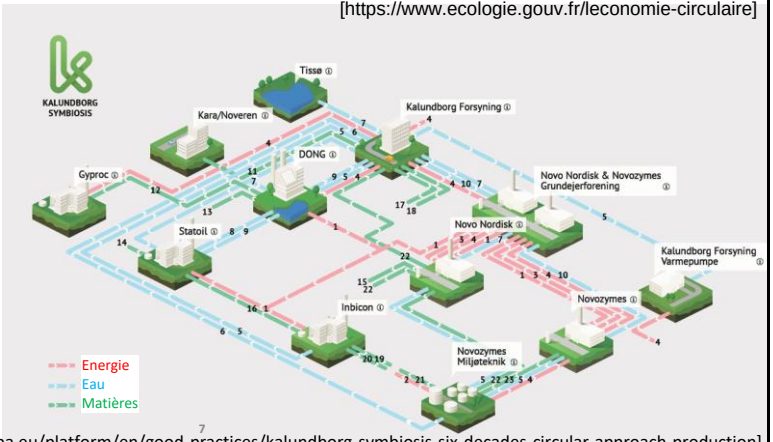
Séance 4. Jeu In the Loop (salle de cours)

https://intheloopgame.com

Séances 5 & 6. Eco-parcs (salle de cours)

Ecologie industrielle et territoriale : Mettre en *synergie* et *mutualiser* entre plusieurs acteurs économiques les flux de matières, d'énergie, d'eau, les infrastructures, les biens ou encore les services afin d'optimiser l'utilisation des ressources sur un territoire. [https://www.ecologie.gouv.fr/leconomie-circulaire]

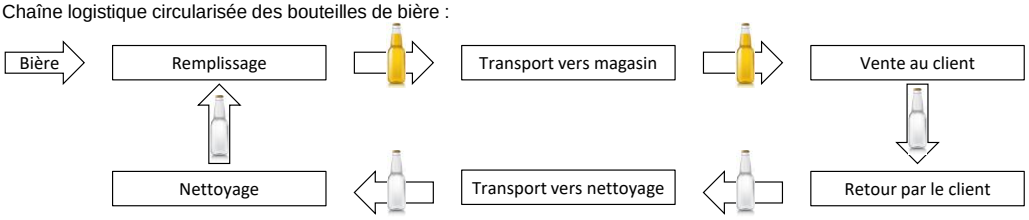
Exo. : *A3 noté* sur un éco-parc comparé à Kalundborg



[https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/good-practices/kalundborg-symbiosis-six-decades-circular-approach-production]

Séance 7. Logistique inverse (salle de cours)

- Exemple des *bouteilles consignées* (réemploi) par Rebooteille
- Recycler une bouteille n'économise que 20% de l'énergie
- Chaîne logistique circularisée des bouteilles de bière :

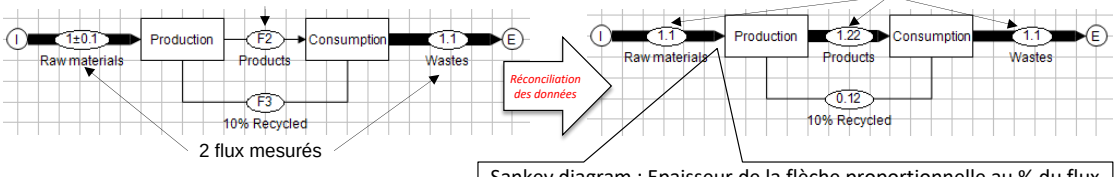


- Exo. : Préparation et présentation d'un *A3 noté* sur :
  1. prévision de la demande/offre
  2. remise en état (lavage et tri) & gestion de la relation fournisseur (choix des colles, forme bouteilles…)
  3. évaluation de la performance durable
  4. organisation du transport (optimisation du chargement des camions, planification des tournées…)
  5. systèmes d'information
  6. conception (dimensionnement & localisation) du réseau

Séances 8 (salle de cours) et 9, 10 & 11. (salle PC) MFA = Material Flow Analysis

Flux F2 et F3 non mesurés

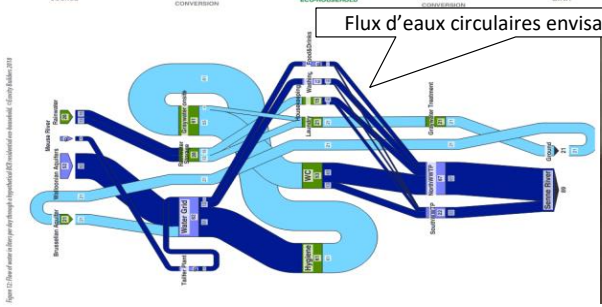
4 flux inférés par réconciliation de données



2 flux mesurés

Sankey diagram : Epaisseur de la flèche proportionnelle au % du flux

Flux d'eaux circulaires envisagés pour Bruxelles



Outil : Algèbre linéaire avec optimisation mono- puis bi-objectif

[United Nations Environment Programme (2019) « Brussels Capital Region: Circular Economy Transition », https://resourceefficientcities.org/wp-content/uploads/2019/10/GI-REC-Pilot-City-Brussels-FINAL.pdf]

Séances 12. TP désassemblage (salle PC)

- Planification d'opérations de désassemblage avec qualité variable
- *Rapport et fichier Excel notés*

Séances 13 & 14. Déchets (salle de cours)

13.1 séance sur l'économie circulaire dans l'industrie du pneumatique — Cyril
14.1 séance sur les déchets du bâtiment — Fiona

Aujourd'hui

1. Vue globale des 14 séances
2. *Contexte*
3. Définitions
4. Exercices

« Demain ne sera pas comme hier. Il est moins à découvrir qu'à inventer » [Gaston Berger]

Quelques propositions de solutions à la crise environnementale :

- Documents :
  - Working group 3 du GIEC [GIEC, Sixth Assessment Report, "Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change", www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3]
  - Plan de Transformation de l'Economie Française[Shift Project, 2022, https://theshiftproject.org/article/ptef-livre-et-site-web]
  - Futurs énergétiques 2050 : Scénarios de production électrique pour atteindre la neutralité carbone en 2050 [RTE, 2021, www.rte-france.com/analyses-tendances-et-prospectives/bilan-previsionnel-2050-futurs-energetiques]
  - NegaWatt [https://negawatt.org/Scenario-negaWatt-2022]
- Approches :
  - Changements individuels (comportements) et/ou collectifs (lois et entreprises)
  - Sobriété/décroissance
  - Techno-solutionnisme :
    - Existant : - *économie circulaire* (dont éco-conception et Ecologie Industrielle et Territoriale)
      - produits bio-sourcés
      - planter des arbres
      - …
    - Espéré : - captage de CO_2
      - fusion nucléaire
      - …

=> *Quand des solutions techniques existent, que les ingénieurs soient prêts* quand les Etats et entreprises cherchent ces solutions (cf. pénurie de gens formés en ACV vs. forte croissance de la demande d'ACV)

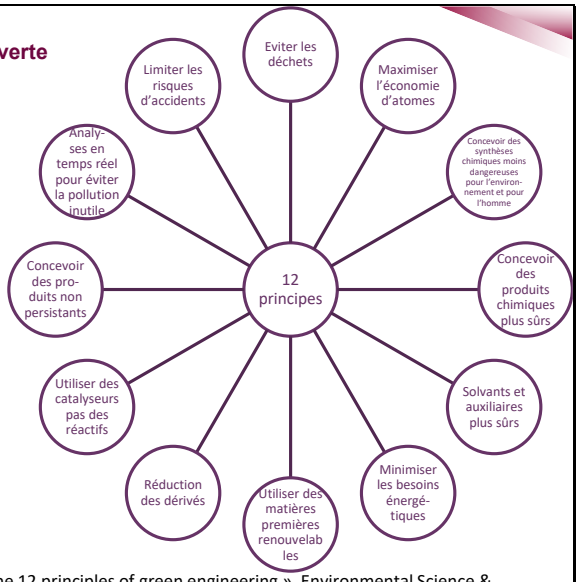
L'optimisation sous contraintes a toujours été le travail des ingénieurs

De QCD à SQCDE :

- Les ingénieurs ont déjà l'habitude d'optimiser sous contraintes : Indicateurs QCD (Il n'y a pas que le prix C qui compte)
- Le DDRS peut être vu comme un *simple ajout de critères* : SQCDE où
  - *E=environnement*, par ex. les indicateurs d'une ACV (eutrophisation des eux, éco-toxicité, radiations ionisantes… et bien sûr CO_2)
  - S signifie souvent sécurité, mais on peut élargir à social et sociétal
- *Bonne nouvelle*, on a des méthodes pour prendre des décisions avec beaucoup de critères :
  - Peu compliqué de passer de 1 à 2 critères : Front de Pareto (*cf. séance 12*)
  - Peu compliqué de passer de 2 à 3 critères : Front de Pareto de QCD en 3D projeté sur votre feuille 2D
  - Très compliqué de passer de 3 à 4 critères : Optimisation multi-objectif (NSGA-II, ε-constraint…) et méthodes multi-critères (AHP, ELECTRE I,II&III, PROMETHEE…)
  - … … … (*cf. 5GI*)
  - Très facile de passer de 4 à 55 critères : Mêmes optimisation multi-objectif et méthodes multi-critères

Primum non nocere : 12 principes de l'ingénierie verte

1. **Inherent Rather Than Circumstantial**
   Designers need to strive to ensure that all materials and energy inputs and outputs are as inherently nonhazardous as possible.
2. **Prevention Instead of Treatment**
   It is better to prevent waste than to treat or clean up waste after it is formed.
3. **Design for Separation**
   Separation and purification operations should be designed to minimize energy consumption and materials use.
4. **Maximize Efficiency**
   Products, processes, and systems should be designed to maximize mass, energy, space, and time efficiency.
5. **Output-Pulled Versus Input-Pushed**
   Products, processes, and systems should be "output pulled" rather than "input pushed" through the use of energy and materials.
6. **Conserve Complexity**
   Embedded entropy and complexity must be viewed as an investment when making design choices on recycle, reuse, or beneficial disposition.
7. **Durability Rather Than Immortality**
   Targeted durability, not immortality, should be a design goal.
8. **Meet Need, Minimize Excess**
   Design for unnecessary capacity or capability (e.g., "one size fits all") solutions should be considered a design flaw.
9. **Minimize Material Diversity**
   Material diversity in multicomponent products should be minimized to promote disassembly and value retention.
10. **Integrate Material and Energy Flows**
    Design of products, processes, and systems must include integration and interconnectivity with available energy and materials flows.
11. **Design for Commercial "Afterlife"**
    Products, processes, and systems should be designed for performance in a commercial "afterlife."
12. **Renewable Rather Than Depleting**
    Material and energy inputs should be renewable rather than depleting



[Anastas P. T. & Zimmerman J. B. (2003) « Design through the 12 principles of green engineering », Environmental Science & Technology, 37(5), doi: 10.1021/es032373g] [http://greenchemistry.yale.edu/about/principles-green-engineering]
[https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/solvants-et-chimie-verte-les-solvants-en-chimie-organique-13-25261/]

Equation de Kaya

- $$\mathrm{CO_2} = \mathrm{CO_2}$$
  $$\mathrm{CO_2} = \frac{\mathrm{CO_2}}{\mathrm{Tep}}\mathrm{Tep}$$
  $$\mathrm{CO_2} = \frac{\mathrm{CO_2}}{\mathrm{Tep}}\frac{\mathrm{Tep}}{\mathrm{PIB}}\mathrm{PIB}$$
  $$\mathrm{CO_2} = \frac{\mathrm{CO_2}}{\mathrm{Tep}}\frac{\mathrm{Tep}}{\mathrm{PIB}}\frac{\mathrm{PIB}}{\mathrm{Pop}}\mathrm{Pop}$$
- $\mathrm{CO_2}$ = Nuisance de l'énergie x Intensité énergétique x Pouvoir d'achat x Population
  $\mathrm{tonnes_{CO_2}}$/Watt.heure x Watt.heure/€ x €/personne x Nombre de personnes
- La nature de ces quantités est-elle la même ?

- Sur quelle(s) partie(s) de l'équation agir pour limiter le réchauffement climatique à 2°C : $\mathrm{CO_2^{2050}} = {}^{\mathrm{CO_2^{2010}}}/_{3}$?
  Quelles difficulté(s) et/ou conséquence(s) ?

[Menecier S., « L'équation de Kaya », cours UVED, https://www.uved.fr/fiche/ressource/lequation-de-kaya]

Aujourd'hui

1. Vue globale des 14 séances
2. Contexte
3. *Définitions*
4. Exercices

Economie circulaire = Economie linéaire + éco-système/symbiose

- Fonctionnement linéaire des systèmes industriels classiques
- Fonctionnement des *écosystèmes naturels*
- Fonctionnement circulaire des éco-systèmes industriels

[Figure du Club d'Ecologie Industrielle de l'Aube, www.ceiaube.fr/presentation-ecologie-industrielle]

Economie circulaire

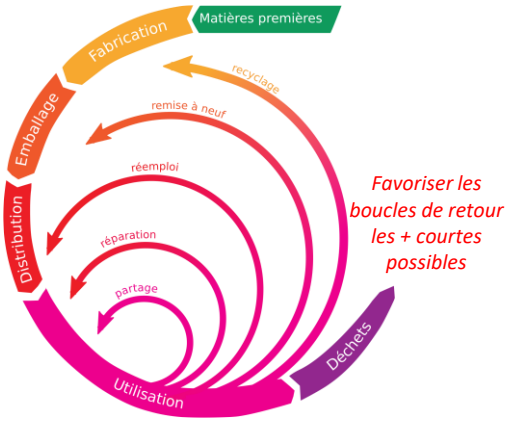
L'économie circulaire consiste à produire des biens et des services de manière durable en *limitant la consommation et le gaspillage des ressources et la production des déchets*. Il s'agit de passer d'une société du tout jetable à un modèle économique plus circulaire.

[https://www.ecologie.gouv.fr/leconomie-circulaire, 2020]

Les 8 R de l'économie circulaire :

- *Rethink/*Repenser le besoin (qu'est-ce qu'un besoin ?)
- *Repair/*Réparer
- *Reuse/*Réutiliser les biens
- *Reduce/*Réduire la consommation
- *Refuse/*Renoncer
  « Le meilleur déchet est celui que l'on ne produit pas »
- *Recycle/*Recycler
- *Recover/*Régénérer
- *Regift/*Rallonger la phase d'usage

[https://oldworldnew.us/circular-economy]



Favoriser les boucles de retour les + courtes possibles

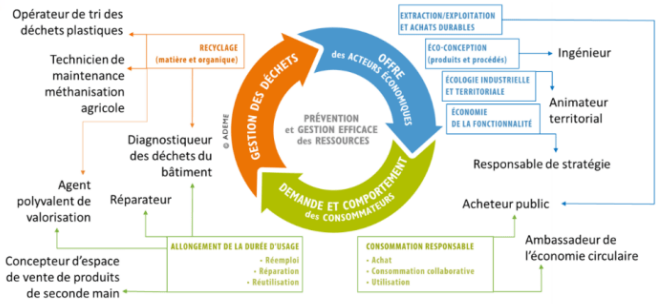
[https://fr.wikipedia.org/wiki/économie_circulaire]

Economie circulaire

L'économie circulaire
3 domaines, 7 piliers

Ecologie Industrielle & Territoriale
≠
économie circulaire

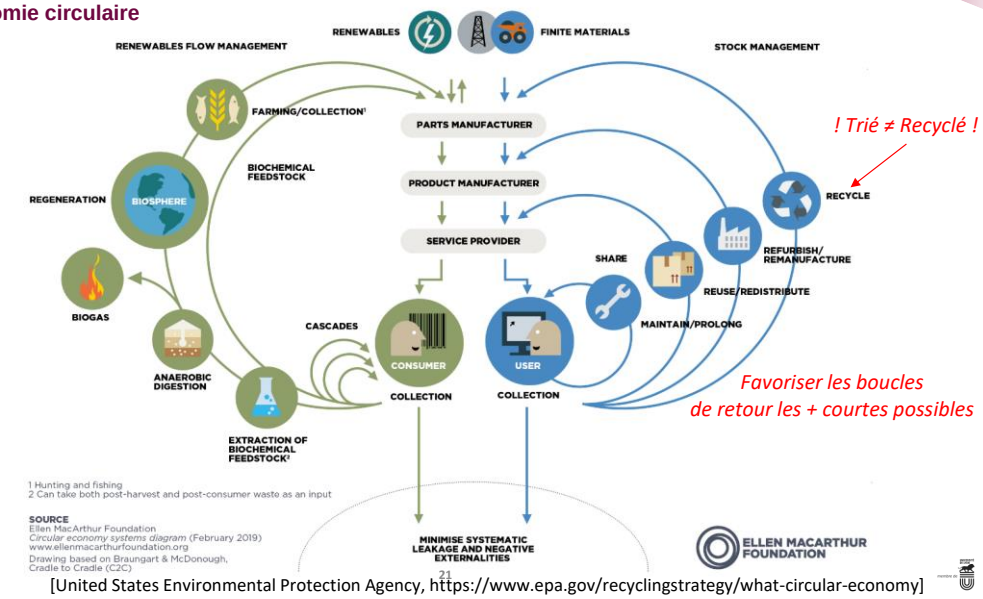
Métiers étudiés par les GT Compétences-Formation de l'économie circulaire



Source : ADEME et CGDD

[Chambre Régionale de l'Economie Sociale et Solidaire Nouvelle-Aquitaine, 2019, www.cress-na.org/fiches-metier-de-leconomie-circulaire-contributions-ess]

Economie circulaire



! Trié ≠ Recyclé !

Favoriser les boucles de retour les + courtes possibles

[United States Environmental Protection Agency, https://www.epa.gov/recyclingstrategy/what-circular-economy]

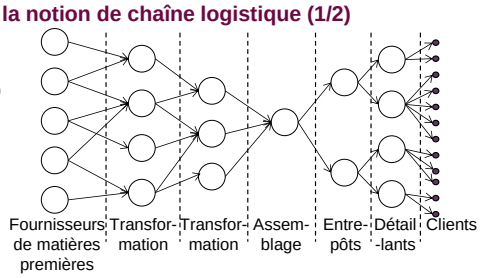
Economie circulaire : Economie linéaire vs. circulaire

Economie linéaire	Economie circulaire
Volume	Valeur
Court terme	Long terme
Compétition	Coopération
Toujours plus	Sobriété

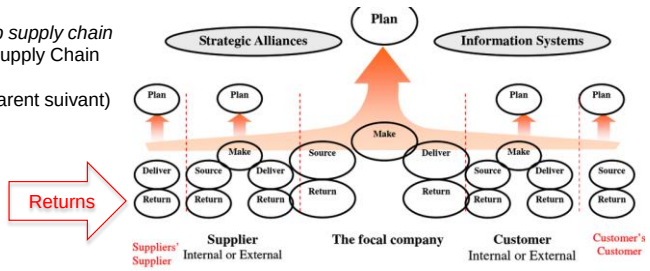
[Bortuzzo E. & Mariacher A.-F., « Fresque de l'économie circulaire », www.lafresquedeleconomiecirculaire.com]

ACV et économie circulaire ressemblent à la notion de chaîne logistique (1/2)

- Cycle de vie ≈ chaîne logistique (*supply chain*)

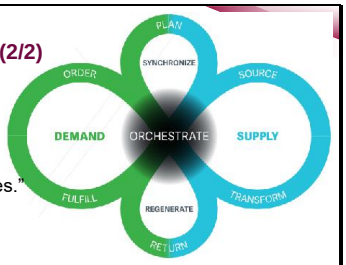


- Economie circulaire ≈ *closed-loop supply chain*
  - Précédent modèle SCOR : Supply Chain Operations Reference model
  - (Nouveau modèle sur transparent suivant)



[W. Wang, H. Chan, D. Pauleen, Aligning business process reengineering in implementing global supply chain systems by the SCOR model Int. J. Prod. Res., 48(19):5643-5665, 2009]

ACV et économie circulaire ressemblent à la notion de chaîne logistique (2/2)



- Economie circulaire ≈ *closed-loop supply chain*
  - Modèle SCOR actuel : Supply Chain Operations Reference model
    - Processus
      - "A process is a unique activity performed to meet predefined outcomes."
      - Niveau 0 (stratégique) : Uniquement Orchestrate
        - BP.393 Circular economy
        - BP.283 Product-as-a-service
        - BP.285 Material Passport
        - BP.286 Sharing platforms
        - BP.288 Life Cycle Assessment
        - BP.289 Eco-design
        - BP.290 Material Efficiency Management
        - BP.291 Energy Efficiency Management
        - BP.292 Water Efficiency Management
        - BP.294 Sustainability reporting
        - BP.295 Emission reduction
        - BP.296 Carbon removal/offsetting
        - BP.300 Traceability
      - Niveau 1 : Plan, Order, Source, Transform, Fulfill, *Return*
      - Niveau 2 : Sous-procesus du niveau 1

[ASCM (Association for Supply Chain Management, www.ascm.org/corporate-solutions/standards-tools/scor-ds/]

Limites de l'économie circulaire (1/3)

Ce qui précède a dit que circulariser l'économie n'est qu'*une partie de la réponse* envisagée aux enjeux DDRS :

- Changements comportementaux (individuels) et/ou des lois et entreprises (collectifs)
- Sobriété/décroissance
- Techno-solutionnisme :
  - Existant : - *économie circulaire* (dont éco-conception et Ecologie Industrielle & Territoriale)
    - produits bio-sourcés
    - planter des arbres
    - …
  - Espéré : - captage de CO_2
    - fusion nucléaire
    - …
- Trié ≠ recyclé
  Recyclable ≠ recyclé

[recygo (co-entreprise créée par La Poste et Suez), https://www.recygo.fr/blog/dossier/papier-recycle]

Limites de l'économie circulaire (2/3)

Mythe du recyclage ∞ :

- Dissipation et entropie : « *Dissipation* dans l'environnement, *contamination* et *usure* des matières dus à des pertes en quantité (sous-produits, pertes de matières physiques) et en qualité (mélange, dégradation). De *nouvelles énergies et matières doivent être injectées* à chaque boucle de matière circulaire pour surmonter ces pertes dissipatives. » [Corvellec *et al.*, 2021, p. 3]

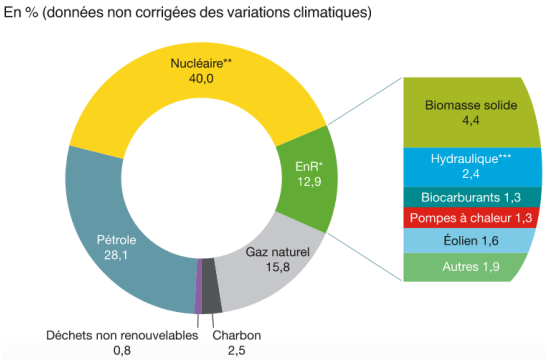
- Exemple : Papier recyclable de 5 à 10 fois car les fibres se brisent à chaque recyclage jusqu'à ne plus pouvoir former une pâte à papier exploitable [recygo].

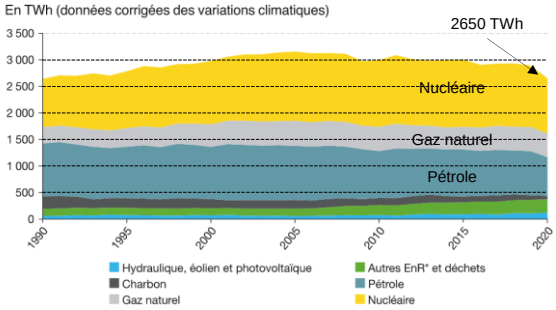
Besoins énormes en énergie : 3/4 de l'énergie finale est fossile (au niveau mondial)

[Corvellec, H, Stowell, A. F. & Johansson, N. (2021) Critiques of the circular economy, Journal of Industrial Ecology:1-12 (revue de la littérature citant beaucoup de sources)]
[recygo (co-entreprise créée par La Poste et Suez), https://www.recygo.fr/blog/dossier/papier-recycle]

Limites de l'économie circulaire (3/3)

- Besoin d'énergie pour que le système circulaire fonctionne
- La France doit remplacer ou se passer de près de 50% de sa source d'énergie primaire :

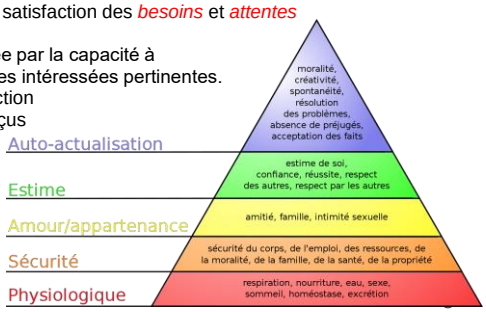




[Consommation d'énergie primaire par énergie en France https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-energie-2021/6-bilan-energetique-de-la-france]

Définitions 1/4

- **Allongement de la durée d'usage** des produits par le recours à la **réparation**, à la vente ou à l'**achat d'occasion**, par le **don**, dans le cadre du **réemploi** et de la **réutilisation**. [https://www.ecologie.gouv.fr/leconomie-circulaire]
- **Amélioration de la prévention, de la gestion et du recyclage des déchets**, y compris en réinjectant et réutilisant les matières issues des déchets dans le cycle économique. [https://www.ecologie.gouv.fr/leconomie-circulaire]
- **Approvisionnement durable** : Prendre en compte les impacts environnementaux et sociaux des ressources utilisées, en particulier ceux associés à leur extraction et à leur exploitation. [https://www.ecologie.gouv.fr/leconomie-circulaire]
- **Besoin, attente et valeur :**
  Un organisme axé sur la qualité favorise une culture se traduisant par un comportement, des attitudes, des activités et des processus qui fournissent de la *valeur* par la satisfaction des *besoins* et *attentes* des clients et autres parties intéressées pertinentes.
  La qualité des produits et services d'un organisme est déterminée par la capacité à satisfaire les clients et par l'impact prévu et imprévu sur les parties intéressées pertinentes.
  La qualité des produits et services inclut non seulement leur fonction et performances prévues, mais aussi la valeur et le bénéfice perçus par le client. [Déf. de la qualité, parag. 2.2.1 de l'ISO 9000:2015]
- **Valeur** : Relation constatée ou espérée, par un acteur donné, entre la satisfaction d'un besoin validé et les ressources de toute nature nécessaires pour y parvenir. [NF EN 1325-2]



[https://fr.wikipedia.org/wiki/Pyramide_des_besoins]

Définitions 2/4

- **Circuit court de proximité** : [librairie.ademe.fr]
  - **Circuit court** : Circuits de vente directe ou avec un seul intermédiaire entre le producteur et le consommateur.
  - **Circuit de proximité** : Distance raisonnable entre le lieu de production et celui de consommation, variable selon le lieu et les produits d'une trentaine à une centaine de kilomètres.
- **Consommation collaborative :** La consommation collaborative ou participative se définit communément comme la manière traditionnelle de partager, d'échanger, de prêter, de louer et d'offrir, repensée à la faveur de la technologie moderne et des communautés. [https://www.ecologie.gouv.fr/leconomie-collaborative]
- **Consommation responsable** : Prendre en compte les impacts environnementaux et sociaux à toutes les étapes du cycle de vie du produit dans les choix d'achat, que l'acheteur soit public ou privé. [https://www.ecologie.gouv.fr/leconomie-circulaire]
- **Déchet** : Toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire. [art. L.541-1-1 du Code de l'environnement, 31/7/2020]
- **Développement durable** : Le développement durable est un mode de développement qui répond aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. [Rapport Bruntland, 1987]
- **Ecoconception** : Prendre en compte des impacts environnementaux sur l'ensemble du cycle de vie d'un produit et les intégrer dès sa conception. [https://www.ecologie.gouv.fr/leconomie-circulaire]
- **Ecologie industrielle et territoriale** : Mettre en *synergie* et *mutualiser* entre plusieurs acteurs économiques les flux de matières, d'énergie, d'eau, les infrastructures, les biens ou encore les services afin d'optimiser l'utilisation des ressources sur un territoire. [https://www.ecologie.gouv.fr/leconomie-circulaire]
- **Economie de la fonctionnalité** : Privilégier l'usage à la possession, vendre un service plutôt qu'un bien. [https://www.ecologie.gouv.fr/leconomie-circulaire]
- **L'économie circulaire** consiste à produire des biens et des services de manière durable en *limitant la consommation et le gaspillage des ressources et la production des déchets*. Il s'agit de passer d'une société du tout jetable à un modèle économique plus circulaire. [https://www.ecologie.gouv.fr/leconomie-circulaire, 2020]

Définitions 3/4

- **Réemploi :** Toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui ne sont *pas des déchets* sont utilisés de nouveau pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus [art. L.541-1-1 du Code de l'environnement, 31/7/2020]
- **Réutilisation** : Toute opération par laquelle des substances, matières ou produits *qui sont devenus des déchets* sont utilisés de nouveau [art. L.541-1-1 du Code de l'environnement, 31/7/2020]
- **Reconditionnement :** Un produit ou une pièce détachée d'occasion peut être qualifié de " produit reconditionné " dès lors que les conditions suivantes sont réunies : (1) Le produit ou la pièce détachée a subi des tests portant sur toutes ses fonctionnalités afin d'établir qu'il répond aux obligations légales de sécurité et à l'usage auquel le consommateur peut légitimement s'attendre ; (2)S'il y avait lieu, le produit ou la pièce détachée a subi une ou plusieurs interventions afin de lui restituer ses fonctionnalités. Cette intervention inclut la suppression de toutes les données enregistrées ou conservées en lien avec un précédent usage ou un précédent utilisateur, avant que le produit ou la pièce ne change de propriétaire. [Art. R. 122-4.- Décret n° 2022-190 du 17 février 2022]
- **Remanufacture** : Processus rigoureux et standardisé permettant de remettre une pièce ou un produit usagé dans un état de performances et de fonctionnalités *équivalent ou même supérieur à celui d'origine* et pour un même usage, se distingue du reconditionnement par le fait d'aboutir à la remise à neuf de composants ou produits usagés avec un grade de qualité et des performances uniformes. La remanufacture est le processus de rétention de valeur le plus complet […] [https://librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/6249-etude-sur-la-remanufacture.html]
- **Recyclage** : Toute opération de valorisation par laquelle les déchets, y compris les déchets organiques, sont retraités en substances, matières ou produits aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins. Les opérations de valorisation énergétique des déchets, celles relatives à la conversion des déchets en combustible et les opérations de remblayage ne peuvent pas être qualifiées d'opérations de recyclage [art. L.541-1-1 du Code de l'environnement, 31/7/2020]

Définitions 4/4

- **Responsabilité Elargie des Producteurs (REP)** : Les filières REP sont des dispositifs particuliers d'organisation de la prévention et de la gestion de déchets, qui concernent certains types de produits. Ils reposent sur le principe de responsabilité élargie du producteur, reconnu dans la directive-cadre européenne sur les déchets, selon lequel les personnes responsables de la mise sur le marché des produits peuvent être rendus *responsables d'assurer la prévention et la gestion des déchets issus de ces produits en fin de vie*.
  Il s'agit d'une application du *principe pollueur-payeur*. [https://www.ecologie.gouv.fr/cadre-general-des-filieres-responsabilite-elargie-des-producteurs]
- **Rétrofit** : Opération consistant à remplacer des composants anciens ou obsolètes par des composants plus récents, généralement en changeant la technologie, sans modifier la fonction. [https://fr.wiktionary.org/wiki/rétrofit]
- **Synergie** : *Action multi-acteur* qui vise à *renforcer l'efficacité de l'utilisation des ressources*
  soit dans une logique de "*substitution*" (où la matière résiduelle d'une entreprise peut être utilisée par une autre), soit dans une logique de "*mutualisation*". La mise en œuvre de ces synergies permet d'optimiser la gestion des ressources matérielles ou immatérielles à l'échelle d'un territoire (zone d'activité, communauté de communes, département…) :
  - *Synergies de substitution* : l'échange et la valorisation de matière et d'énergie entre plusieurs entreprises : chaleur, vapeur, eaux industrielles, déchets, emballages, et coproduits…
  - *Synergies de mutualisation de moyens et de services* : achats groupés, logistique commune, gestion collective des déchets, restaurant interentreprises, crèche, conciergerie d'entreprises, gardiennage, dispositifs incendies …, mais aussi le partage d'équipements ou de ressources : réseau chaleur/froid, STEP, chaufferie, unité de méthanisation, parc de stationnement, lieu de réunion, emplois en temps partagés, audits mutualisés … »
    [Club d'Ecologie Industrielle de l'Aube, www.ceiaube.fr/presentation-ecologie-industrielle]

Aujourd'hui

1. Vue globale des 14 séances
2. Contexte
3. Définitions
4. *Exercices*

Exercice 1 : Placez les termes suivants sur la figure du transparent suivant

Ecologie Industrielle & Territoriale (synergies)

REP

Consommation responsable/zéro déchet

Consommation collaborative

Approvisionnement durable

Eco-conception

Réutilisation

Réemploi

Rénovation/rétrofit

Réparation

Economie de la fonctionnalité

Circuit court de proximité

Recyclage

Reconditionnement

Upgrade

[Image de https://presse.ademe.fr/2016/03/avis-allongement-de-la-duree-de-vie-des-produits.html], [Exercice inspiré de Bortuzzo E. & Mariacher A.-F., « Fresque de l'économie circulaire », www.lafresquedeleconomiecirculaire.com]

Exercice 1 : Figure à remplir

[Image de https://presse.ademe.fr/2016/03/avis-allongement-de-la-duree-de-vie-des-produits.html], [Exercice inspiré de Bortuzzo E. & Mariacher A.-F., « Fresque de l'économie circulaire », www.lafresquedeleconomiecirculaire.com]

Exercice 1 : Une solution possible (ce qui est caché se trouve sur Moodle)

[Image de https://presse.ademe.fr/2016/03/avis-allongement-de-la-duree-de-vie-des-produits.html], [Exercice inspiré de Bortuzzo E. & Mariacher A.-F., « Fresque de l'économie circulaire », www.lafresquedeleconomiecirculaire.com]

Exercice 2 : Citez un concept vu précédemment et proposez une entreprise qui le met en œuvre

- **Circuit court** : www.camif.fr (vente par correspondance de 77% de made in France et 100% made in Europe)
- **Rétrofit** : www.renaultgroup.com/groupe/implantations/usine-flins
- ..... : https://velov.grandlyon.com + https://citiz.coop
- ..... : covoiturage (www.blablacar.com...) + mutualisation d'espaces de stockage entre entreprises (www.spacefill.eu) + Internet Physique
- ..... : lesbiensencommun.com
- ..... : www.adopteunbureau.fr
- ..... : www.backmarket.fr
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....