



# **L'analyse du cycle de vie : une méthode multicritère et prospective**

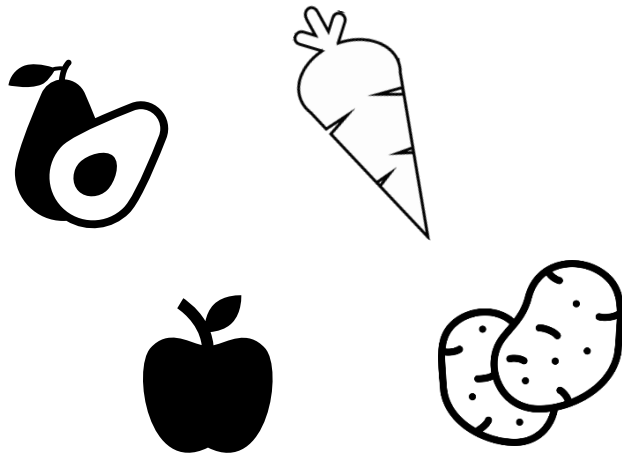
**Mélanie Douziech**

14.06.2022

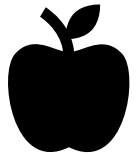
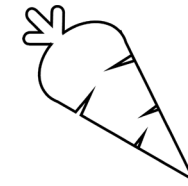
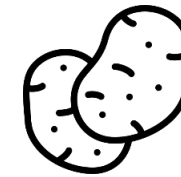


# Une méthode multicritère

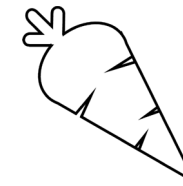
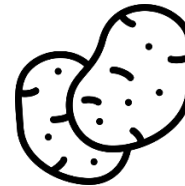
Quel aliment a le moins d'impact environnemental ?



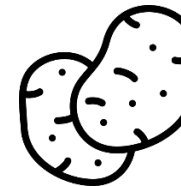
Changement climatique



Ressources en eau



Ecotoxicité

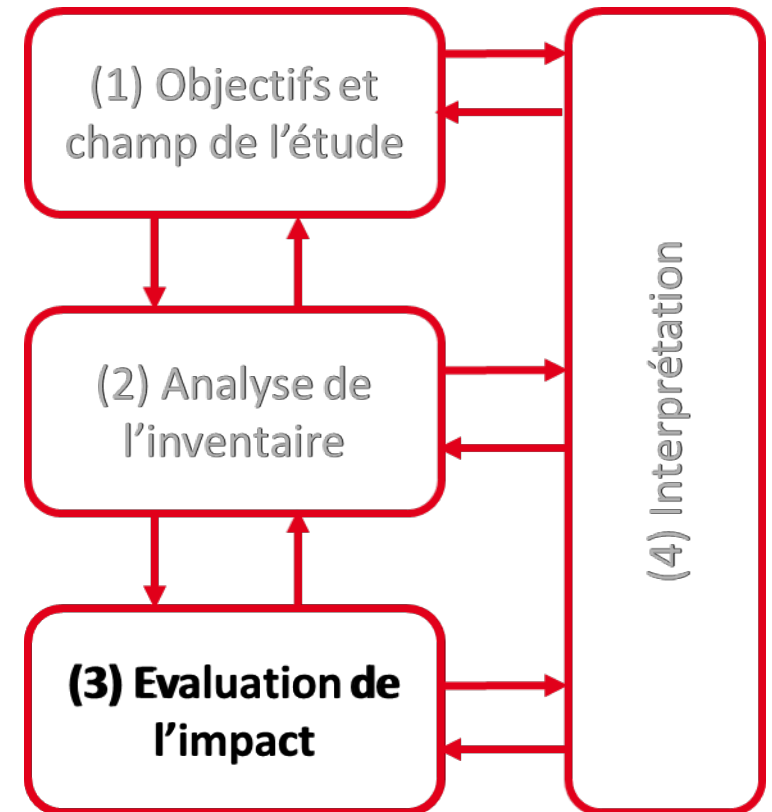


Biodiversité, Santé humaine, Ressources minérales, Eutrophisation, Utilisation des sols...



# Une méthode multicritère

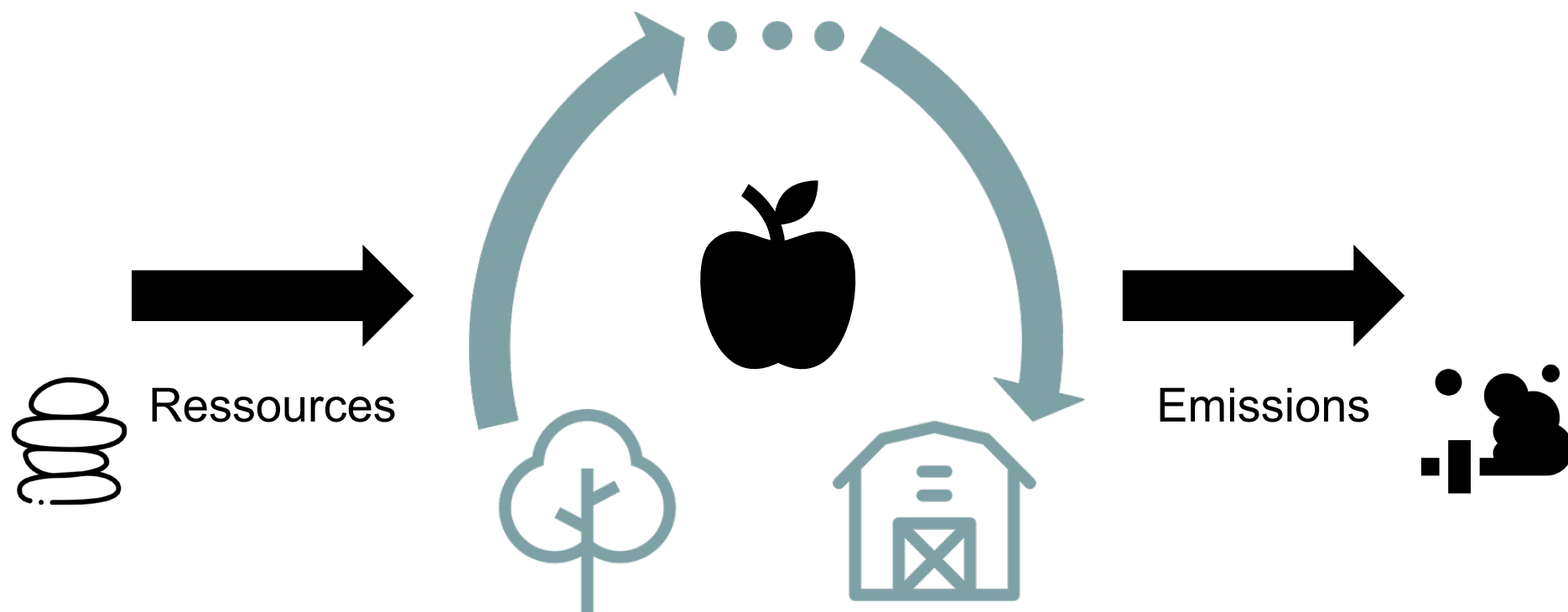
- Méthode standardisée (ISO 14040-14044)
  - Quatre grandes étapes
- Impacts environnementaux estimés
  - pour le cycle de vie complet du système/produit
  - par rapport à la fonction rendue par le système/produit (unité fonctionnelle)
  - au-delà de l'impact sur le changement climatique
- Outil comparatif
- Aide à la décision





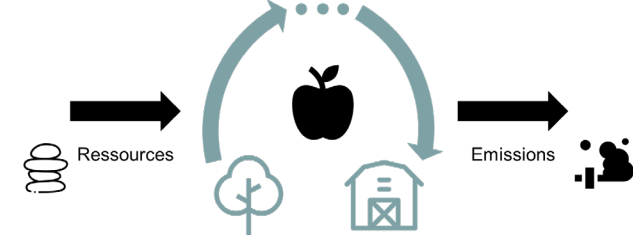
# Evaluation de l'impact

Traduire les ressources et émissions liées au système analysé en impact environnemental





# Impact sur le changement climatique



Quelles émissions/ressources contribuent au changement climatique ?

- **Emissions de gaz à effet de serre:** CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> ...
- Unité : quantité, par exemple kg de chaque gaz à effet de serre

Comment caractériser l'impact de ces émissions sur le changement climatique ?

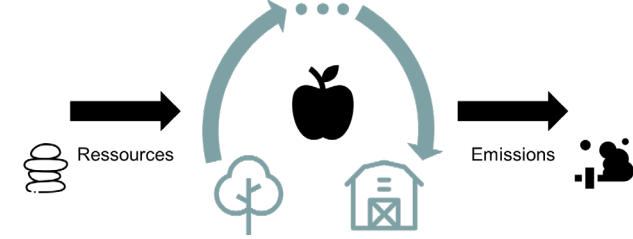
- **Facteur de caractérisation:** forçage radiatif d'une émission comparé au CO<sub>2</sub>
- Méthode décrite dans les travaux du GIEC
- Unité: kg CO<sub>2</sub>-équivalent / kg de gaz à effet de serre

Impact =  $\sum_i (E_i \times CF_i)$  → **s'applique à toutes les catégories d'impact**

- Unité: kg CO<sub>2</sub>-équivalent pour l'unité fonctionnelle choisie



# Impact sur les ressources en eau



Quelles émissions/ressources impactent les ressources en eau ?

- **L'eau consommée**
- Unité : quantité, par exemple m<sup>3</sup> d'eau utilisé

Comment caractériser l'impact de cette consommation sur la ressource en eau ?

- **Facteur de caractérisation:** ratio de l'eau restante en moyenne dans le monde comparée à l'eau restante dans une région i
- Unité : m<sup>3</sup> équivalent mondial/m<sup>3</sup> consommé dans la région i

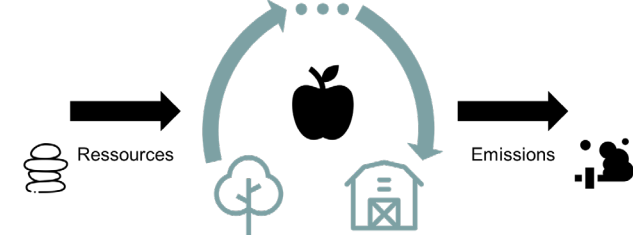
$$\text{Impact} = \sum_i (E_i \times CF_i)$$

- Unité: m<sup>3</sup> d'eau

**Méthode régionalisée**



# Impact sur l'écotoxicité



Quelles émissions/ressources impactent les écosystèmes ?

- **Emissions de produits chimiques**: pesticides...
- Unité : quantité, par exemple kg de pesticide émis

Comment caractériser l'impact de ces émissions sur l'écotoxicité ?

- **Facteur de caractérisation**: considère le comportement du composé chimique dans l'environnement (distribution, dégradation...) et son impact potentiel sur les écosystèmes
- Unité : Fraction d'espèces potentiellement affectées par l'émission d'un kg

$$\text{Impact} = \sum_i (E_i \times CF_i)$$

- Unité: Fraction d'espèces potentiellement affectées

**Plutôt robuste pour les composés organiques et l'impact sur les écosystèmes en eau douce**



# Une méthode multicritère

- Changement climatique
  - Toxicité humaine
  - Eutrophisation
  - Appauvrissement de la couche d'ozone
  - Ecotoxicité
  - Utilisation des sols
  - Utilisation des ressources fossiles
  - Acidification
  - Utilisation des ressources en eau
  - ...
- Impact =  $\sum_i (E_i \times CF_i)$
  - Facteur de caractérisation ( $CF_i$ ) diffère
    - En fonction de la catégorie d'impact
      - $CF_{i,\text{changement climatique}} \neq CF_{i,\text{ressource en eau}}$
    - En fonction de la méthode de caractérisation employée
      - Regroupe catégories d'impact et définit les facteurs de caractérisation
      - $CF_{i,\text{écotoxicité,EF 3.0}} \neq CF_{i,\text{écotoxicité,ReCiPe}}$





# Une méthode multicritère

- Changement climatique
- Toxicité humaine
- Eutrophisation
- Appauvrissement de la couche d'ozone
- Ecotoxicité
- Utilisation des sols
- Utilisation des ressources fossiles
- Acidification
- Utilisation des ressources en eau
- ...

- Impact =  $\sum_i (E_i \times CF_i)$
- Facteur de caractérisation ( $CF_i$ ) diffère
  - En fonction de la catégorie d'impact
    - $CF_{i,\text{changement climatique}} \neq CF_{i,\text{ressource en eau}}$
  - En fonction de la méthode de caractérisation employée
    - Regroupe catégories d'impact et définit les facteurs de caractérisation
    - $CF_{i,\text{écotoxicité,EF 3.0}} \neq CF_{i,\text{écotoxicité,ReCiPe}}$

**Prudence en comparant  
des résultats issus de  
méthodes différentes**



# Une méthode multicritère : Communiquer les résultats

- Changement climatique
  - Toxicité humaine
  - Eutrophisation
  - Appauvrissement de la couche d'ozone
  - Ecotoxicité
  - Utilisation des sols
  - Utilisation des ressources fossiles
  - Acidification
  - Utilisation des ressources en eau
  - ...
- Normaliser
    - Mettre les résultats en perspective par rapport à un système de référence
  - Pondérer
    - Prioriser les impacts normalisés en fonction d'un set de coefficients
      - Objectif politique
      - Monétisation
      - ...

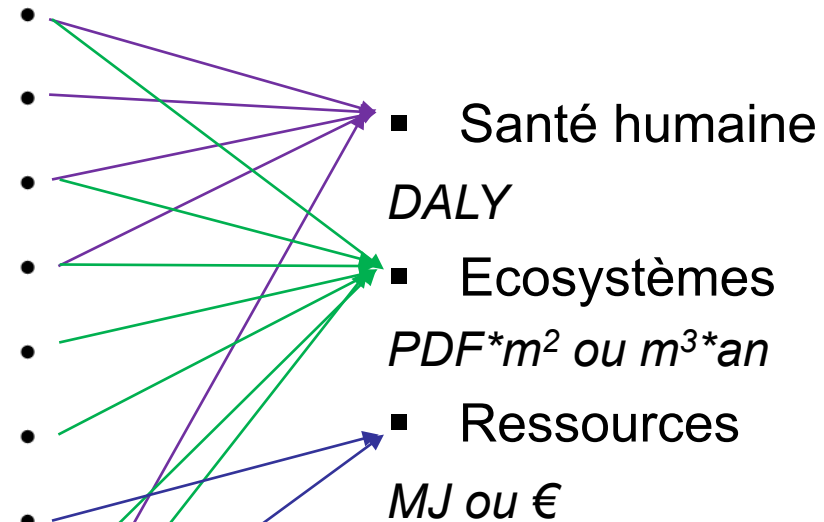


# Une méthode multicritère : Communiquer les résultats

Midpoint

- Changement climatique
- Toxicité humaine
- Eutrophisation
- Appauvrissement de la couche d'ozone
- Ecotoxicité
- Utilisation des sols
- Utilisation des ressources fossiles
- Acidification
- Utilisation des ressources en eau
- ...

Aire de protection  
(Endpoint)

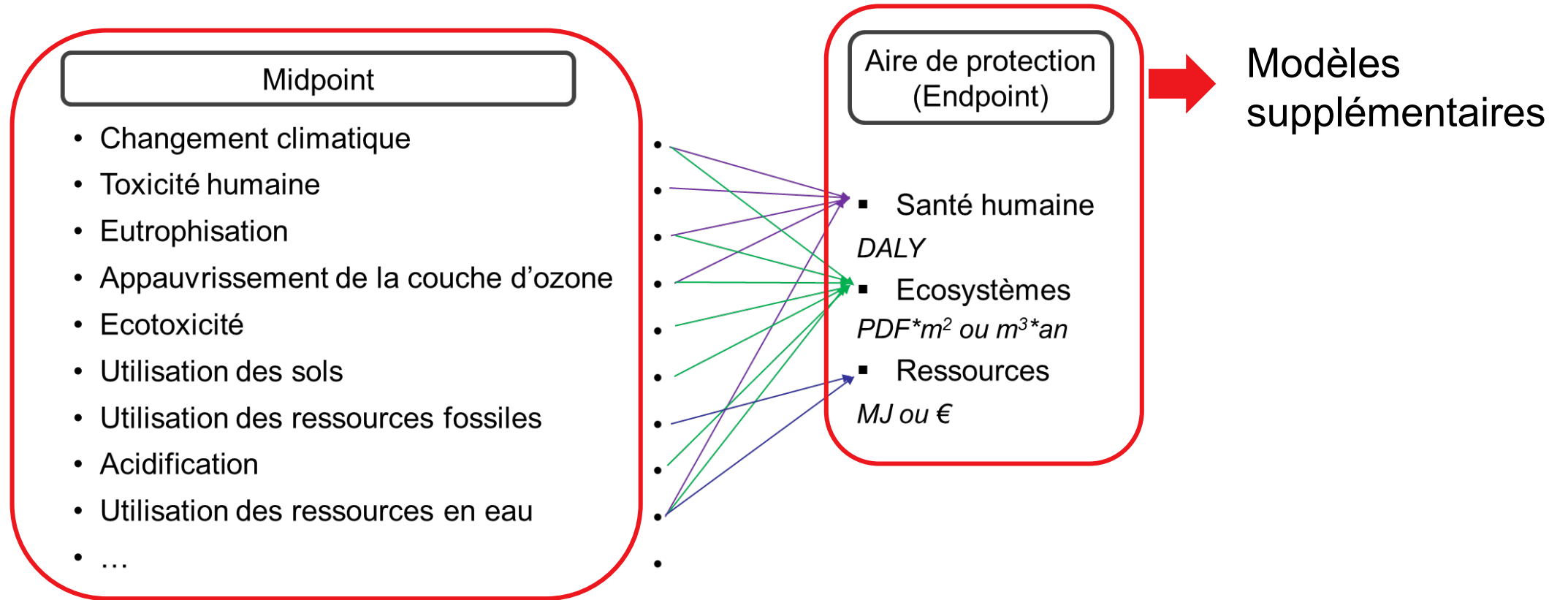


*DALY: Disability Adjusted Life Years*

*PDF: Potentially Disappeared Fraction of species*



# Aire de protection $\neq$ normalisation et pondération

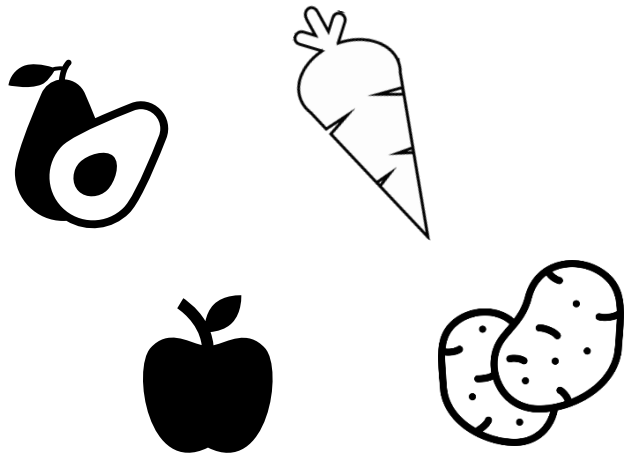


➔ Normalisation et pondération cherchent à résumer les impacts «midpoints» en utilisant des choix subjectifs, de la priorisation



# Un inventaire représentatif

Quel aliment a le moins d'impact environnemental ?



Changement climatique ?

Evolution des pratiques agricoles

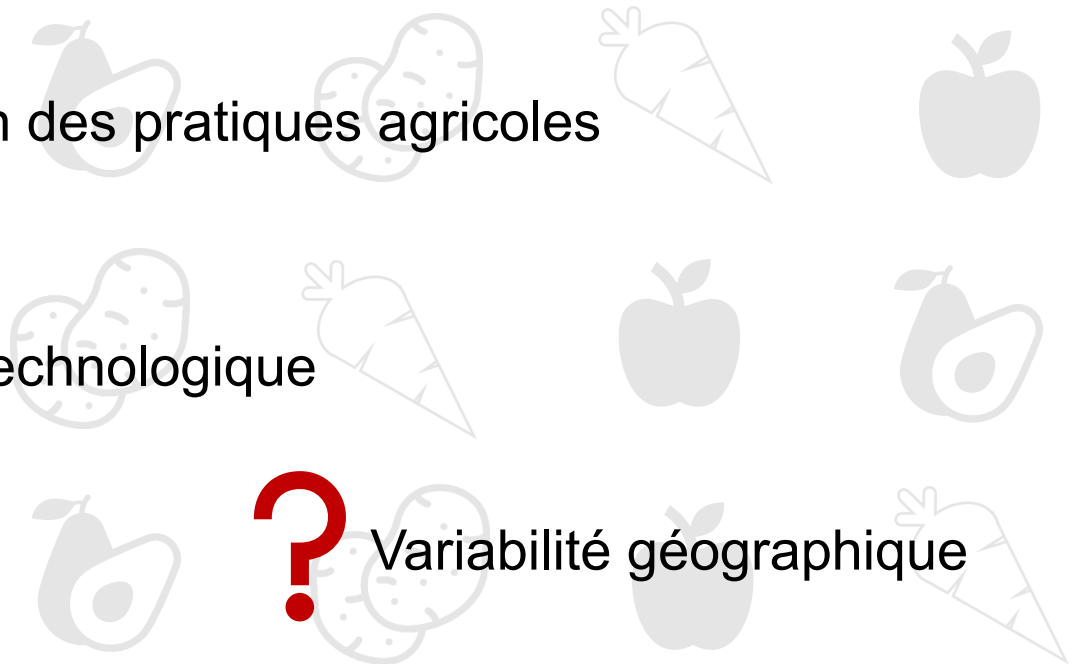
Ressources ?

Variabilité technologique

Ecotoxicité

?

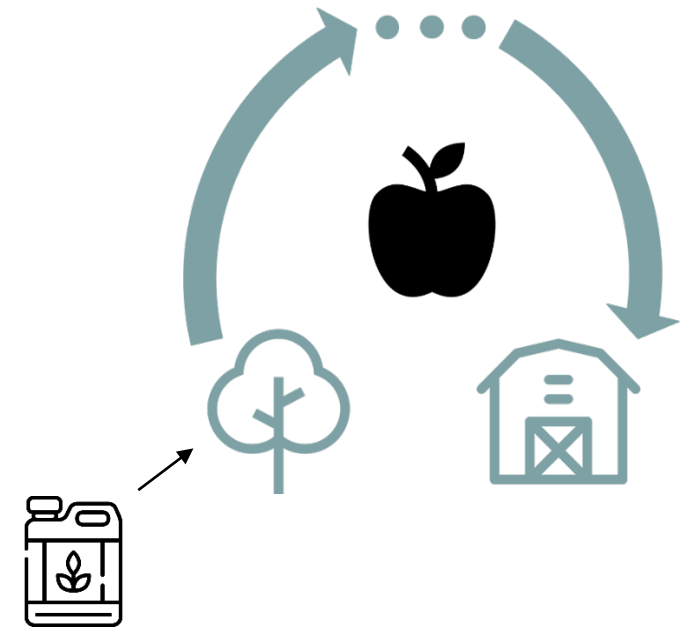
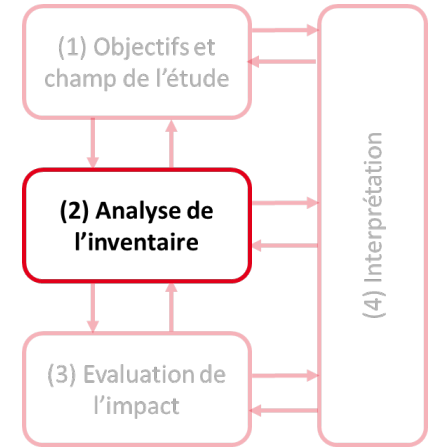
Variabilité géographique





# Un inventaire représentatif

- Système de premier plan
  - Données primaires liées au processus
- Système d'arrière plan
  - Données issues de bases de données, comme ecoinvent
- Production d'engrais phosphaté
  - Evolution de l'inventaire entre 2010 – 2021:
    - ~ 30% réduction de la consommation électrique pour 1kg
    - ~ 23% réduction de l'impact sur le changement climatique





# Un inventaire paramétré

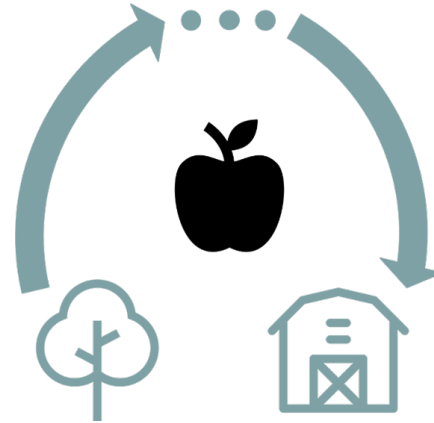
- Définir les flux d'inventaire avec des paramètres



Diesel = f(efficacité)



Engrais = f(management du sol)

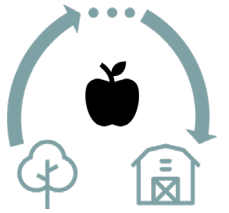


Productivité = f(ensoleillement)

- Modifier les paramètres
  - en fonction des évolutions technologiques,
  - en fonction de données géographiques, ou
  - selon une distribution statistique.

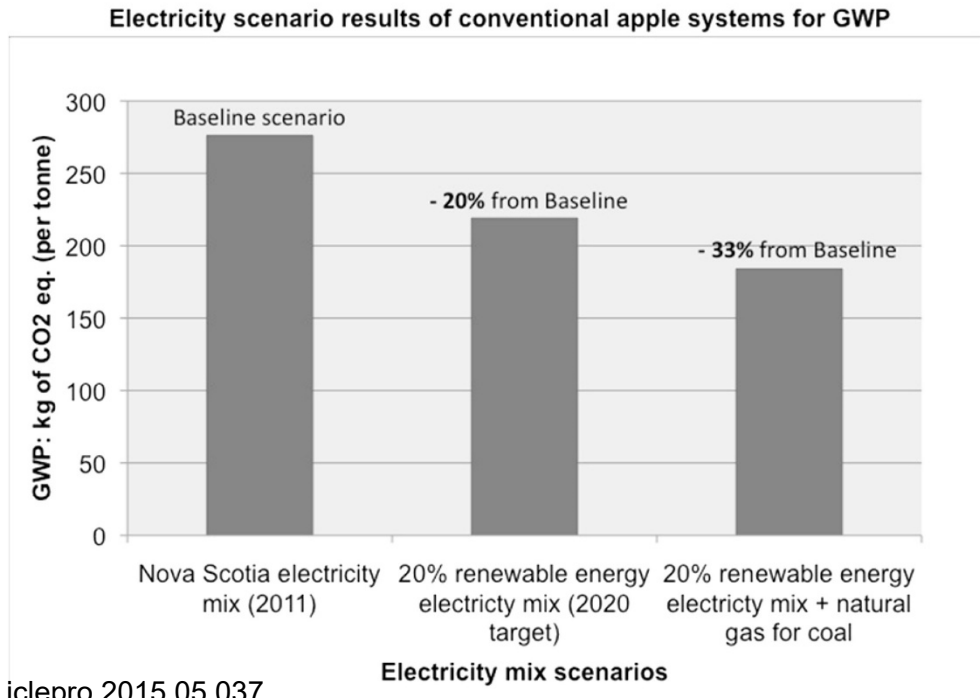


# Un inventaire paramétré pour des analyses de sensibilité

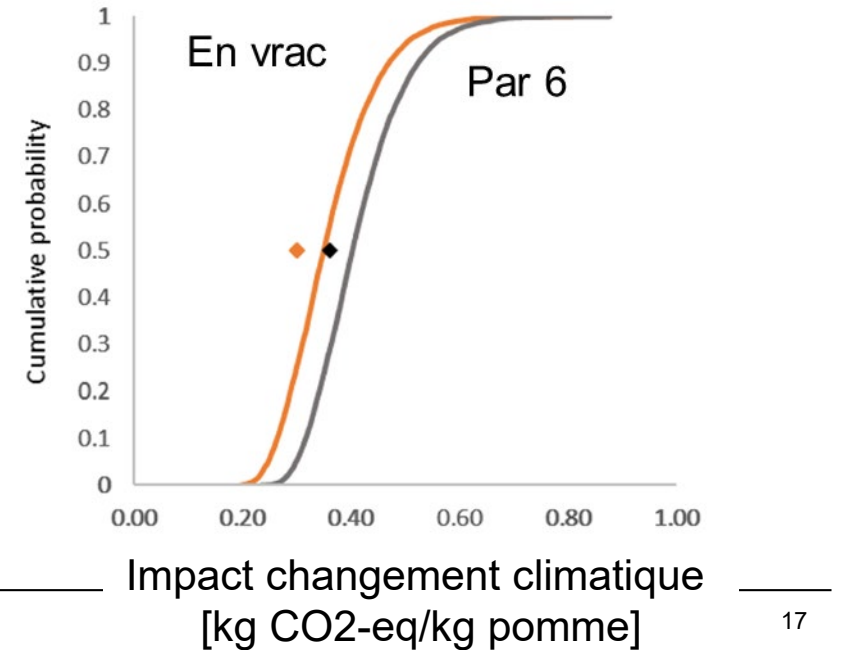


- Influence de la variation des paramètres sur les résultats d'ACV
  - **Locale** : variation d'un paramètre à la fois
  - **Globale** : variation de tous les paramètres simultanément

Modification du mix électrique utilisé dans la chaîne de production de pommes au Canada



Simulation Monte Carlo pour la distribution de pommes en vrac ou par 6 en Belgique







# Un inventaire paramétré pour des analyses prospectives

- Evolution future des impacts environnementaux d'un système
- Technologies en phase de développement / amenées à évoluer
  - Paramètres doivent prendre en compte les évolutions technologiques
  - Passage de l'échelle du laboratoire à l'échelle industrielle
- Evolutions du contexte dans lequel le système analysé se place
  - Mix énergétique
  - Chaînes d'approvisionnement



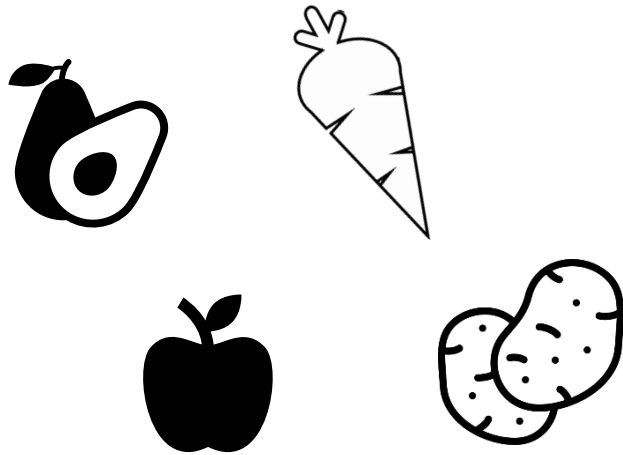
# L'analyse du cycle de vie : Un outil puissant

- Méthode normée ISO 14040-14044
- Evaluation des impacts environnementaux d'un système
- Ensemble du cycle de vie
  
- Analyse multicritère (au-delà de l'impact sur le changement climatique)
  - Utilisation des ressources, Ecotoxicité, Toxicité humaine, Eutrophisation...
  - Pondération ≠ Résultats par aires de protection
  
- Paramétrisation des inventaires
  - Analyse de sensibilité
  - Analyse prospective



# L'analyse du cycle de vie : Un outil puissant et en développement

Quel aliment a le moins d'impact environnemental ?



Changement climatique ?



Apport nutritionnel

Ressources en eau ?



Impact du changement climatique sur les modèles existants

Ecotoxicité ?



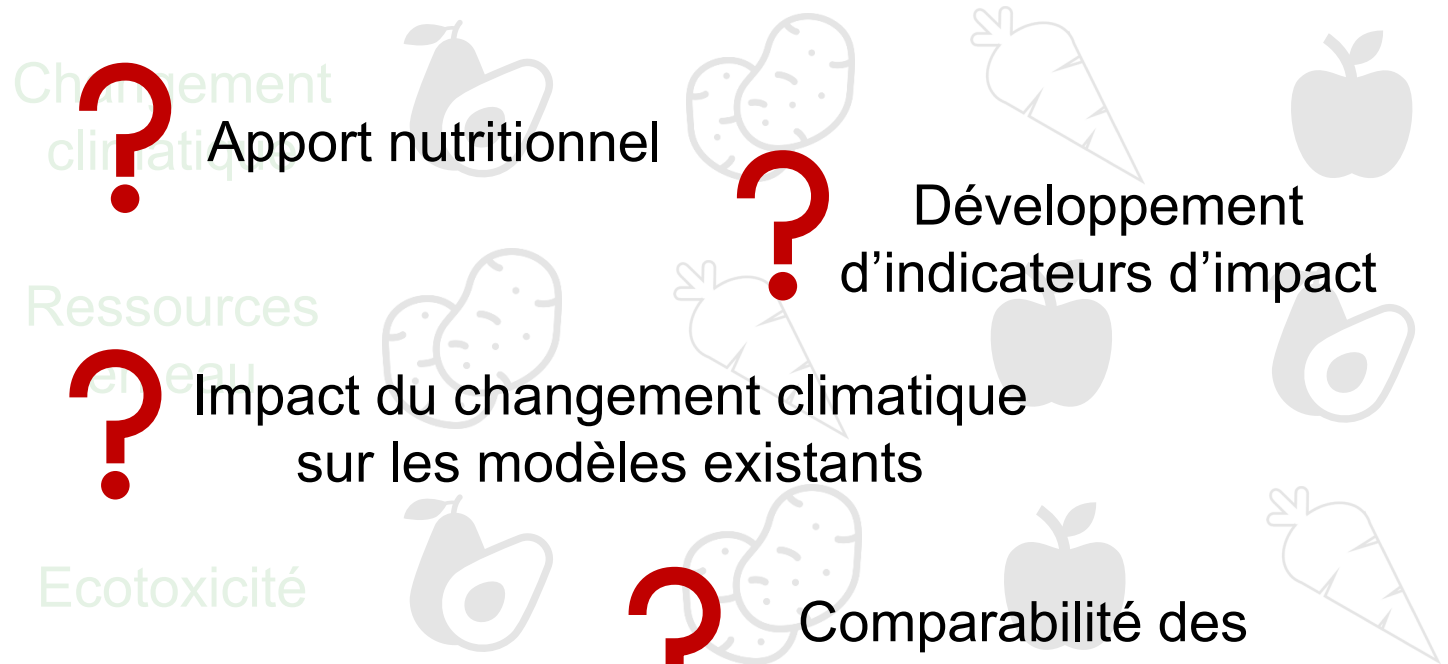
Communication des résultats

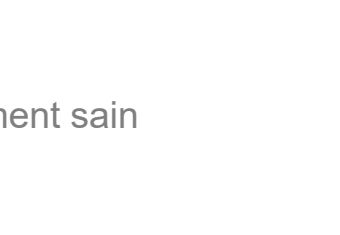
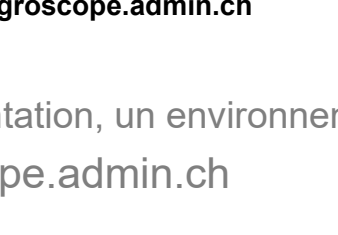
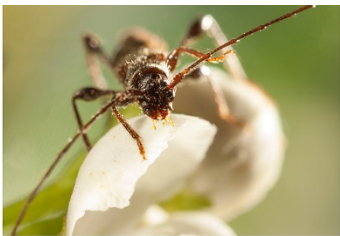


Comparabilité des produits



...

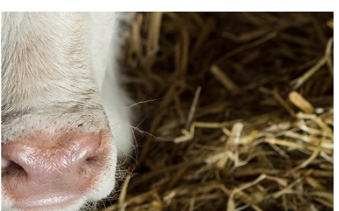
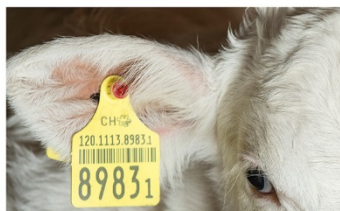




**Merci pour votre attention**

**Mélanie Douziech**  
melanie.douziech@agroscope.admin.ch

**Agroscope** une bonne alimentation, un environnement sain  
[www.agroscope.admin.ch](http://www.agroscope.admin.ch)





# Références

- Icônes issues de flaticon.com (Freepik)
- 10.1016/j.jclepro.2015.05.037
- 10.1007/s11367-022-02041-0