



Les Mardis de la Chimie Durable

14 juin 2022

L'Analyse de Cycle de Vie des produits biosourcés Spécificités et recommandations au praticien

Christophe Calais - christophe.calais@arkema.com

ARKEMA Expert ACV



Animateur GT Durabilité



S'ENGAGER
ENSEMBLE
DURABLEMENT

Exemples d'impacts environnementaux



Changement
climatique
kg eq CO₂

Oxidation
photochimique
kg eq C₂H₄

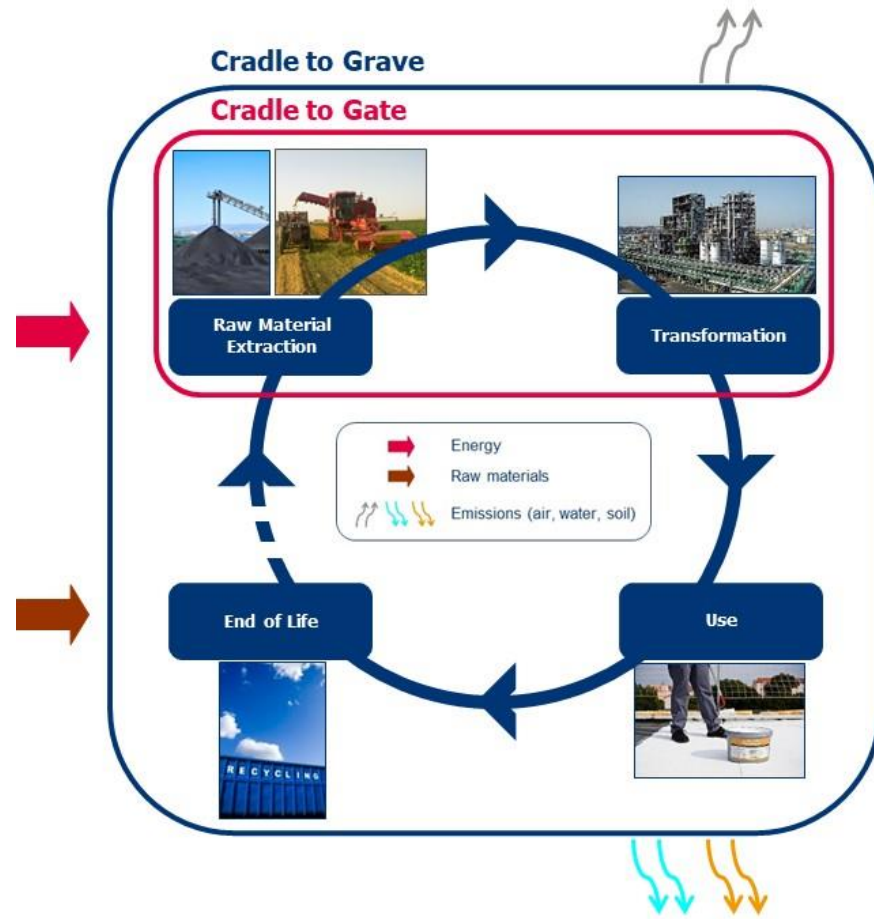
Eutrophisation
kg PO₄³⁻ eq

Acidification
kg SO₂ eq

Et beaucoup
d'autres
...



L'ACV, l'outil de référence pour l'évaluation des impacts environnementaux



■ Besoin de mesurer

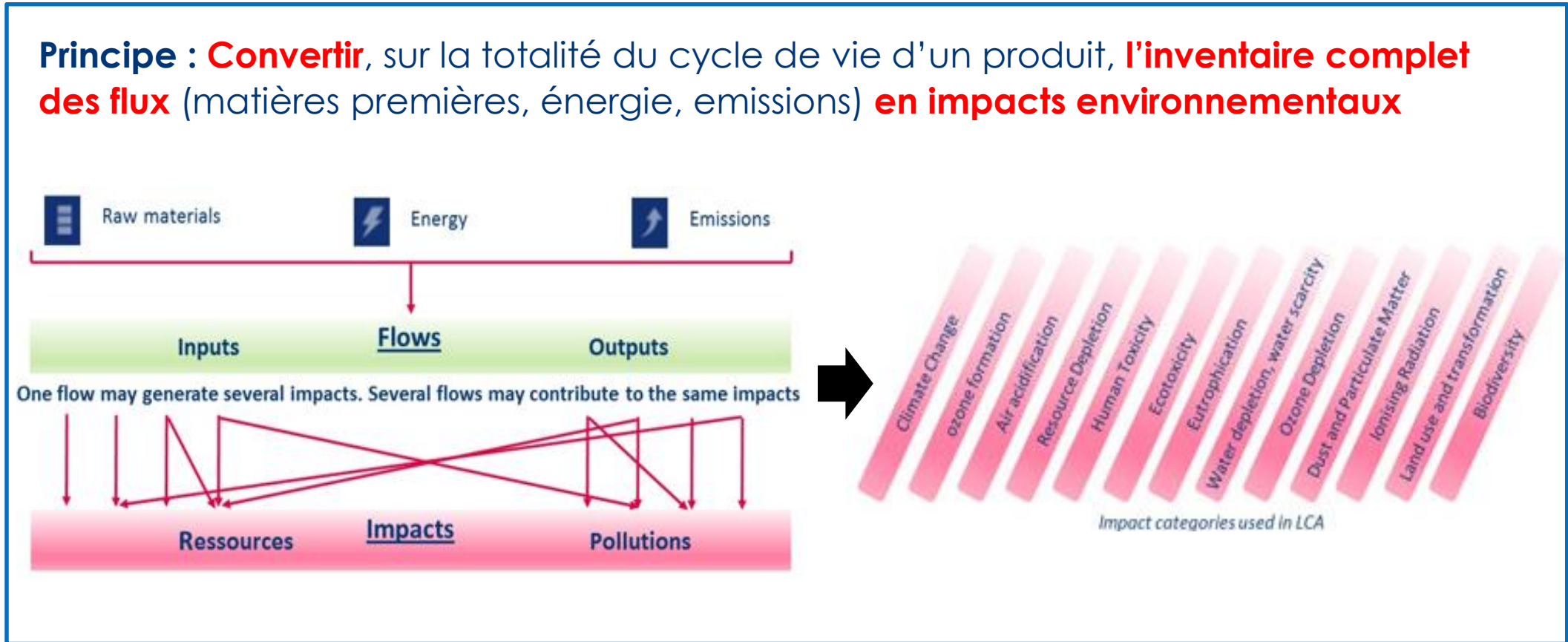
- Plusieurs impacts (multi-critères)
- Sur l'ensemble du cycle de vie des produits (extraction, transformation, utilisation, fin de vie)

■ L'ACV s'est imposée comme l'outil de référence !

- Scientifique
- Quantitative
- Normalisée (ISO 14040/44)

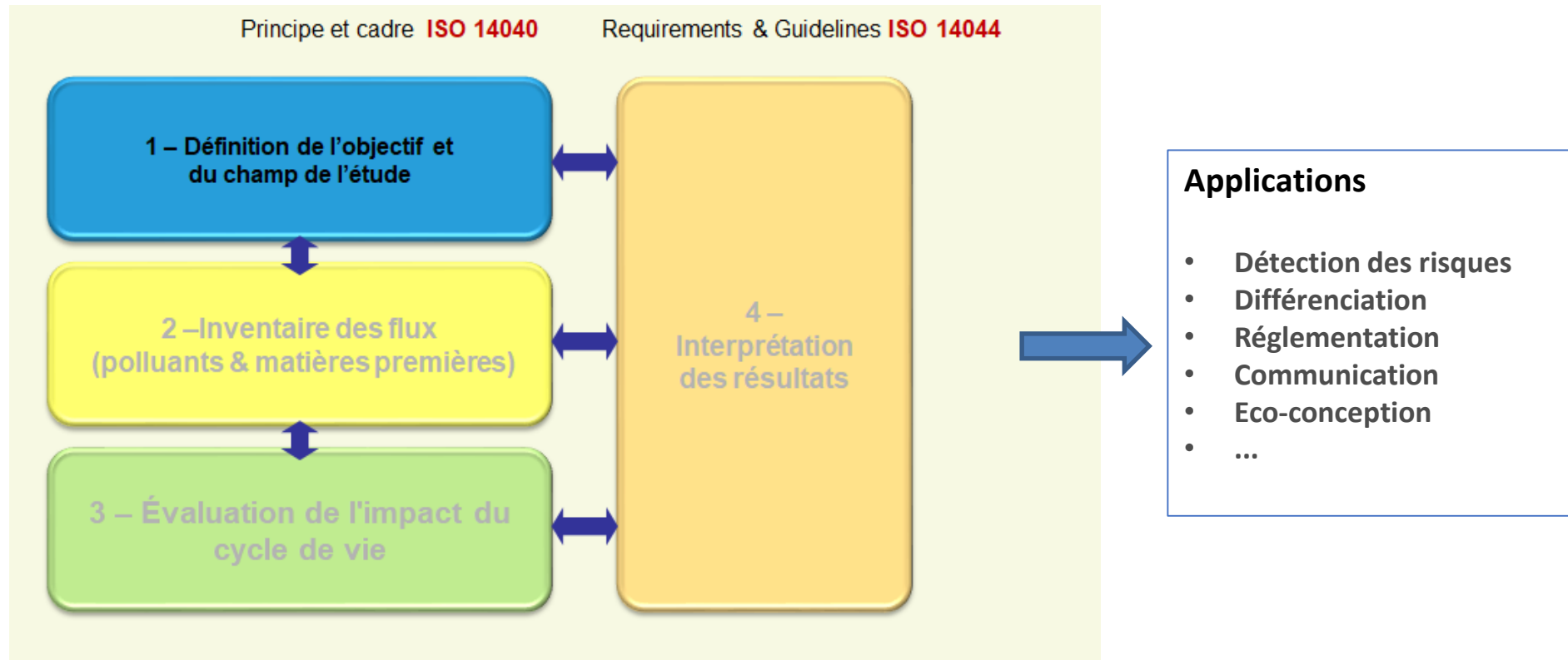
L'Analyse de Cycle de Vie en un coup d'oeil

Principe : Convertir, sur la totalité du cycle de vie d'un produit, **l'inventaire complet des flux** (matières premières, énergie, émissions) **en impacts environnementaux**



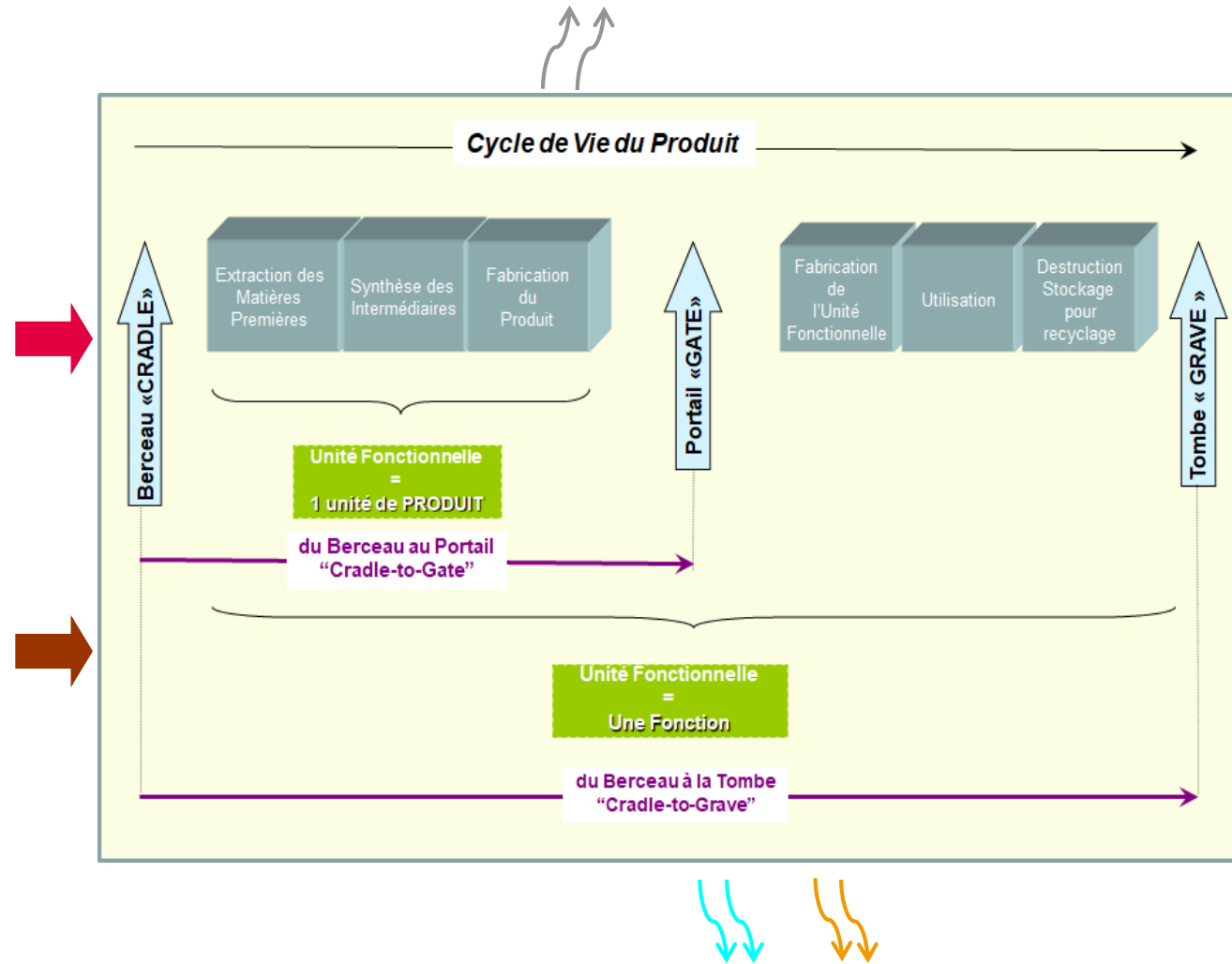
Cadre de l'ACV : objectif et champ d'étude

Une méthode normalisée en 4 étapes

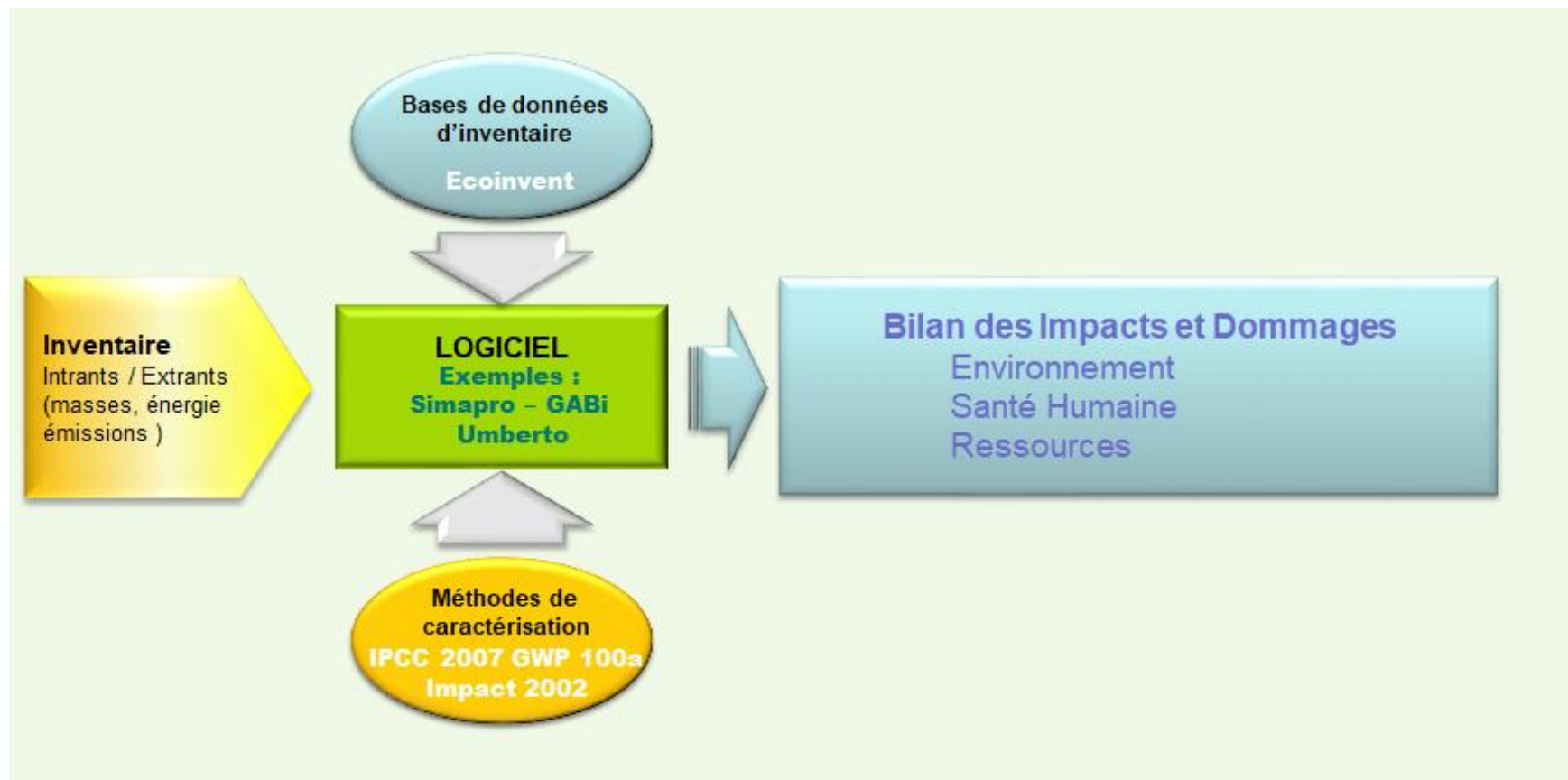


En cas de communication externe, nécessité de procéder à une revue par une tierce partie

Systeme: Périmètre et unité fonctionnelle



Méthodologie : des outils spécifiques



Guide méthodologique ACDV

Recommandations pratiques pour l'évaluation environnementale de produits chimiques biosourcés

*Réalisé par EVEA
en collaboration avec les membres du GT ACV
et le soutien de l'Ademe et Arvalis*

2016

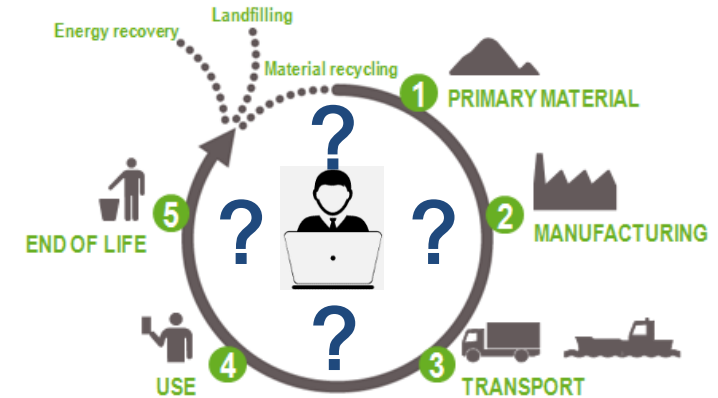
Enjeux

Afin de se développer sur leurs marchés, **les produits biosourcés ont besoin de prouver leur pertinence** d'un point de vue :

- **Des propriétés techniques** (équivalente aux produits pétrosourcés ou apportant de nouvelles fonctionnalités)
- **De la compétitivité économique**
- **De la performance environnementale et sociale**

L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) se positionne comme la **méthode de référence** pour l'évaluation des impacts environnementaux des produits.

Cependant, l'évaluation du vivant et notamment des matières premières issues de la biomasse pose un certain nombre de **problématiques spécifiques** qui ne sont pour l'instant pas résolues de manière consensuelle.



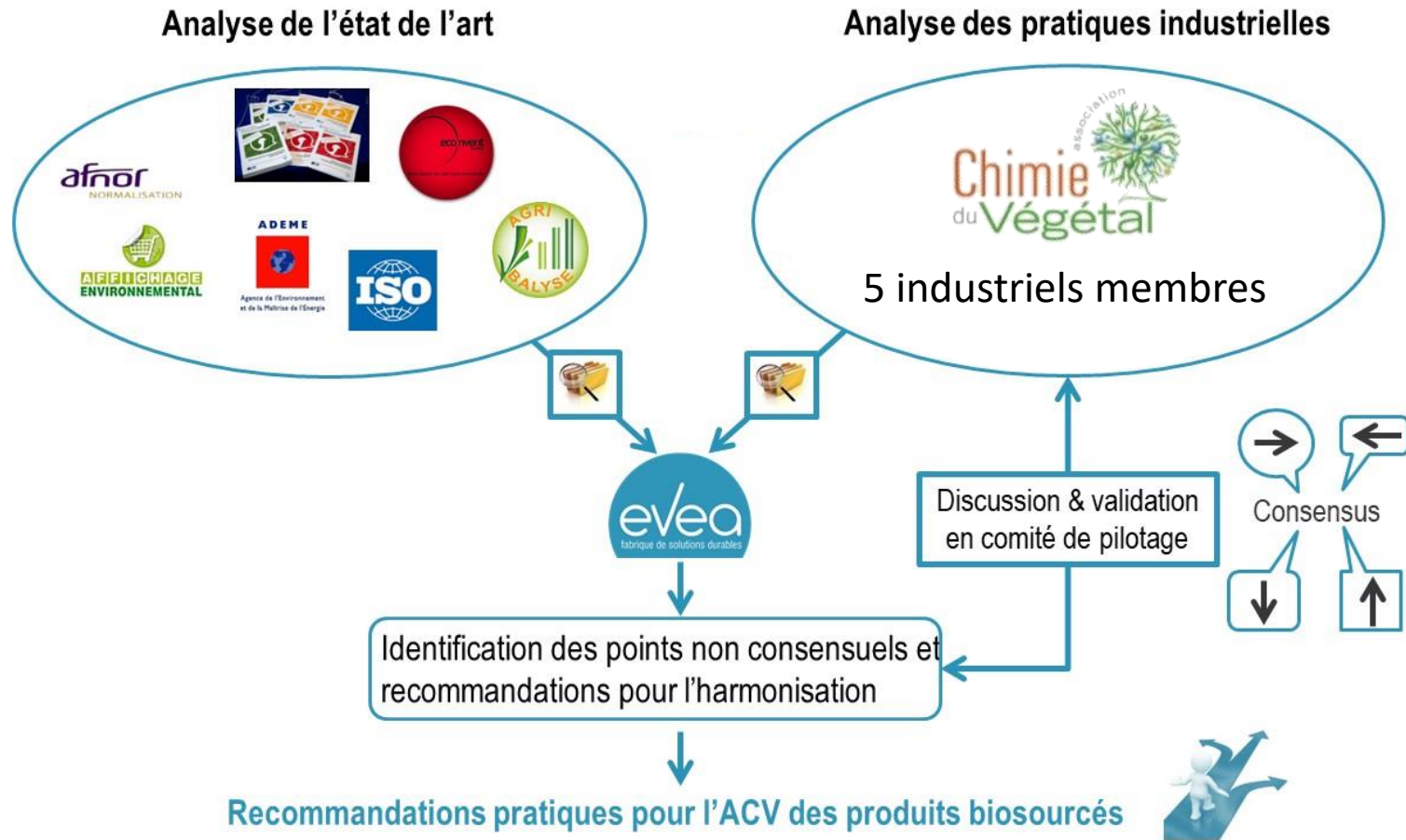
Objectifs du projet



- Proposer une méthodologie harmonisée pour l'ACV de produits biosourcés afin :
 - de permettre la **comparaison des performances environnementales de produits** (basé sur la même méthodologie)
 - **de promouvoir l'évaluation environnementale** des produits biosourcés
 - **d'accompagner les praticiens ACV** dans leurs choix méthodologiques

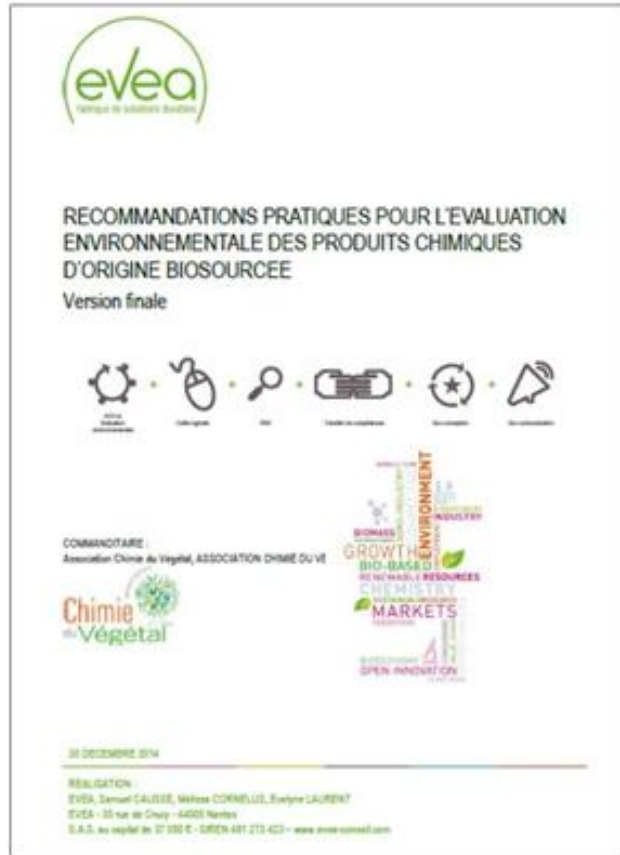
Le guide pratique issu du projet est basé sur 5 cas d'études industriels et se veut pragmatique.

Méthodologie du projet



Livrables

Guide méthodologique complet

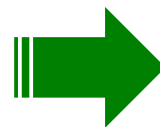
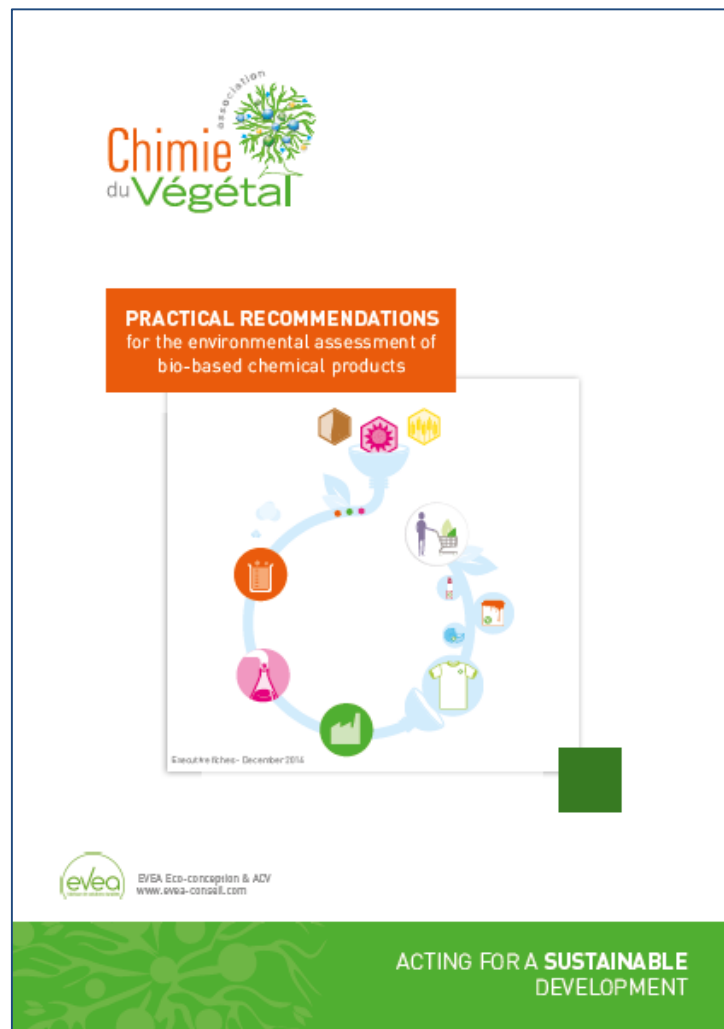






Fiches de synthèse



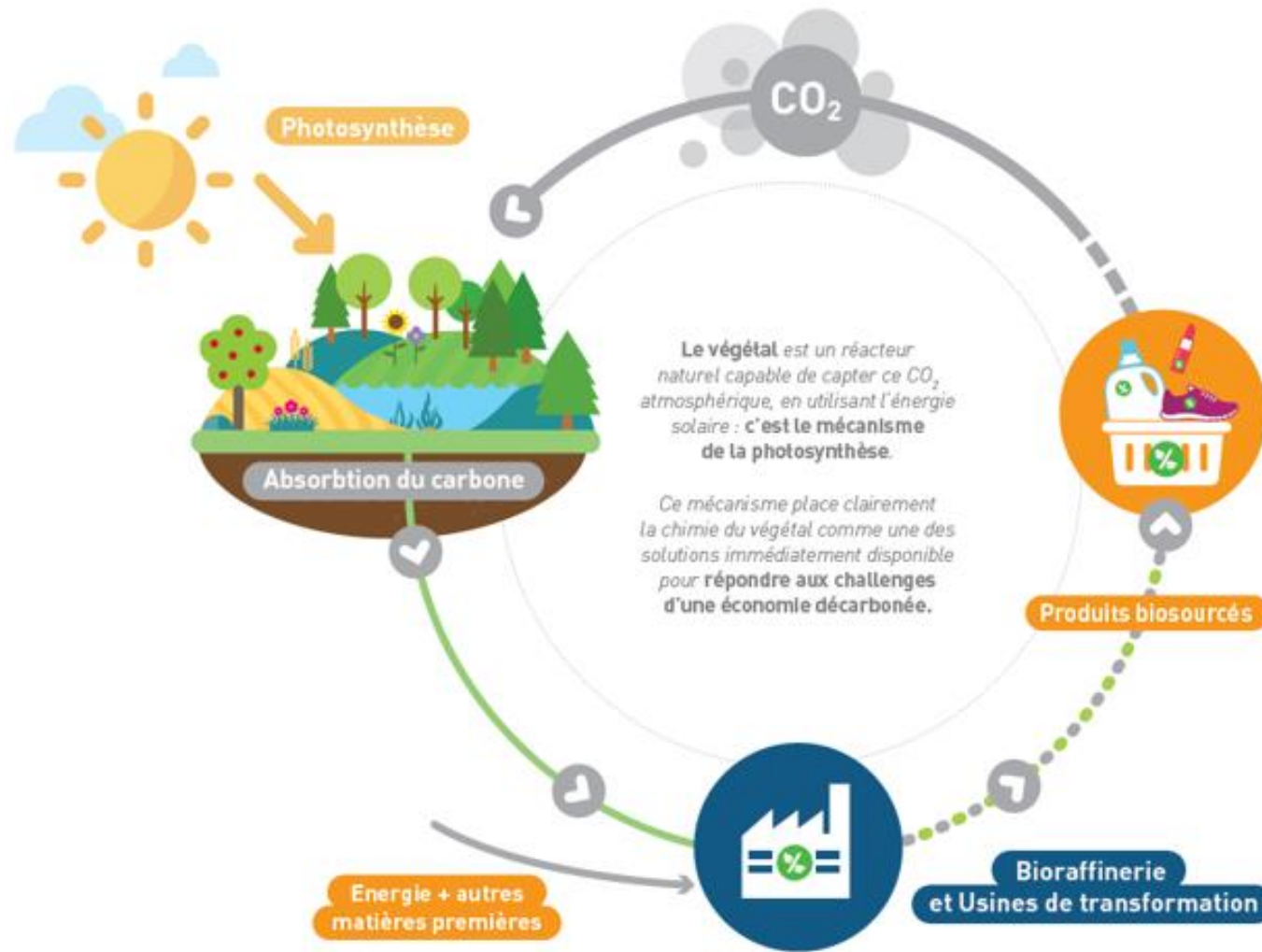
Téléchargeables sur le site de l'ACDV !

Problématiques méthodologiques abordées



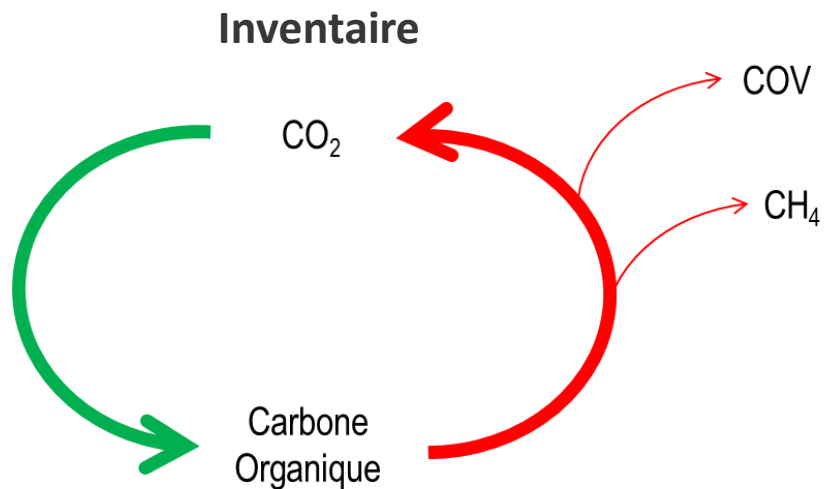
	MODÉLISATION DE L'INVENTAIRE DU PRODUIT GÉNÉRAL	
Cycle de vie		Fiche N° 1
Unité fonctionnelle		Fiche N° 2
Qualité des données génériques		Fiche N° 3
Qualité des données spécifiques		Fiche N° 4
Règle de coupure		Fiche N° 5
Gestion des coproduits et allocations		Fiche N° 6
Emissions à long terme		Fiche N° 7
	MODÉLISATION DE L'INVENTAIRE DU PRODUIT SPÉCIFICITÉ DU BIOSOURCÉ	
Prise en compte du carbone biogénique : stockage		Fiche N° 8
Prise en compte du carbone biogénique : émissions décalées		Fiche N° 9
	MODÉLISATION DE L'AMONT AGRICOLE	
Périmètre temporel		Fiche N° 10
Choix entre données génériques et spécifiques pour l'amont		Fiche N° 11
Emissions de l'amont agricole		Fiche N° 12
Infrastructures de l'amont		Fiche N° 13
	LES INDICATEURS D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX EN ACV	
Changement climatique		Fiche N° 15
Empreinte eau		Fiche N° 16
Consommation de ressources		Fiche N° 17
Utilisation des sols		Fiche N° 18
Qualité des sols		Fiche N° 19
Toxicité et éco-toxicité		Fiche N° 20
Biodiversité		Fiche N° 21
	RÉDACTION DES MÉTADONNÉES	Fiche N° 22

Prise en compte du carbone biogénique



Prise en compte du carbone biogénique et des émissions différées de CO₂

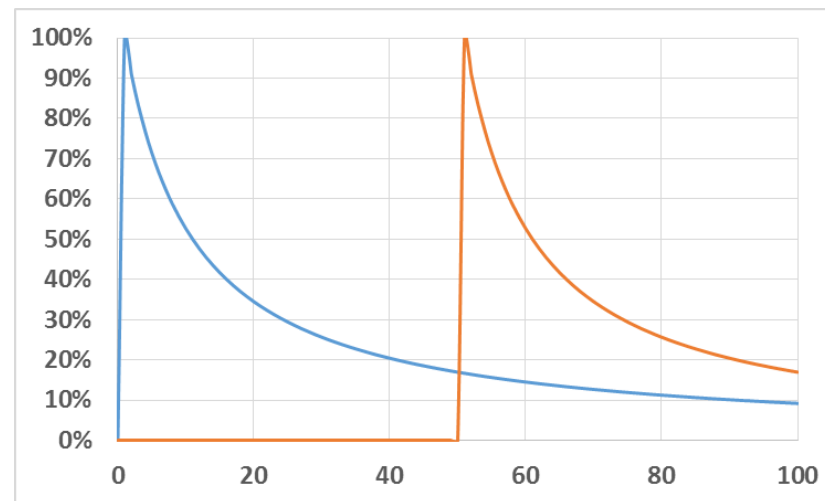
Deux problématiques méthodologiques à bien discerner



2 approches :

- Bilan neutre : prélèvement et émission de CO₂ non pris en compte
- Prise en compte stockage et émission de CO₂ en fin de vie

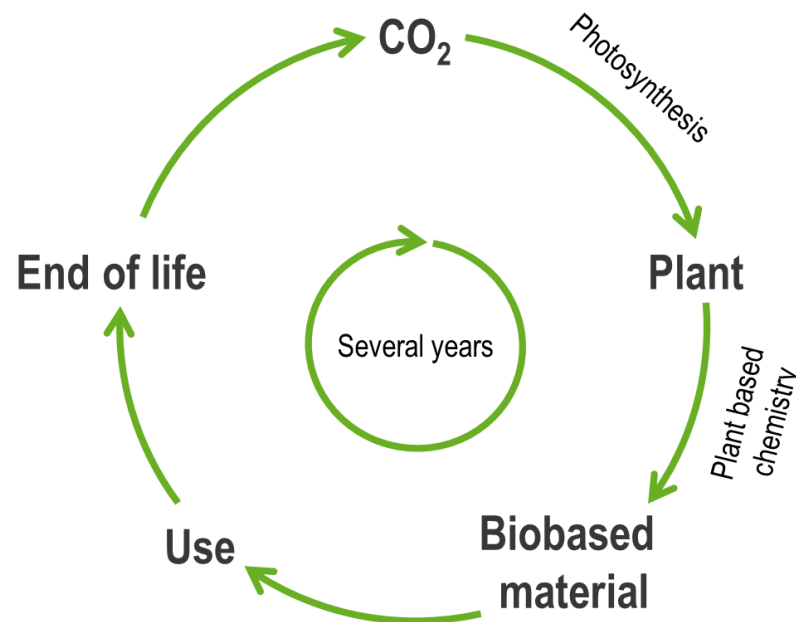
Caractérisation



2 approches :

- Négligé
- Prise en compte d'un « crédit carbone » à la phase d'utilisation dans le cas d'une émission différée

Prise en compte du carbone biogénique



- **Recommandation**

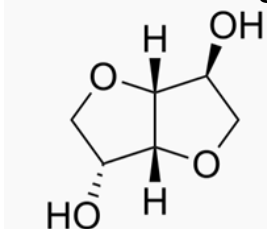
Il est nécessaire de **prendre en compte le stockage de CO₂** par la plante car cela permet une comparaison pertinente entre des produits biosourcés et pétro-sourcés lors d'une analyse **"cradle to gate" (carbone présent dans le produit)** mais aussi dans une approche **"cradle to grave" lorsque le carbone n'est pas totalement ré-emis en fin de vie** (e.g. mise en décharge de produits non biodégradables) **ou réémis sous d'autres formes** (e.g. CH₄, CO, COV, ...)

Exemple de calcul du stockage de CO₂

Isosorbide

Formule : C₆H₁₀O₄

Masse molaire : 146 g/mol



Calcul du stockage de carbone

6 atomes de carbone biosourcés (12 g/mol)

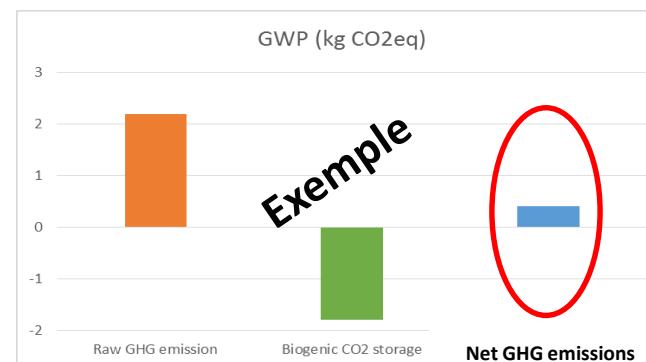
→ $(6 \times 12) / 146 = 0,493 \text{ kg C}_{\text{biogenic}}/\text{kg isosorbide}$

Chaque atome de carbone biosourcé correspond à une molécule de CO₂ (44 g/mol) captée par la plant

→ $0,493 \times 44 / 12 = 1,8 \text{ kg CO}_2\text{eq}/\text{kg isosorbide}$

Recommandation pour la communication des résultats

Résultat « Cradle to gate »
incluant un stockage de
carbone de 0,49 kg biogenic
C/kg de produit



INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
14067

6.5.2 Impact assessment of biogenic carbon

Removals of CO₂ into biomass shall be characterized in the LCIA as -1 kg CO₂e/kg CO₂ in the calculation of the CFP when entering the product system.

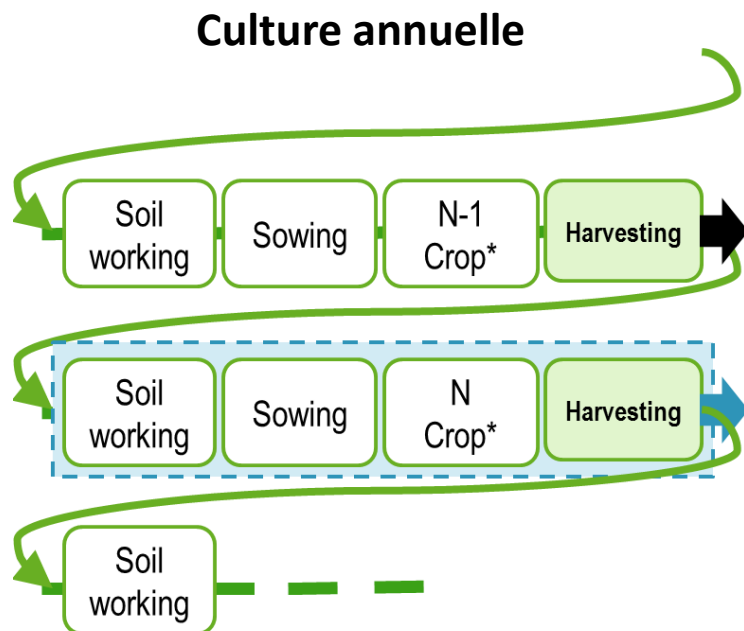


Ass
Chi
V&E

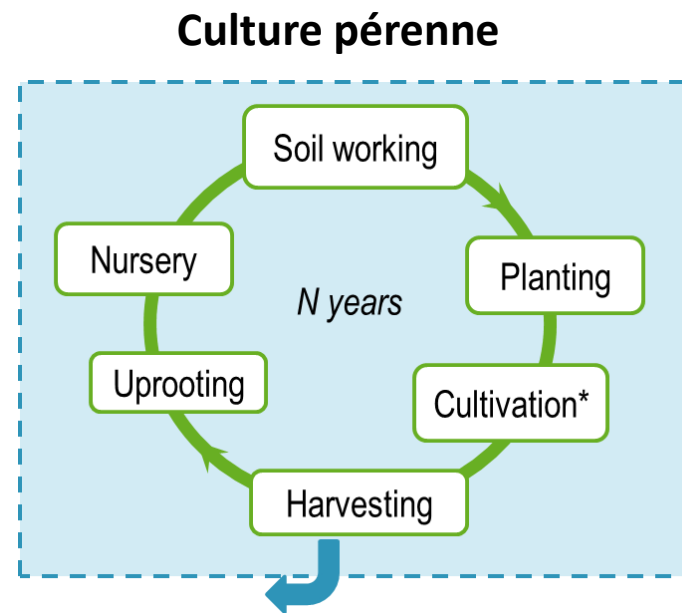
S'ENGAGER
ENSEMBLE
DURABLEMENT

Périmètre temporel pour la modélisation de la production agricole

Fiche N° 10



→ Le périmètre temporel est **de la récolte de la culture précédente à la récolte de la culture étudiée**



→ Pour les cultures pérennes, le périmètre temporel correspond à la durée globale de la culture, **de son établissement à sa destruction en fin de vie.**

Pour obtenir des données représentatives, l'inventaire doit être mené sur une **année représentative** ou sur une **moyenne sur plusieurs années** du système de production.



Emissions de l'amont agricole

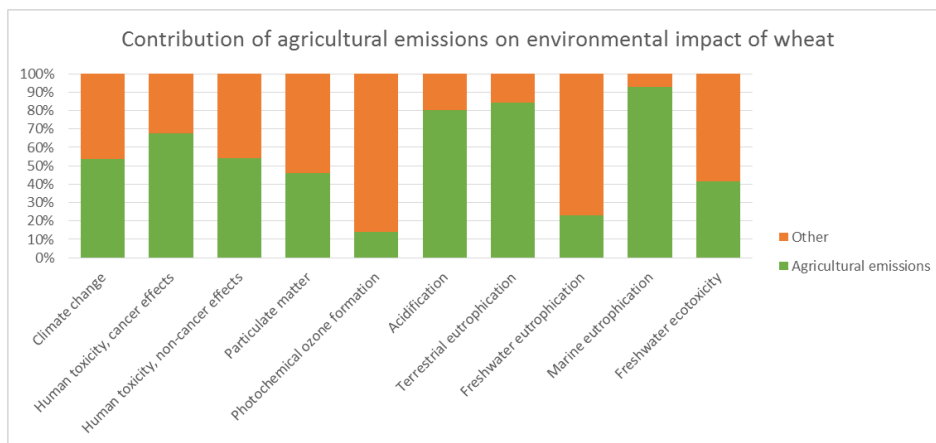


Périmètre temporel.....	Fiche N° 10
Choix entre données génériques et spécifiques pour l'amont.....	Fiche N° 11
Emissions de l'amont agricole.....	Fiche N° 12
Infrastructures de l'amont.....	Fiche N° 13

■ Enjeux :

Les produits agricoles **ne sont pas toujours disponibles** dans les bases de données d'ACV (e.g. ecoinvent, AGRIBALYSE® ...) **ou les données ne sont pas pertinentes** en termes de représentativité technologique ou temporelle. Dans ce cas le praticien ACV est amené à créer sa propre donnée d'ICV spécifique à l'amont agricole de son produit ; ce qui implique la **quantification des émissions agricoles**.

Par ailleurs, les substances émises à l'étape de production agricole **contribuent de manière significative sur de nombreux indicateurs d'impact**.



→ Quelles émissions doivent être quantifiées par le praticien ACV ?

→ Quels modèles utiliser pour le calcul des émissions au champ ?

Recommandations pratiques pour le calcul des émissions au champ

■ Recommandation :

Les émissions qui doivent nécessairement être quantifiées dépendent des indicateurs d'impacts suivis :

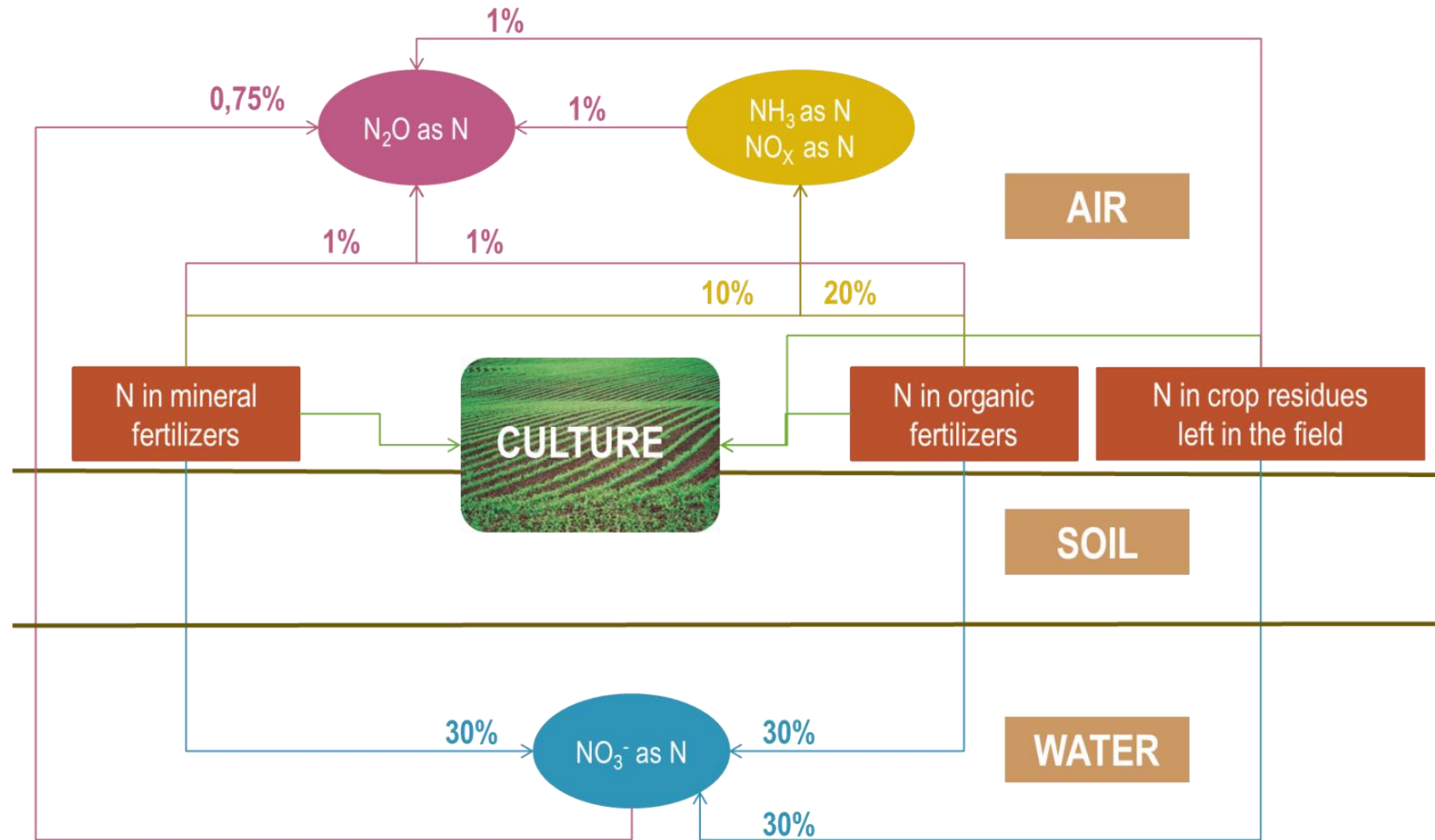
Impacts Emissions	Climate change	Acidification	Particles emissions	Photochemical ozone formation	Freshwater eutrophication	Marine eutrophication	Toxicity and eco-toxicity
N ₂ O	X						
NO ₃ ⁻	X *					X	
NH ₃	X *	X	X **			X	
NO _x	X *	X	X **	X		X	
CO ₂	X						
Phosphates					X		
Pesticides							X
MTE							X

*: Emission devant être quantifiée pour le calcul des émissions indirectes de N₂O

** Effet indirect lié à la formation de particules secondaires

Recommandations pratiques pour le calcul des émissions au champ

- Une première estimation rapide des émissions de N_2O peut être réalisée en appliquant le modèle simplifié proposé dans le rapport du GIEC 2006



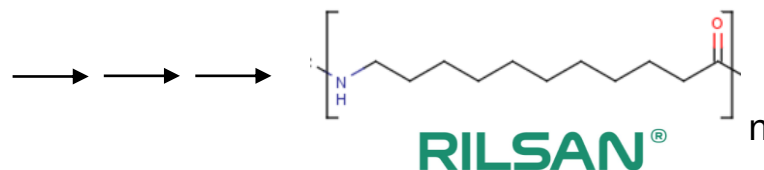
Retour d'expérience

ARKEMA

Arkema et les produits bio-sourcés

Présence historique sur le marché des produits bio-sourcés

- Polyamide 11 (Rilsan®), 100 % bio-sourcé, découvert en 1938 (ex huile de ricin)
- Industrialisation en 1955



Fortement intégré en amont dans le cas de l'huile de ricin

- Au travers d'Ihsedu (JV Arkema – Jayant Agro-organics)

Témoin de la prise de conscience progressive

- des challenges environnementaux...
- ... de la demande en produits bio-sourcés...
- ... et de l'établissement de l'ACV comme outil de référence



Tendances marché pour les PA de spécialité

Evolution des demandes marché de nos clients

- Haute performance
 - ou meilleur ratio performance/coût
- Haute performance + **solution bio-sourcé**
 - % carbone bio-sourcé
- Haute performance + **Eco-conception**
 - **demande données d'ACV**
 - information sur recyclage

SCARPA



Pebax
(PA12 based)



Pebax Rnew
(PA11 based)



Pebax
(PA12 based)



Pebax Rnew
(PA11 based)

**Nouvelle
génération**

on
Run on clouds.
Technology exists



Voici Cyclon. ▾
La chaussure ▾ de course qui
ne sera jamais à toi.

ACV => Des questions spécifiques aux produits bio-sourcés

Données de l'amont agricole ?

- Spécifiques / Génériques
- Périmètre géographique
- Saisonnalité
- Emissions au Champ...

Quels indicateurs ?

- Changement climatique
- Consommation de ressources (énergie, matière)
- Empreinte eau
- Utilisation des sols
- Toxicité / Eco-toxicité
- Biodiversité
- ...

Comptage du carbone biogénique ?

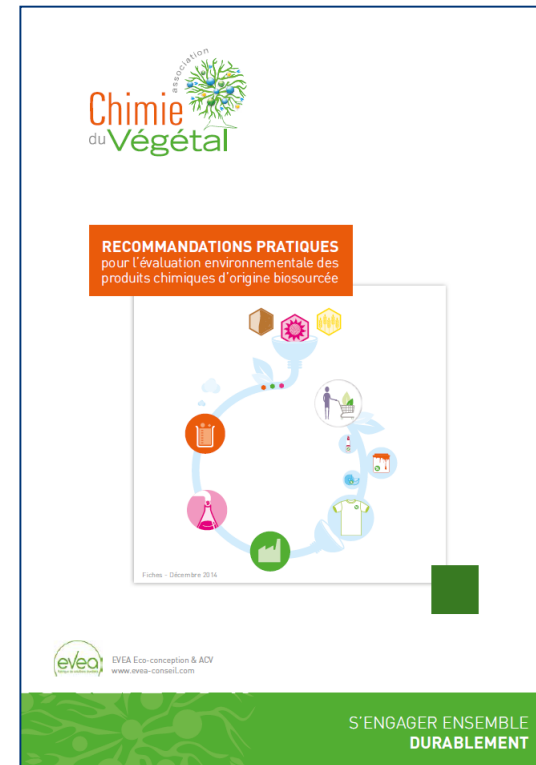
- Origine/Contenu bio-sourcé
- Sur l'ensemble du cycle de vie
- A la gate

Dans la pratique ?

- Sources des données ? Modélisation ?
- Comment évalue-t-on les indicateurs ? Méthodes ?

Les réponses dans...

... le Guide ACV Bio-sourcés



Le guide qui se veut pragmatique est basé sur des pratiques de mise en œuvre par 5 industriels membres de l'ACDV

22 fiches de synthèse



Modélisation inventaire



Modélisation amont agricole



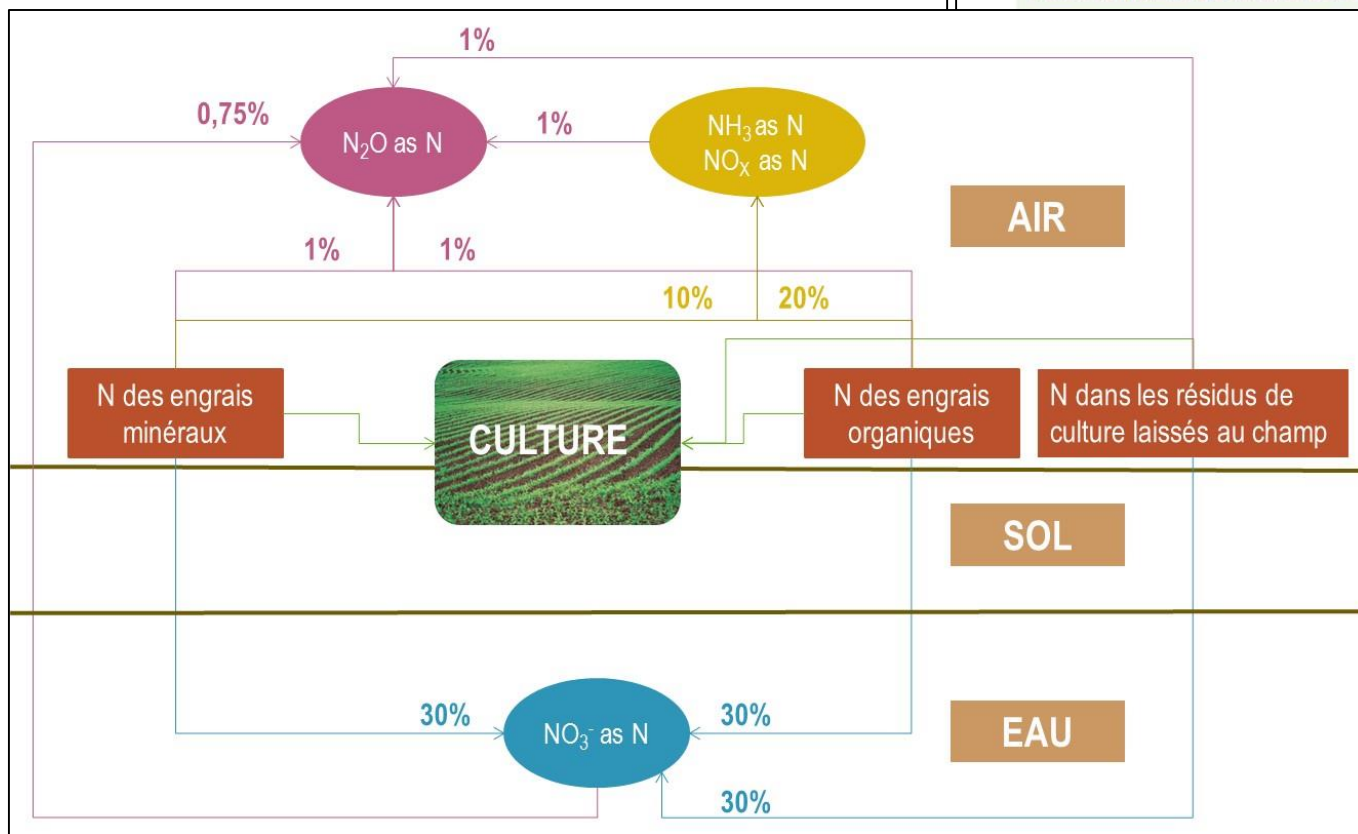
Indicateurs

12 EMISSIONS DE L'AMONT AGRICOLE ^(1/2)



CONTEXTE

L'utilisation d'intrants agricoles (fertilisants et produits phytosanitaires) engendrent des émissions directes et indirectes dans l'environnement (air, eau et sol) : nitrates, pesticides, ...



12 EMISSIONS DE L'AMONT AGRICOLE ^(2/2)



RECOMMANDATIONS PRATIQUES DE L'ACDV

Emissions à quantifier en fonction des indicateurs d'impacts analysés :

Emission de particules	Formation d'ozone photochimique	Eutrophication eau douce	Eutrophication marine	Toxicité et éco-toxicité
			X	
X **			X	
X **	X		X	
		X		
				X
				X

Estimation des émissions azotées proposée dans le rapport du GIEC

le calcul des émissions azotées

Représentation schématique des facteurs d'émissions du modèle simplifié GIEC 2006 cf. Chapitre 6.2 du



Calcul de la volatilisation d'azote sous forme NH_3 / NO_x :
 Volatilisation = $42 \times 10\% = 4,2 \text{ kg } NH_3/NO_x \text{ as N}$

Calcul de l'émission directe de N_2O :
 Emission directe = $42 \times 1\% = 0,42 \text{ kg } N_2O \text{ as N}$

Calcul de l'émission indirecte de N_2O via lixiviation :
 Emission indirecte lixiv. = $12,6 \times 0,75\% = 0,0945 \text{ kg } N_2O \text{ as N}$

Calcul de l'émission indirecte de N_2O via volatilisation :
 Emission indirecte volatil. = $4,2 \times 1\% = 0,042 \text{ kg } N_2O \text{ as N}$

Bilan de l'émission totale de N_2O :
 $0,42 + 0,0945 + 0,042 = 0,5595 \text{ kg } N_2O \text{ as N}$
 Soit $0,5595 \times 44 / 28 = 0,879 \text{ kg } N_2O$

La valeur du Guide ACV bio-sourcés de l'ACDV

➤ L'expérience du praticien Arkema (estimation émissions amont agricole)

Avant



- Recherche biblio.
- Difficile pour non spécialiste
- Validité ?

Après



- Rendement agricole ?
- Engrais ?
 - ✓ Nature
 - ✓ Quantité

+



➤ Guide ➔ outil pratique

➤ Public cible ➔ initié sans être expert

Merci pour votre attention !

Questions ?



Christophe Calais - christophe.calais@arkema.com

ARKEMA Expert ACV

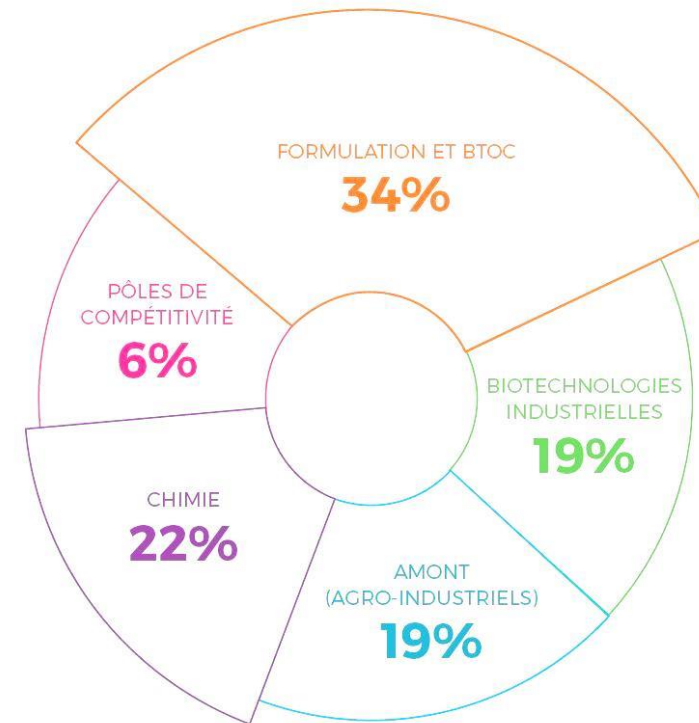


Animateur GT Durabilité

L'ACDV en bref

60 adhérents en avril 2021

- Seule association représentant l'ensemble des **maillons de la chaîne de valeur**
- Permet un **dialogue interne à la filière** (multi-activités), d'amont en aval, et avec toutes ses parties prenantes (financeurs, ...)
- Un interlocuteur reconnu auprès des **Pouvoirs Publics**.



<https://www.chimieduvegetal.com/>

60 adhérents en 2021

