

Chaire génie civil écoconstruction



Eco-conception du cycle de vie du matériau d'isolation à base de chanvre

Andrianandraina, *Post doctorant chaire génie civil et écoconstruction*

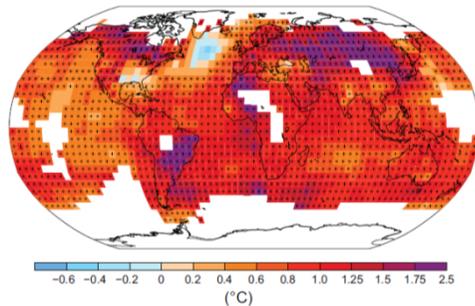
Anne Ventura, *Directrice de la chaire génie civil et écoconstruction*

Ma BioNat 19, 20 mai 2016

- Contexte et objectif
- Le cycle de vie du matériau à base de chanvre
- L'approche d'éco-conception
- Application de l'approche d'éco-conception sur la phase de production agricole du chanvre
- Conclusions

À l'échelle mondiale

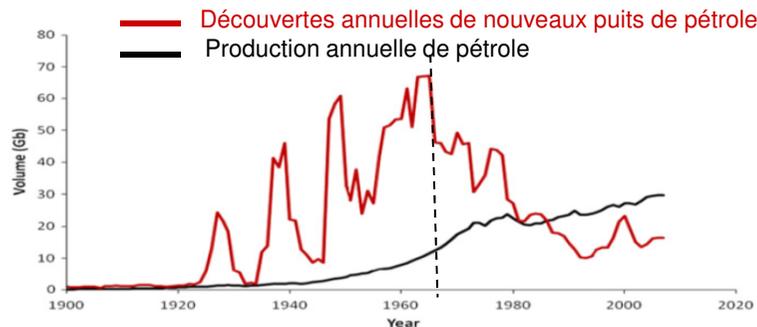
« Human influence on the climate system is clear » (GIEC 2014)



+ : changement
significatif

Changement observé sur la surface de 1901-2012 (GIEC 2013)

Ressources fossiles et minérales limitées

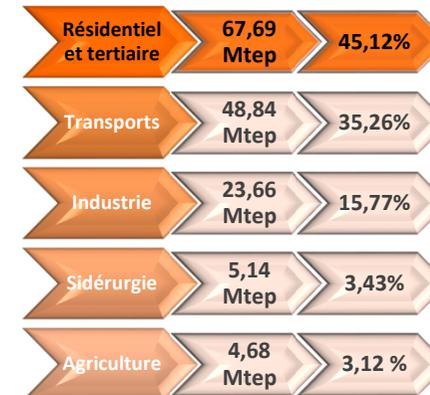


Ressource fossile le pétrole (Sorrell et al 2010)

À l'échelle nationale

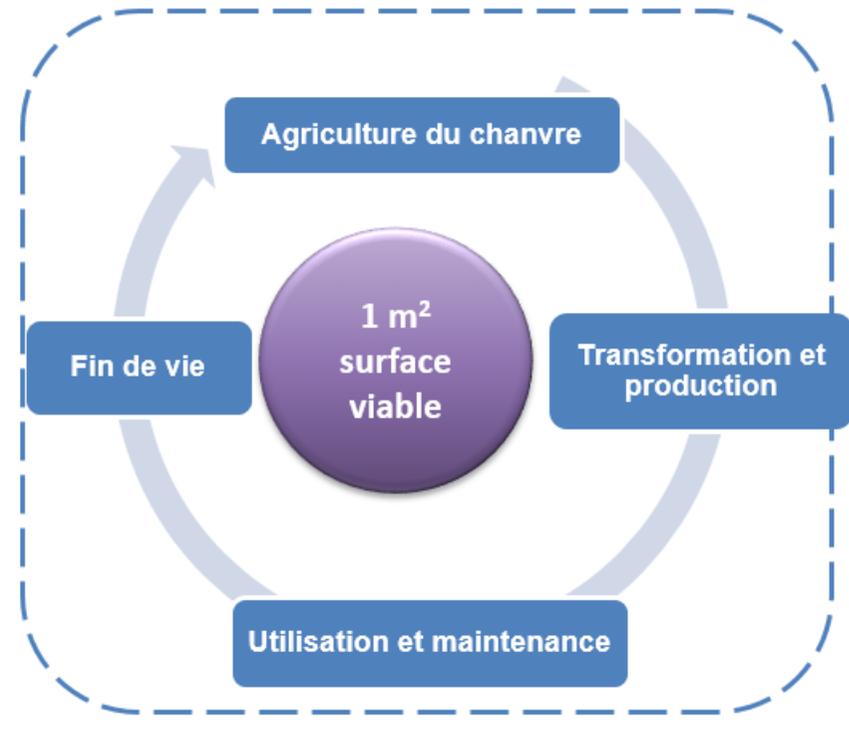


Le secteur le plus consommateur d'énergie le bâtiment



Consommation énergétique par secteur (MEDDE 2014)

- Identifier **les sources de variabilité** potentiellement influentes sur les impacts environnementaux et la consommation de ressource de chaque phase du cycle de vie.
- Rechercher **les solutions techniques** en fonction des sources de variabilités les plus influentes.



Agriculture

Acteur production agricole



Transformation primaire

Acteur transformation industrielle



Transformation secondaire

Acteurs transformation industrielle, construction



Vie en service

Acteurs construction, utilisation



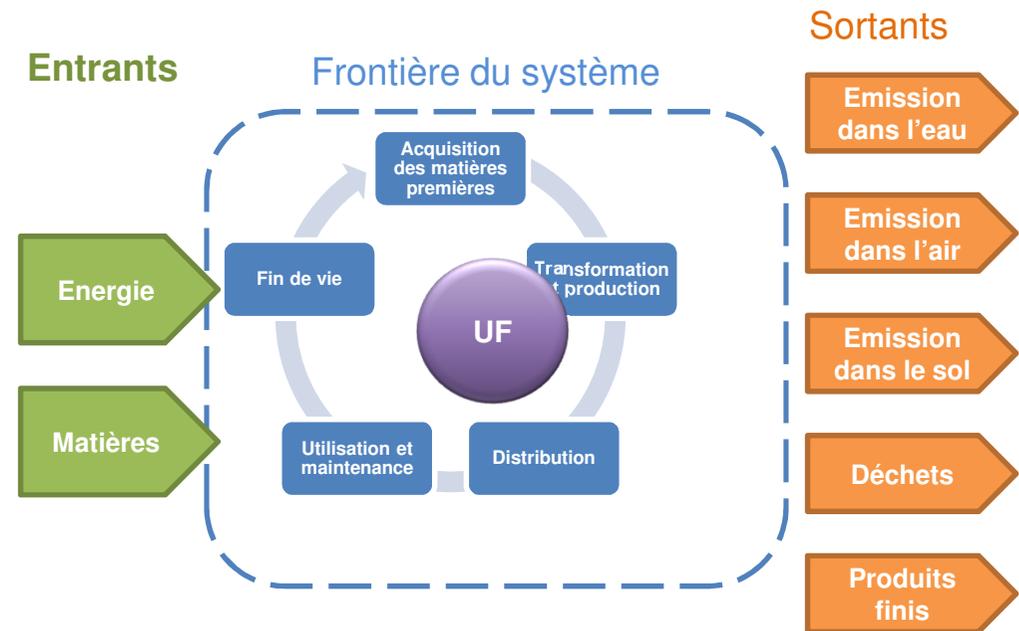
Fin de vie

Acteur traitement des déchets

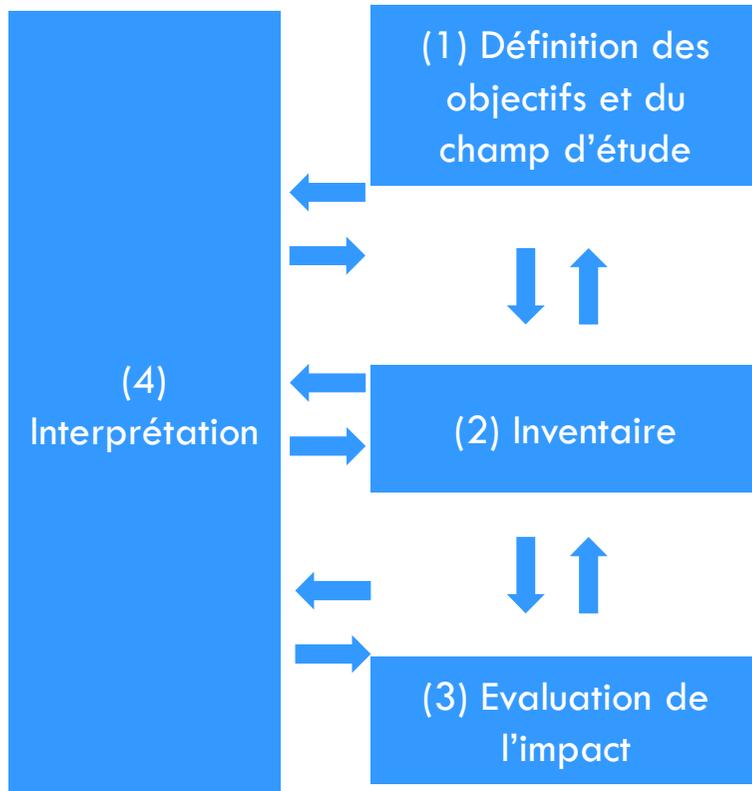
- ❑ Plusieurs sous-systèmes, plusieurs acteurs, différents processus en jeu.
- ❑ Présence de plusieurs produits pour chaque sous-système, (allocation des impacts).
- ❑ Sous-système du cycle de vie avec des échelles de temps différentes.
- ❑ Interaction entre les différents sous-systèmes du cycle de vie.

- ❑ L'éco-conception : un outil pour réaliser « *Un développement où l'on peut satisfaire les besoins en ressources de la génération actuelle, sans compromettre la disponibilité de ressources pour la génération future* ». (Brundtland, 1987).
- ❑ Un grand nombre d'outil d'éco-conception : plus de 200 approches (Baumann et al 2002). Mais souvent
 - spécifique à un produit
 - spécifique à un impact
- ❑ L'analyse de cycle de vie (ACV) l'approche environnementale la plus aboutie. Une approche
 - systémique ,
 - multicritère,
 - traçable,
 - démonstrative.

- ❑ L'ACV. ISO 14040, 14044



Les étapes de l'ACV



Stochastiques

• Variabilité des paramètres de l'unité fonctionnelle

• Paramètres des modèles
• Incertitudes des données (corrélations spatiale technologique et temporelle)

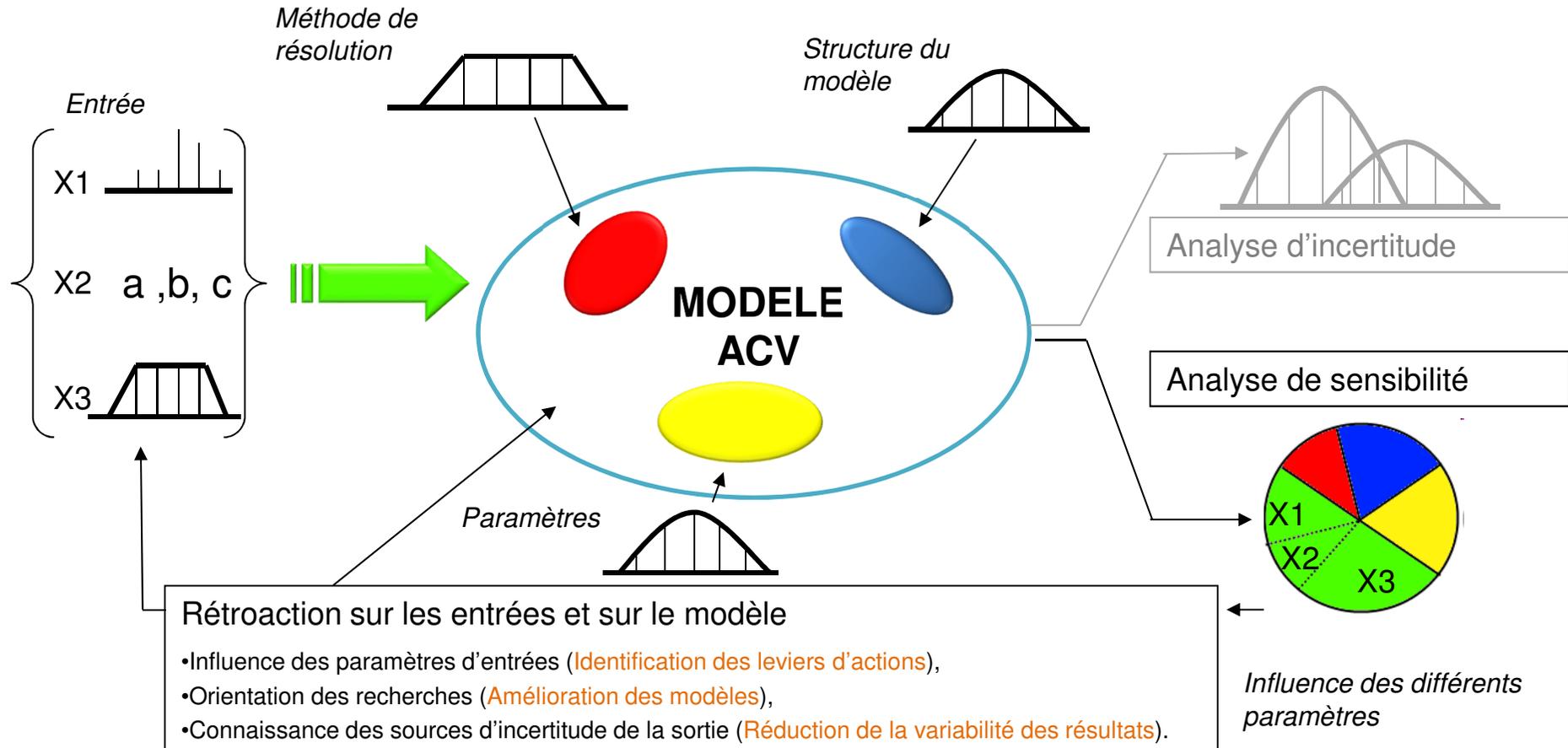
• Incertitudes des facteurs de caractérisation (modèle, paramètre)

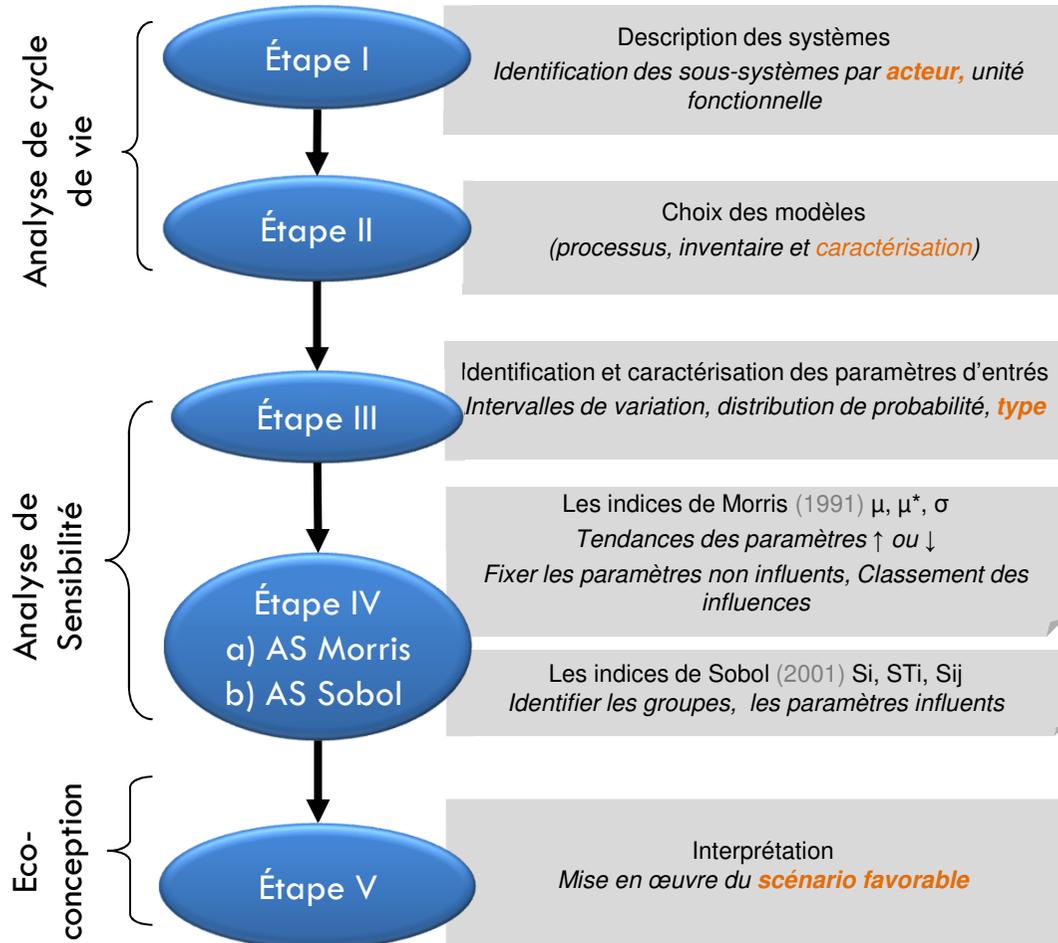
Dues aux choix

• Choix des processus
• Choix de l'unité fonctionnelle
• Choix des frontières

• Choix des modèles
• Variabilité technologique des processus

• Choix des indicateurs





Acteur

Responsable d'un sous-système qui produit un flux entrant, un flux intermédiaire ou les produits finis.

Caractérisation

Utilisation des méthodes **CML 2001** et **CED** : *Changement climatique, déplétion de l'ozone, acidification, eutrophisation, toxicité humaine, écotoxicité et demande en énergie.*

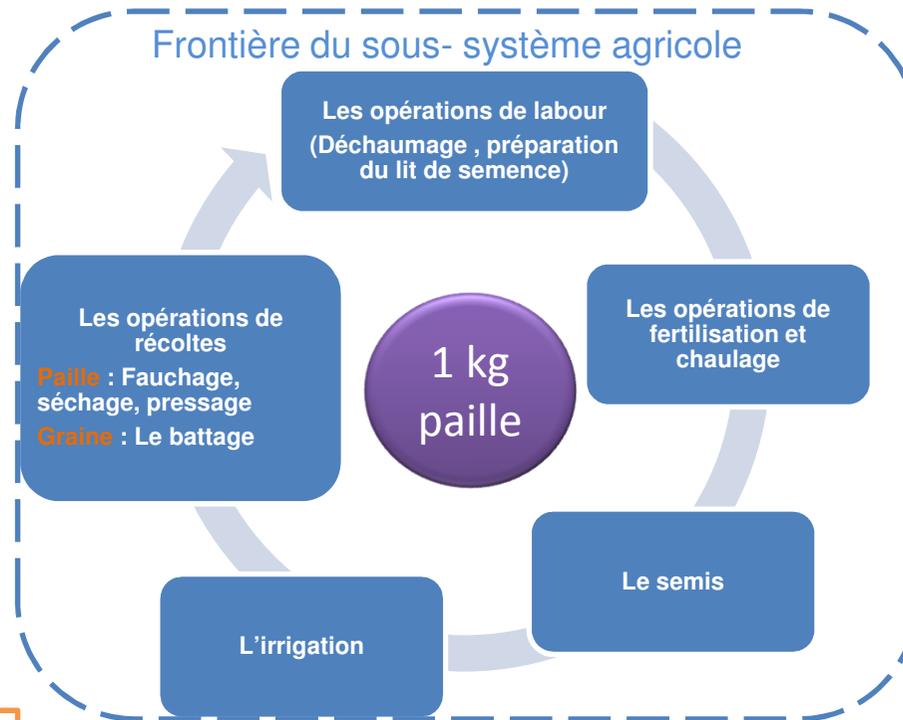
Type de paramètre

- Technologique** : contrôlé directement par l'acteur,
- Environnemental** : non contrôlé par l'acteur,
- Méthodologique** : non contrôlé par l'acteur.

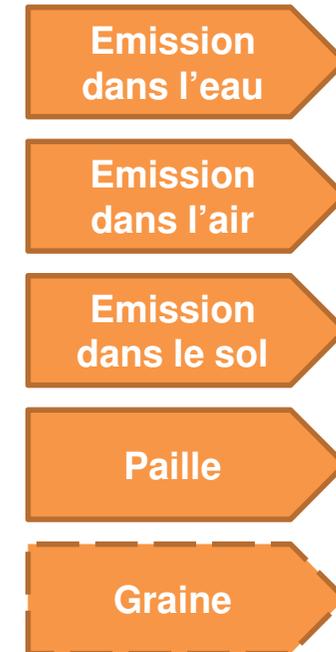
Scénario favorable

- Les paramètres technologiques influents** à leur valeur favorable,
- Les paramètres environnementaux et méthodologiques influents** suivant leur variabilité,
- Les paramètres de tous types non influents** : fixés à leur valeur par défaut.

Entrants



Sortants



Modèles

- Consommation des engins agricoles

Modèles

- Allocation des flux des deux coproduits

Modèles

- Emissions des engins agricoles
- Emissions directes au champ
- Rendement à l'hectare

Modèles

- ❑ Consommation des engins agricoles

Modèles

- ❑ Allocation des flux des deux coproduits

Modèles

- ❑ Emissions des engins agricoles
- ❑ Emissions directes au champ
- ❑ Rendement à l'hectare

- ❑ Puissance engin U [80-220] kW
- ❑ Mode de culture Ud [Battue, non battue]
- ❑ Vitesse de conduite N [4,7 ; 1] km/h
- ❑ Régime moteur Ud [1; 2; 3], ...

TECHNOLOGIQUES (15)

Contrôle direct

- ❑ Type de sol Ud [Argileux, limoneux, sablonneux]
- ❑ Consommation spécifique [0,29-0,35] l/kW
- ❑ Rendement de paille et de graine
- ❑ Prix de la paille et des graines,

ENVIRONNEMENTAUX (11)

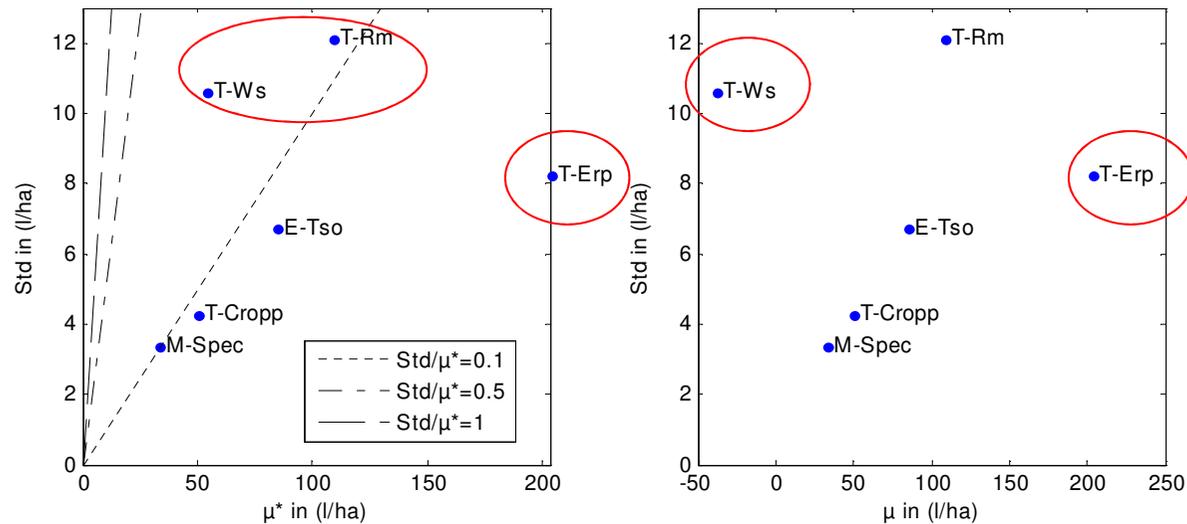
Non contrôlé

- ❑ La méthode d'allocation Ud [massique ou économique]
- ❑ Les facteurs d'émissions NO₂, CO, NO_x, ...

METHODOLOGIQUES (19)

Non contrôlé

Consommation de carburant (en l/ha)

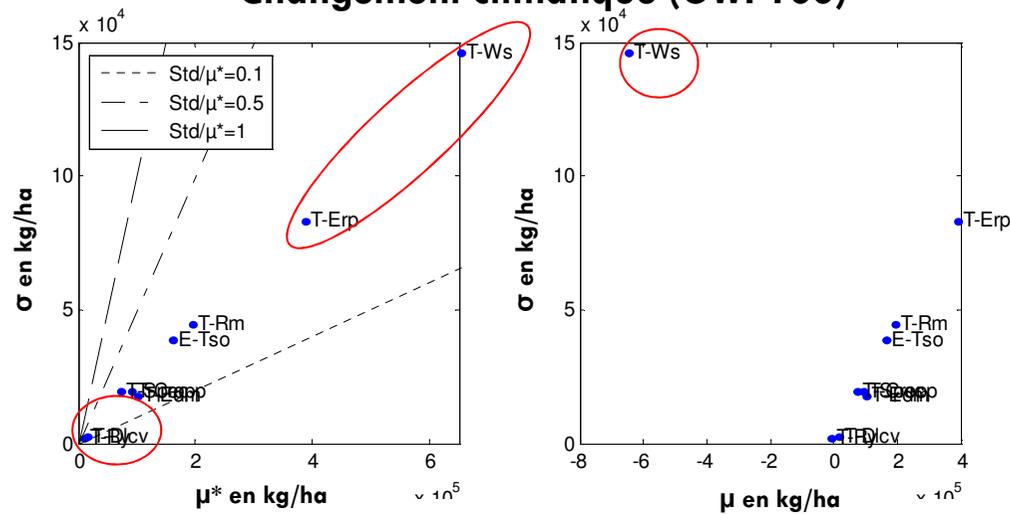


- Tous les paramètres ont un effet quasi linéaire
- Paramètre le plus influent : la puissance nominale de l'engin agricole (T_{Errp})
- Paramètre à tendance décroissante ($\mu < 0$): la vitesse d'avancement des engins (T_{Ws})
- Paramètres en interaction ou à effet non linéaire : la vitesse d'avancement (T_{Ws}) et le régime moteur (T_{Rm})
- Paramètre non influent : aucun.

Deux groupes d'indicateurs ayant les mêmes tendances de paramètres influents

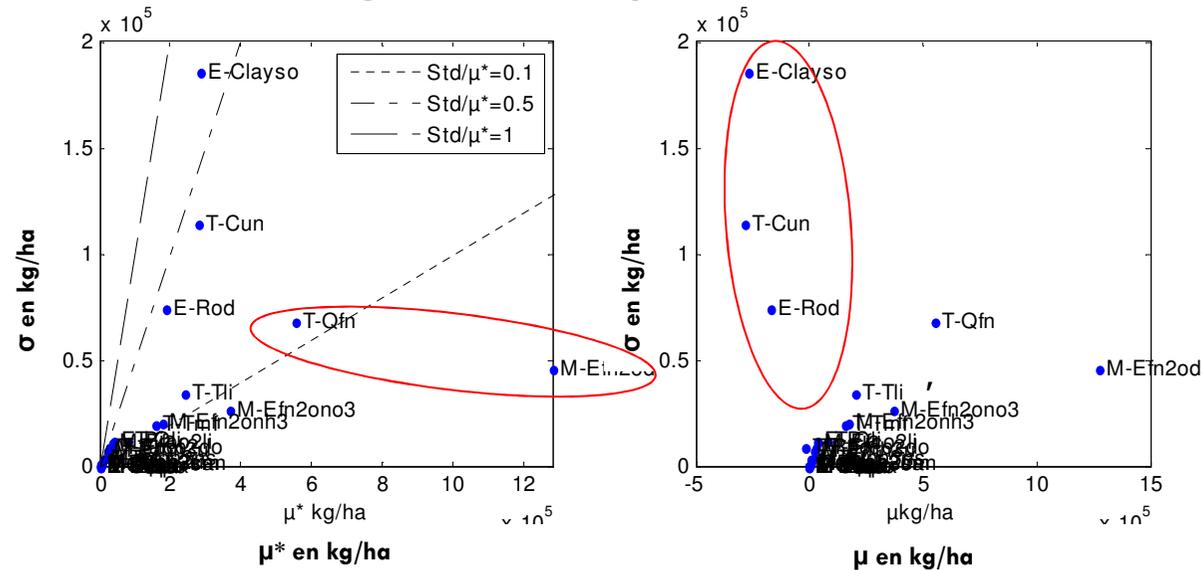
- I) Changement climatique, Ressources (CED)
- II) Acidification, Eutrophisation, Toxicité humaine, Ecotoxicité

Changement climatique (GWP100)



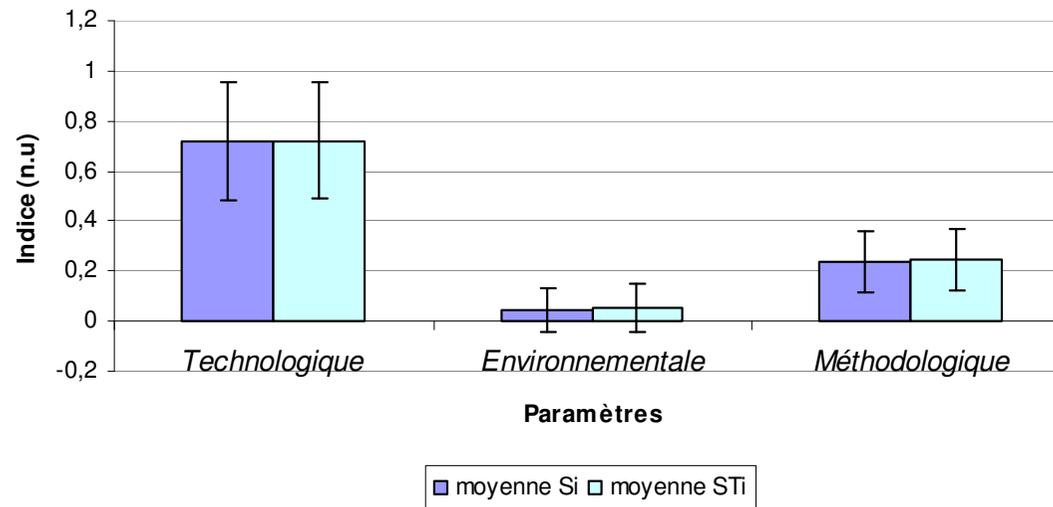
- Paramètre influent : la vitesse d'avancement (T_{Ws}) et la puissance nominale de l'engin agricole (T_{Erp}),
- Paramètre à tendance décroissante : la vitesse d'avancement (T_{Ws}),
- Paramètre non influent : le PCI du diesel (T_{Dlcv}) et l'année de sortie de l'engin (T_{Ry}).

Changement climatique (GWP100)



- Paramètres influents : le facteur d'émission directe des N_2O (M_{Efn2od}), la quantité de fertilisant azoté appliqué (T_{Qfn}).
- Paramètres à tendance décroissante : la contenance en argile du sol (E_{Clayso}), l'export d'azote de la culture (T_{Cun}), la profondeur de pénétration de la plante (E_{Rod}).

Changement climatique (GWP100)



- ❑ Identification des influences par type de paramètres
 - ❑ Haute influence des paramètres technologiques,
 - ❑ Non influence des paramètres environnementaux.
- ❑ Existence de leviers d'actions pour l'acteur économique de l'agriculture.

Catégories d'impact	Indicateur	Variabilité par type (Sti)			Par sources (Sti)		Par paramètre individuel		
		Tech	Env	Méth	Emissions des engins	Emissions directes	Nom	T	(Si)
Changement climatique	GWP100 (kg CO2 eq)	72,3%	5,3%	24,9%	11,3%	87,6%	(T) type de chaux (chaulage)	↗	22,8%
							(M) facteur d'émission direct N2O	↗	20,9%
							(T) type de fertilisant minéral	↗	19,1%
							(T) qté de fertilisant azoté	↗	10,4%
							(T) pourcentage fertilisant organique	↘	5,5%
Acidification	Ap (kg SO2) eq	95,5%	1,2%	4,0%	14,6%	86,9%	(T) type de fertilisant minéral	↗	71,4%
							(T) qté de fertilisant azoté	↗	5,1%
							(T) année de sortie l'engin	↘	3,9%
							(T) puissance nominale de l'engin	↗	3,3%
Eutrophisation	Ep (kg PO4 eq)	34,6%	66,9%	9,0%	3,2%	98,2%	(E) intensité de pluie et irrigation	↗	21,0%
							(T) type de fertilisant minéral	↗	12,1%
							(E) contenance en argile du sol	↗	11,5%
							(T) qté de fertilisant azoté	↗	4,3%
Toxicité humaine	Htp ₁₀₀ (kg 1.4 DB eq)	91,5%	6,8%	4,5%	100,6%	0,0%	(T) année de sortie l'engin	↘	44,6%
							(T) puissance nominale de l'engin	↗	11,9%
							(T) vitesse d'avancement	↘	10,5%
							(T) régime moteur	↗	5,7%
Ecotoxicité	Etp ₁₀₀ (kg 1.4 DB eq)	91,3%	6,8%	4,6%	100,5%	0,1%	(T) année de sortie l'engin	↘	43,6%
							(T) puissance nominale de l'engin	↗	12,4%
							(T) vitesse d'avancement	↘	10,3%
							(T) régime moteur	↗	5,9%
Ressource	CED (MJ)	83,6%	13,5%	1,3%	91,7%	8,6%	(T) puissance nominale de l'engin	↗	41,4%
							(T) régime moteur	↗	17,8%
							(E) type de sol	↗	12,8%
							(T) mode de culture	↗	7,4%

- Utilisation des leviers d'actions pour la mise en place du scénario le plus favorable et le plus défavorable.

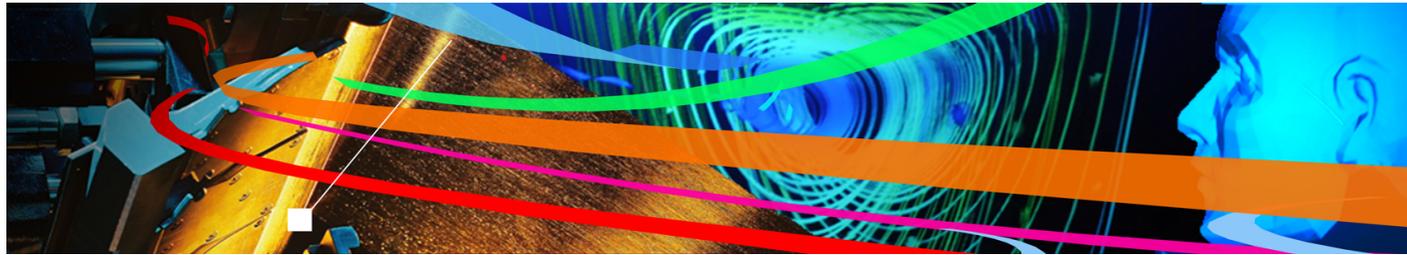
		GWP100 (kg CO2 eq)	AP (kg SO2 eq)	EP (kg PO4 eq)	HTP100 (kg 1,4 DB eq)	ETP100 (kg 1,4 DB eq)	CED (MJ)
Scénario par défaut	Valeur moyenne	3249	25	25	156075	11345	38211
Paramètres technologiques influents	Scénario favorable	2183	30	23	18709	5174	26270
	Écart relatif (%)	-32,8%	22,6%	-7,3%	-88,0%	-54,4%	-31,2%
	Scénario défavorable	4472	44	32	1470974	56599	60629
	Ecart relatif (%)	37,6%	78,3%	26,6%	842,5%	398,9%	58,7%

Application au sous système agricole

- Identification des leviers d'actions
 - Choix du tracteur adapté à chaque opération,
 - Choix du type de fertilisant minéral azoté calcium ammonium nitrate (autres fertilisants solution azotée et urée) et optimisation de la quantité appliquée.

Méthodologiques

- Des leviers d'actions pour l'éco conception
 - Identification des possibilités d'améliorations (des solutions technologiques)
 - Identification des besoins en recherche (paramètres méthodologiques influents)
 - On sort du choix de priorités par indicateur.
- Les applications de la méthode sur plusieurs secteurs montrent qu'elle permet
 - D'étudier tout système représenté par un modèle (linéaire, différentiel, ...),
 - De prendre en compte différents types de variabilité (qualitative, quantitative, continue, discrète).



Chaire génie civil écoconstruction



Merci pour votre attention

Andrianandraina, andi.andrianandraina@univ-nantes.fr
<https://sites.google.com/site/andyandraina/>

Anne Ventura, anne.ventura@univ-nantes.fr

Ma BioNat 19, 20 mai 2016