



THÈSE DE DOCTORAT

Le coût de l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre lié à la fertilisation des cultures

Benjamin Dequiedt

Contexte

- L'agriculture : 19% des émissions de la France (CITEPA, 2016)
- Des engagements à tenir:
 - Niveau européen : objectif de réduction de 40% des émissions de GES d'ici 2030 par rapport à leur niveau de 1990
 - Niveau français : Objectif de diminution de 14% des émissions de GES en 2020 pour les secteurs à émissions diffuses
- Pas de politique spécifiquement dédiée à l'atténuation du changement climatique dans l'agriculture
- Nécessité d'estimer le coût d'atténuation pour anticiper l'impact et la pertinence de différentes politiques de réduction des émissions

Contributions principales de la thèse

APPORT 1 : Proposer des mesures alternatives aux productions ET représenter le comportement économique des agriculteurs

Chapitre 1

- Introduction de légumineuses dans les assolements agricoles français:
 - Génère des atténuations d'émissions à coût peu élevé
 - 1/3 de l'objectif du Paquet-Energie climat (prix du carbone 80 euros/tCO₂eq)
 - Nécessité de la combiner avec d'autres options d'atténuation

Chapitre 2

- Prise en compte d'une mesure plus radicale : changement des rotations de cultures dans 5 régions européennes:
 - 35% des émissions atténuées sont associées à un coût marginal négatif

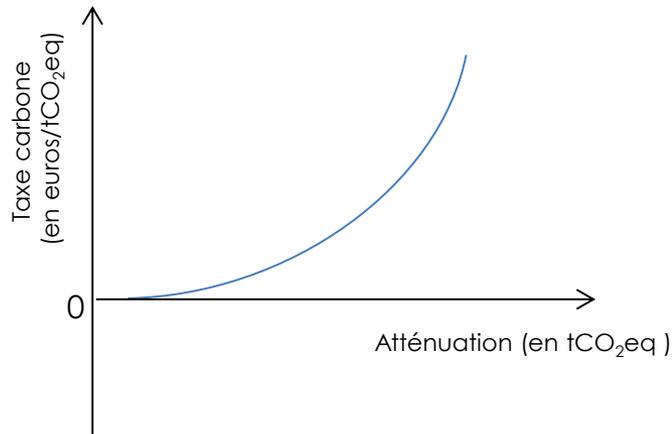
APPORT 2 : Intégration de l'aversion pour le risque dans la prise de décision des agriculteurs

Chapitre 3

- L'aversion au risque peut expliquer une partie substantielle de la fertilisation
- Instrument de politique climatique innovant : assurance

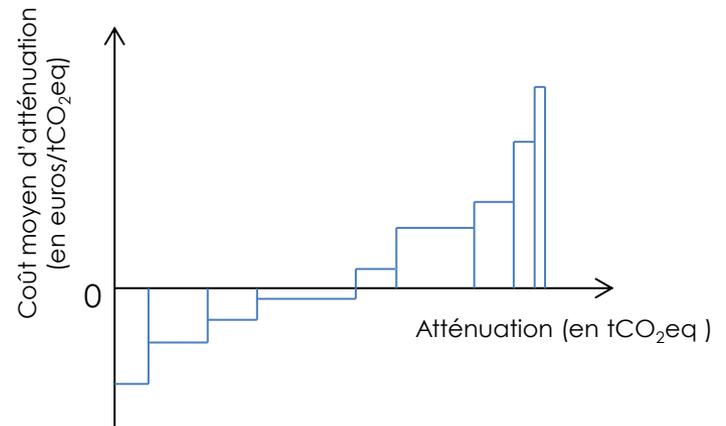
Littérature sur l'estimation du coût de l'atténuation dans l'agriculture

Approche
« économique »



De Cara and Jayet, 2011;
Hediger, 2006; Pérez-Dominguez et al., 2012;
Schneider et al., 2007; Golub et al., 2009

Approche
type
ingénieur



Pellerin et al. 2013, MacLeod et al. 2010,
O'Brien et al., 2014

Les grands axes d'approfondissement de la littérature

Chapitre 1

- Légumineuses dans les assolements

Chapitre 2

- Rotations de cultures

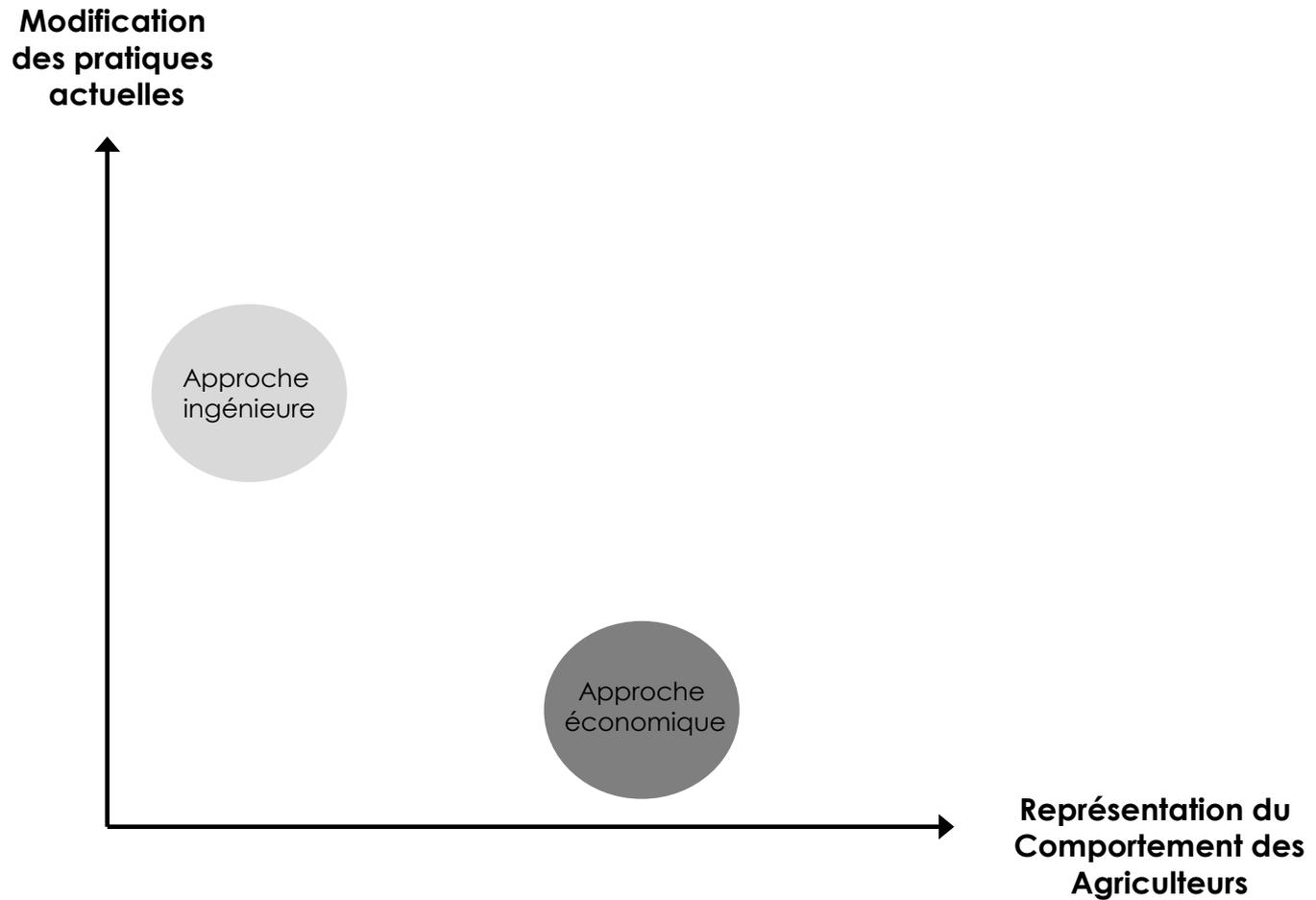
Chapitre 3

- Intensité de l'azote par ha

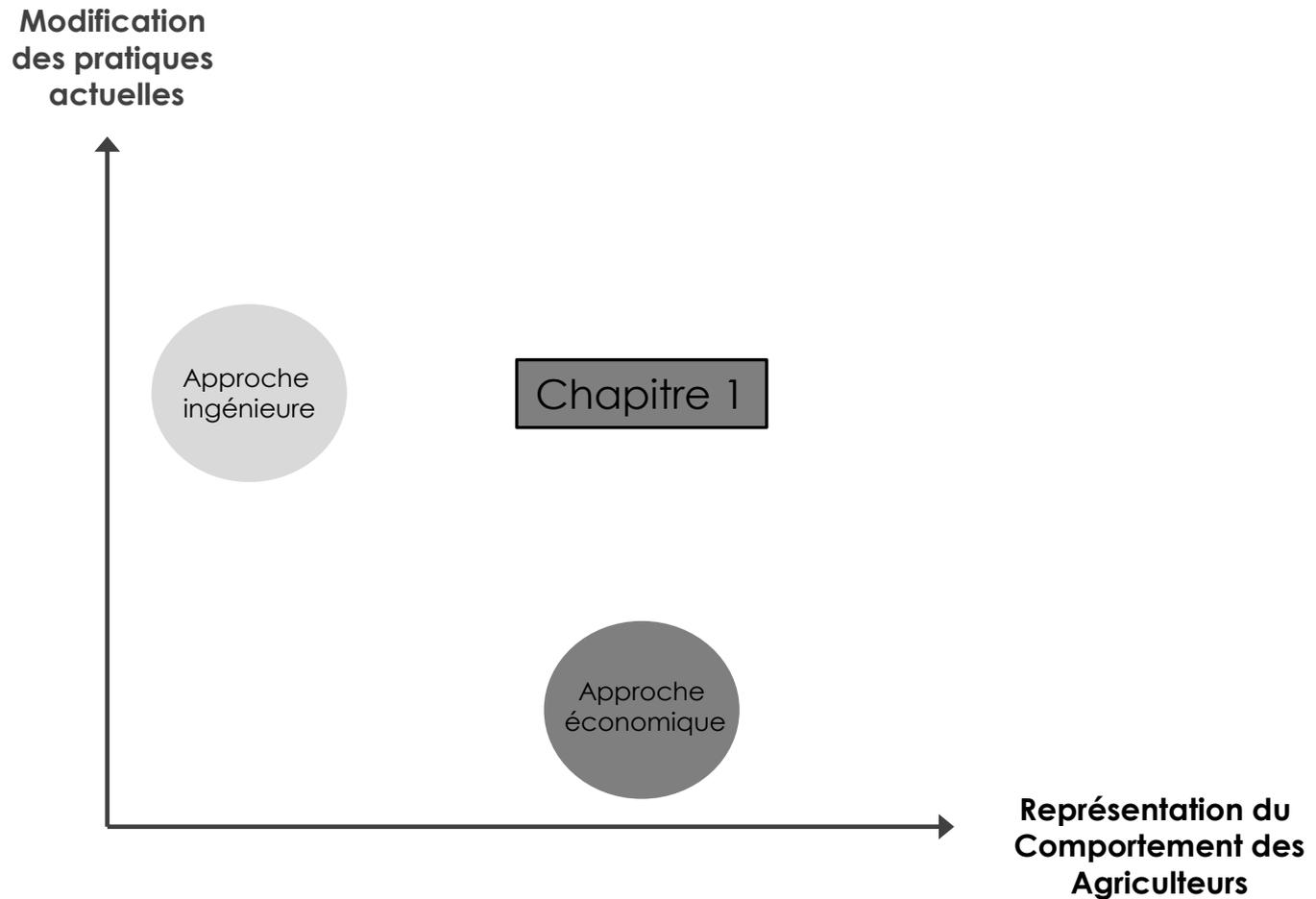
- **1. Proposer des alternatives de production tout en représentant le comportement économique des agriculteurs**
- **2. Représenter d'autres déterminants que celui de la marge dans la prise de décision**
 - Préférences des agriculteurs :
 - Préférences face au risque (Dury, 2011; Cooke et al., 2013; Berentsen et al., 2012; Stuart et al., 2014; Lambert 1990; Menapace et al., 2013; Bocquého et al, (2014); Ghadim et al., 2005; Saha et al., 1994; Saha 1999; Just et Peterson 2003)
- **3. Mieux appréhender la complexité du fonctionnement des systèmes agricoles**
 - Interactions entre différents postes de production
 - Interactions avec la filière agricoles

Quelles informations peuvent apporter des méthodes hybrides sur l'estimation du coût de réduction des émissions de GES ?

Positionnement par rapport à la littérature sur l'estimation du coût de l'atténuation dans l'agriculture



Chapitre 1



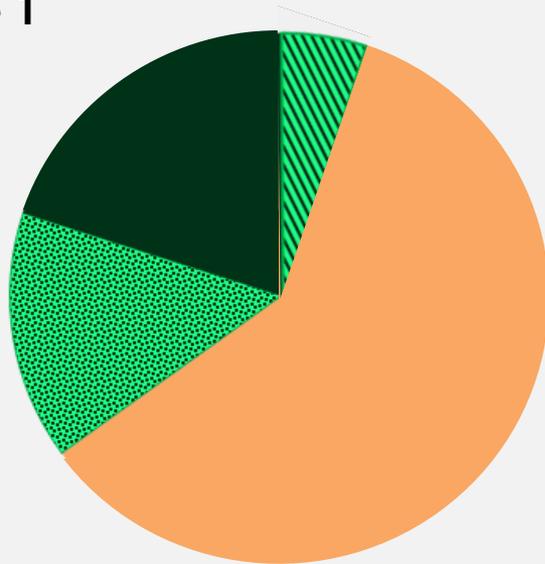
Publication : Dequiedt, B., & Moran, D. (2015). The cost of emission mitigation by legume crops in French agriculture. *Ecological Economics*, 110, 51-60. doi:10.1016/j.ecolecon.2014.12.006

- **Apport méthodologique** : proposer une alternative de production tout en intégrant l'axiome de maximisation du profit des agriculteurs
- **Mesure d'atténuation** :
 - Simulation de l'introduction de plantes légumineuses dans les assolements:
 - Induit moins de GES mais implique un coût d'opportunité
 - Introduction sur deux ans pour intégrer l'effet précédent.
- **Niveau géographique** : France au niveau départemental (96 fermes-départments).
- **Fonction objectif** : les cultures sont remplacées en fonction de leur marge brute rapportée à leur facteur d'émissions par ha.

Chapitre 1

Principe

Année 1

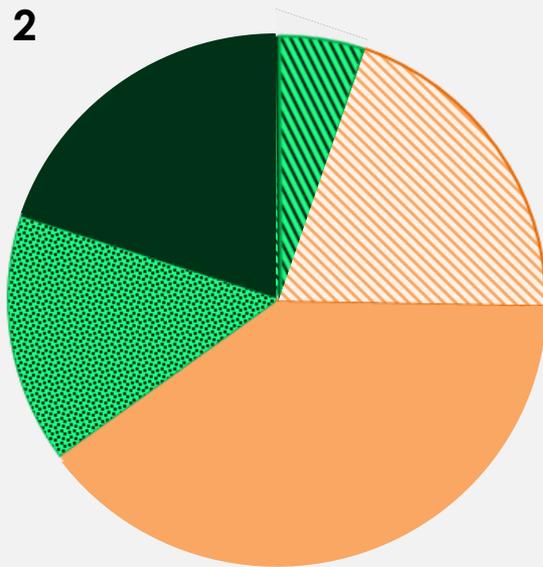


- Culture i
- Culture j
- Culture de légumineuses
- Culture de légumineuses prise sur j
- Culture de légumineuses prise sur i

Chapitre 1

Principe

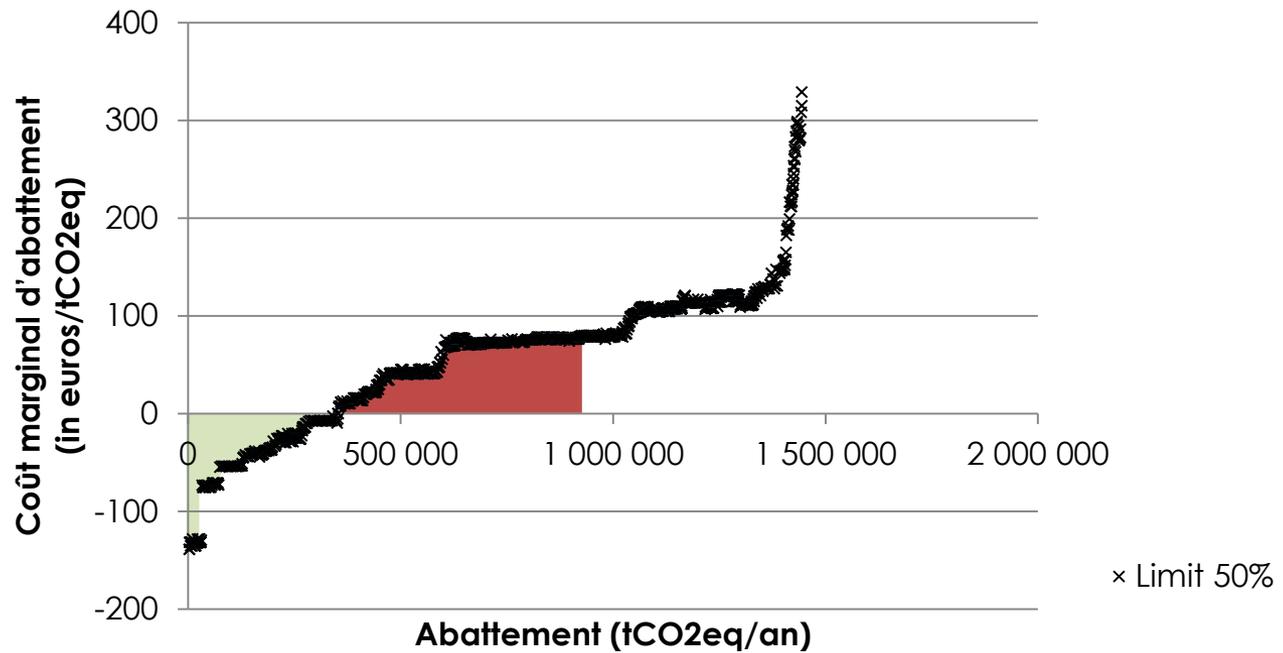
Année 2



- Culture i
- Culture j
- Culture de légumineuses
- Culture de légumineuses prise sur j
- Culture de légumineuses prise sur i
- Culture i précédée par des légumineuses

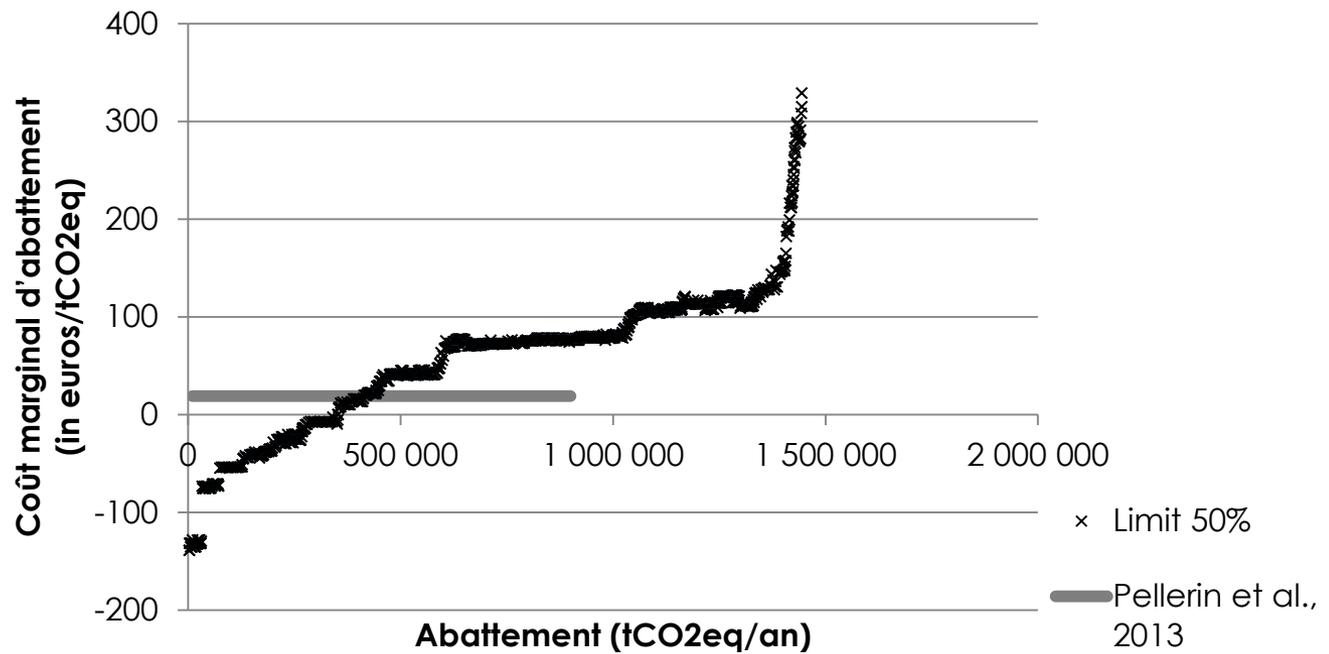
Chapitre 1

Résultat : niveau national



Chapitre 1

Résultat : niveau national



Chapitre 1

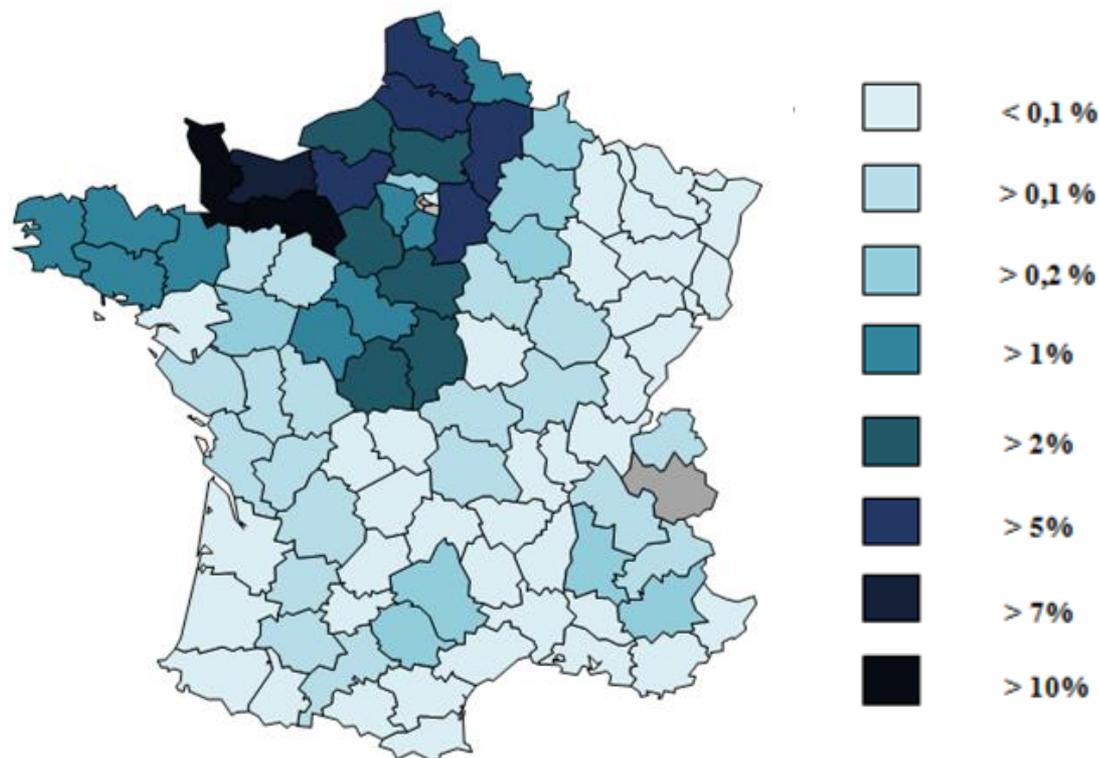
Résultats : niveau national

Résultats obtenus pour obtenir un coût moyen équivalent à Pellerin et al., 2013

		Résultats au niveau national
Coût moyen d'atténuation	Euros/tCO ₂ eq	19,5 (équivalent à Pellerin et al., 2013)
Prix du carbone	Euros/tCO ₂ eq	80 euros/tCO ₂ eq
Surface finale en lég.	Million ha	1,4 (12% de l'assolement)
Coût total	Million euros/an	18
	en %	0,3 %
Atténuation totale	Million tCO ₂ eq	0,9
	En %	4.7 %

Chapitre 1

Résultats : niveau national



Répartition du potentiel d'atténuation entre départements
(en pourcentage de l'abatement national de 0,9 MtCO₂eq)

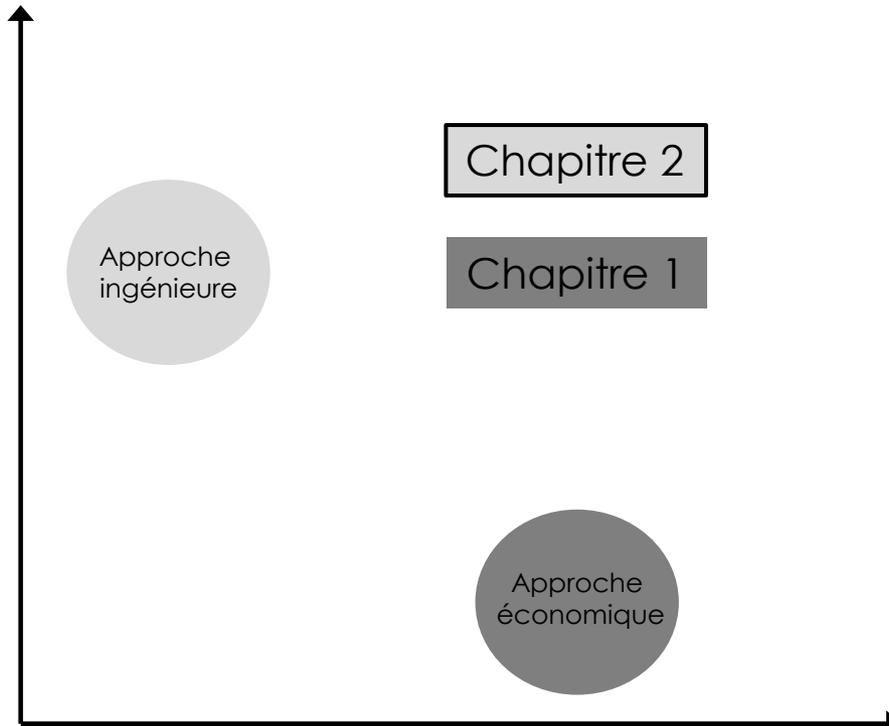
Chapitre 1

Conclusions du chapitre

- Améliorer la résolution spatiale :
 - Permet d'identifier des zones géographiques à bas coût
- Intégrer le comportement économique:
 - Permet de mieux représenter l'impact d'un prix du carbone à la différence du coût moyen existant dans les approches types ingénieurs
- Sur la pratique des légumineuses en particulier :
 - 1/3 de l'objectif du Paquet-Energie climat peut être réalisé seulement par l'intermédiaire de cette action (prix du carbone 80 euros/tCO₂eq)
 - Peut engendrer potentiellement des atténuations d'émissions à coût négatif
 - Nécessité de la combiner avec d'autres options d'atténuation

Chapitre 2

Modification
des pratiques
actuelles



Chapitre 2

Chapitre 1

Approche
ingénieure

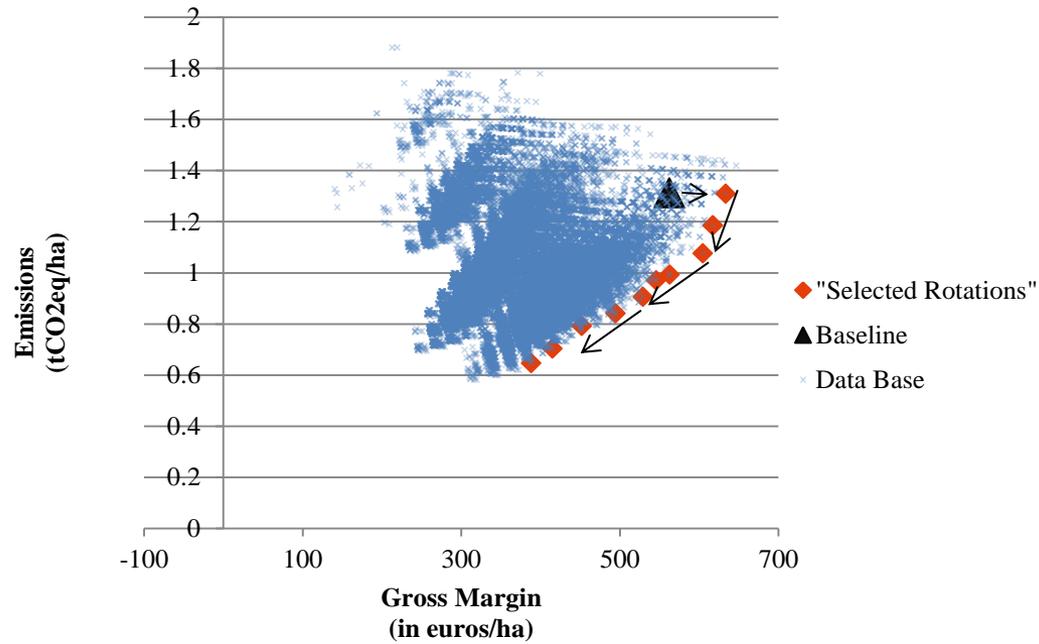
Approche
économique

Représentation du
Comportement des
Agriculteurs

- **Apport méthodologique** : proposer une alternative de production plus radicale tout en intégrant l'axiome de maximisation du profit des agriculteurs
- **Mesure d'atténuation** :
 - Changement de rotations de cultures
 - Durée des rotations possibles : 3 à 6 ans
 - 100 000 rotations possibles réparties dans 13 exploitations types en Europe
- **Niveau Géographique** : 5 régions européennes
 - Suède (Vastra Gotaland)
 - Allemagne (Brandenburg)
 - Italie (Calabria)
 - Roumanie (Sud-Muntenia)
 - Ecosse
- **Raisonnement économique** : les rotations sont sélectionnées en suivant un principe de minimisation du coût d'atténuation par objectif d'atténuation donné

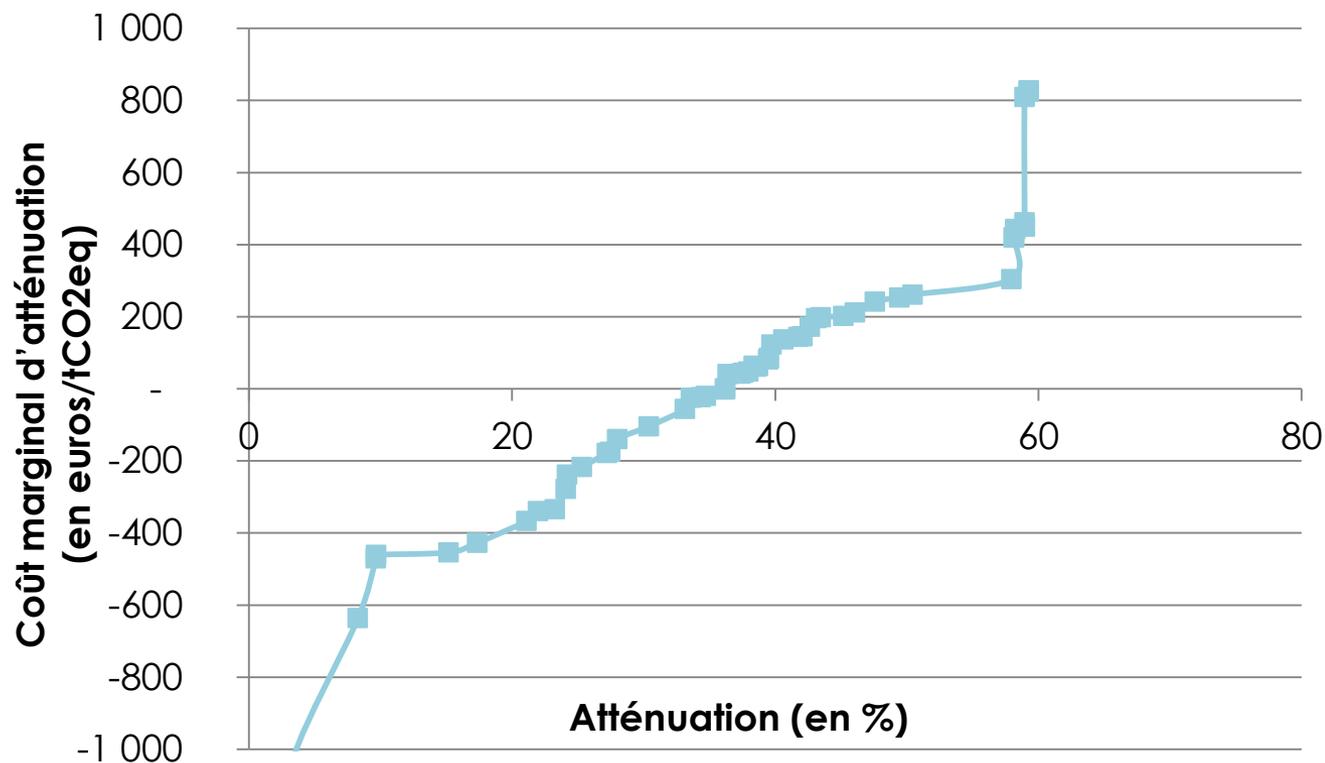
Chapitre 2

Principe – Frontière de production



Chapitre 2

Résultat – ensemble des exploitations types

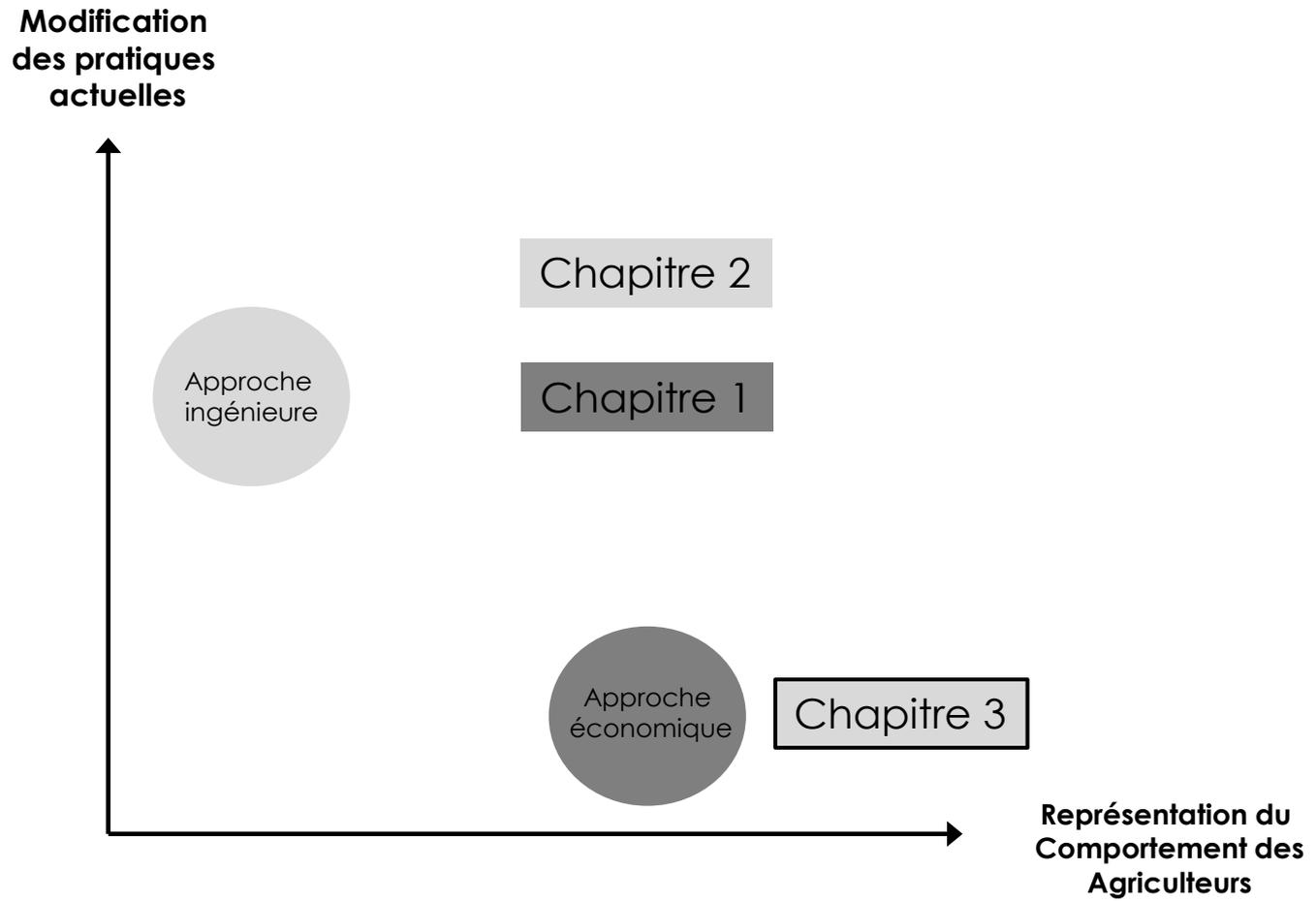


Chapitre 2

Conclusions du chapitre

- **Représenter un changement complet du système de cultures:**
 - 35% des émissions atténuées sont associées à un coût marginal négatif et à une augmentation de la production
 - Permet de révéler des coûts négatifs substantiellement plus importants que ceux révélés dans la logique d'assolement (chapitre 1)
- **Permet de donner l'ampleur des barrières autres que celles de la marge économique lorsque l'on raisonne sur une pratique plus radicale**

Chapitre 3



- **Apports méthodologiques :**
 - Atténuer les émissions tout en représentant la dimension de l'aversion pour le risque
 - Proposition d'un outil économique : programme d'assurance pour atténuer les émissions
- **Mesure d'atténuation :**
 - Réduction de l'apport d'azote par ha
- **Niveau Géographique :** 3 départements français (Deux-Sèvres; Seine-Maritime; Eure et Loire)
 - Base de données « Epiclès » (InVivo-Agrosolutions)
 - Agriculture conventionnelle (grandes cultures et élevage)
 - Variables :
 - Apport en engrais réalisé par l'agriculteur
 - Rendement réalisé
- **Raisonnement économique :** Maximisation de l'utilité espérée

Chapitre 3

Résultats : Influence de l'aversion pour le risque sur la fertilisation

Analytiquement l'aversion pour le risque augmente la quantité d'engrais apportée si:

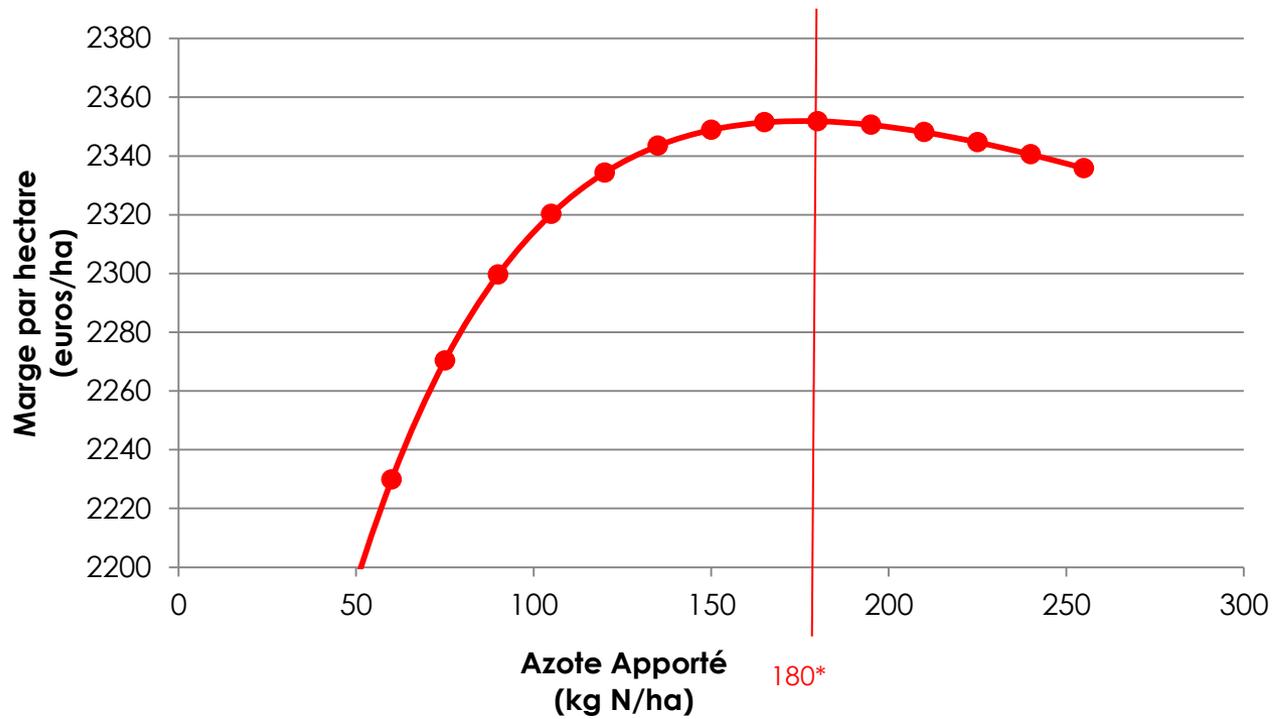
- L'espérance du rendement est concave ou constante par rapport à x_i
- La variance du rendement décroissante par rapport à x_i , convexe or linéaire.

Empiriquement, les types de cultures concernées par les conditions de sur-application pour 30% des types de cultures ou 38% de la SAU

Chapitre 3

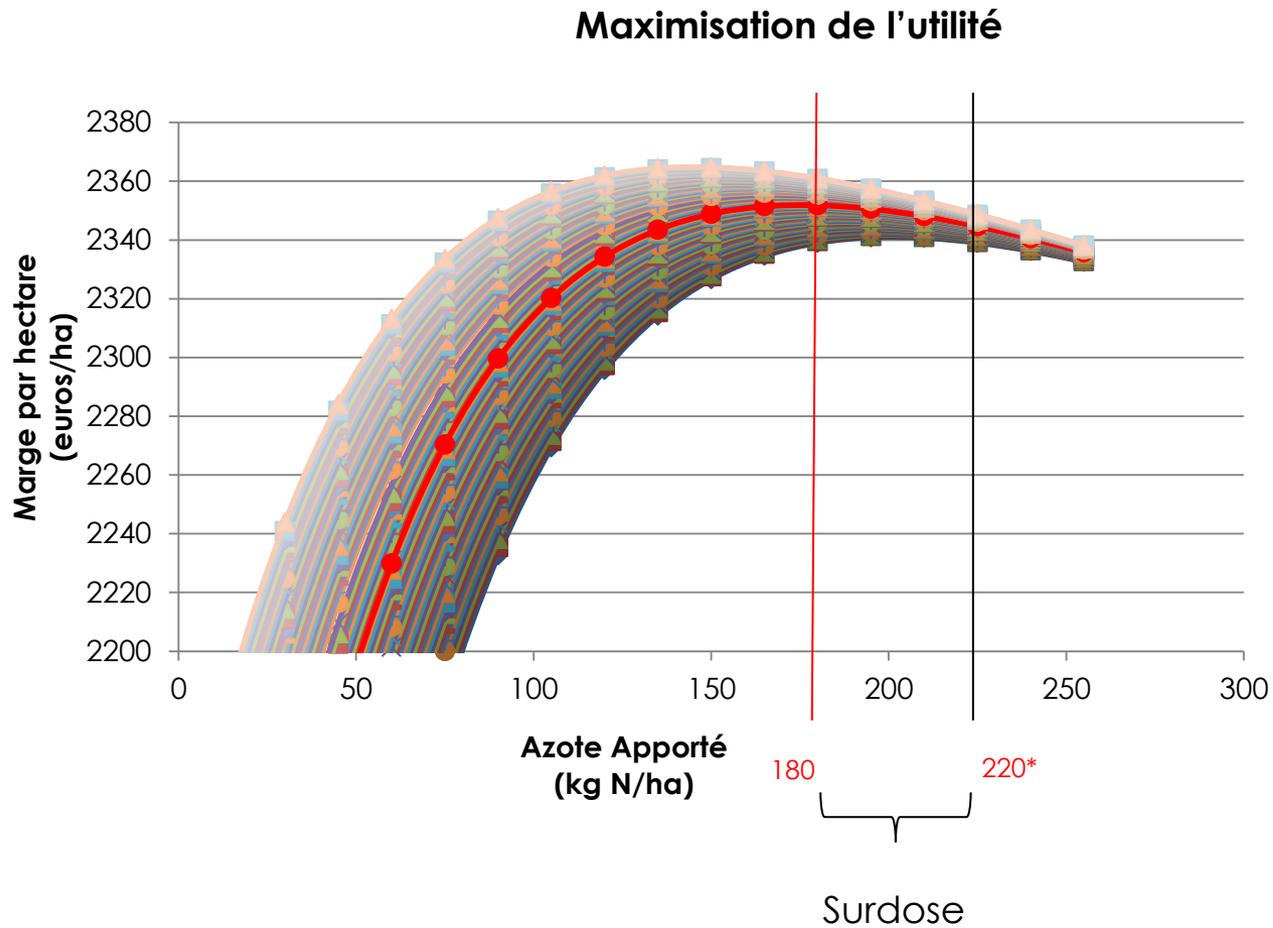
Illustration de l'influence de l'aversion pour le risque sur la fertilisation

Maximisation de la marge



Chapitre 3

Illustration de l'influence de l'aversion pour le risque sur la fertilisation



Chapitre 3

Résultats

Impact de l'aversion pour le risque sur la fertilisation et l'espérance de profit

	Azote			Profit		
	kgN/ha			Euros/ha		
	X*	X* (Agent neutre au risque)	Azote lié à l'aversion pour le risque	Profit espéré	Profit espéré (Agent neutre au risque)	Perte de profit
Moyenne par Agriculteur	146	117	29	684	760	76

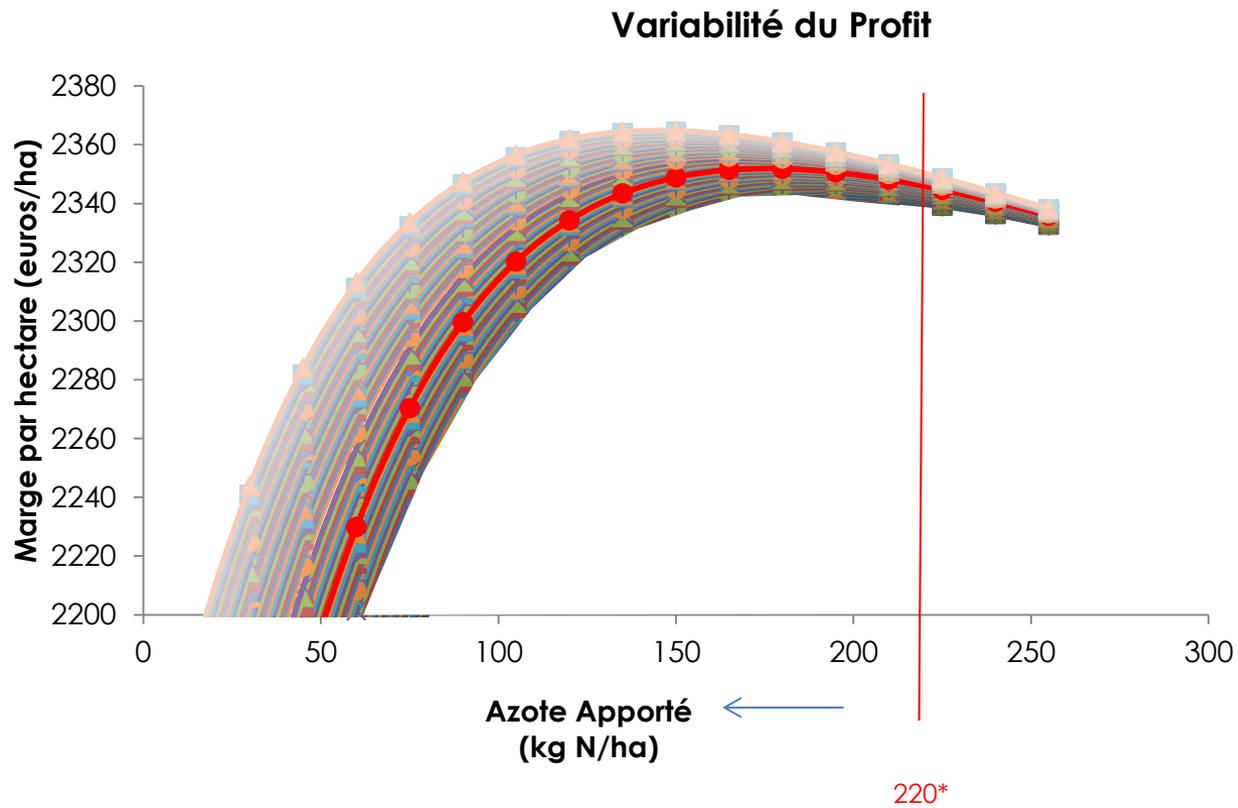
Simulation de l'assurance

$$\max_x \{E[u(\pi(x) - \text{PrimeAssurance})]\}$$

$$\begin{aligned} \text{Si } y(x) < \tau * E[y(x)] \\ \text{alors } y(x) = \tau * E[y(X)] \end{aligned}$$

Chapitre 3

Impact d'une assurance dédiée à la réduction des émissions



Chapitre 3

Assurance - résultats

Atténuation des émissions Par les Agents averse au risque (en %)		Seuil de déclenchement de l'assurance τ (en pourcentage de l'espérance de rendement)			Equivalent prix du carbone (euros/tCO ₂ eq)
		10%	50%	90%	
Prime d'assurance (euros/ha)	25	11,5 %	15,2 %	20,5 %	300-400
	50	11,5 %	15,2 %	20,5 %	300-400
	400	10,0 %	13,0 %	20,4 %	300-400
	600	8,2 %	11,8 %	17,2 %	200-400

Chapitre 3

Conclusions du chapitre

Principaux résultats :

- L'aversion au risque peut expliquer une partie substantielle de la fertilisation
- La mise en place d'une assurance permettrait d'engendrer à faible perte d'utilité des quantités non-négligeables de réduction de GES.

Améliorations :

- Investiguer la rentabilité de l'assurance
- Insérer la modification de l'assolement dans le modèle

Conclusions de la thèse

- **Améliorer la résolution spatiale :**
 - ⇒ Permet d'identifier des zones géographiques à bas coût
- **Proposer des mesures alternatives tout en intégrant le comportement économique (chapitre 1 et chapitre 2):**
 - ⇒ Permet de mieux représenter l'impact d'un prix du carbone à la différence du coût moyen existant dans les approches types ingénieurs (chapitre 1)
 - En France : 1/3 de l'objectif du Paquet-Energie climat peut être réalisé seulement par l'intermédiaire de cette action (prix du carbone 80 euros/tCO₂eq)
 - ⇒ Le coût apparaît plus faible lorsque la mesure d'atténuation est plus radicale (chapitre 2)
 - 35% des émissions atténuées sont associées à un coût marginal négatif lorsque l'on envisage un changement des rotations de culture.
- **Intégrer la dimension de l'aversion pour le risque (chapitre 3)**
 - ⇒ 20% des émissions par ha sont liées à l'aversion
 - ⇒ Permet d'identifier un outil pertinent dans la lutte contre le CC: assurance

Conclusions de la thèse - Perspectives

- 1. Poursuivre l'étude des alternatives de production aux productions actuelles**
- 2. Poursuivre l'étude des autres déterminants que celui de la marge dans la prise de décision**
 - Accès à l'information (Stuart et al. (2013))
- 3. Approfondir la complexité du fonctionnement des systèmes agricoles**
 - Interactions avec la filière agricoles et effets de lock in
 - Coûts fixes (Blank, 2001) (endettement)
 - Contraintes techniques liées aux interactions entre différents postes de production.

Merci

References

- Babcock, B. A. (1992). The effects of uncertainty on optimal nitrogen applications. *Review of Agricultural Economics*, 271-280.
- Berentsen, P., Kovacs, K., & Asseldonk, M. V. (2012). Comparing risk in conventional and organic dairy farming in the Netherlands: an empirical analysis. *Journal of dairy science*, 95, 3803-3811.
- Bocquého, G., Jacquet, F., & Reynaud, A. (2014). Expected utility or prospect theory maximisers? Assessing farmers' risk behaviour from field-experiment data. *European Review of Agricultural Economics*, 41, 135-172.
- Brunette, M., Choumert, J., Couture, S., Montagne-Huck, C., & others. (2015). A Meta-analysis of the Risk Aversion Coefficients of Natural Resource Managers Evaluated by Stated Preference Methods.
- De Cara, S., Jacquet, F., Reynaud, A., Goulevant, G., Jeuffroy, M.-H., Montfort, F., et al. (2011). Economic Analysis of Summer Fallow Management to Reduce Take-All Disease and N Leaching in a Wheat Crop Rotation. *Environmental modeling & assessment*, 16, 91-105.
- Dury, J. (2011). *The cropping-plan decision-making: a farm level modelling and simulation approach*. Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse). INPT.
- European Commission (2013). *Rapport de la commission au conseil et au parlement européen relatif à la mise en œuvre de la directive 91/676/CEE du Conseil concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles, sur la base des rapports établis par les États membres pour la période 2008-2011*. COM(2013) 683 final, European Commission.
- Finger, R. (2012). Nitrogen use and the effects of nitrogen taxation under consideration of production and price risks. *Agricultural Systems*, 107, 13-20.
- Horowitz, J. K., & Lichtenberg, E. (1993). Insurance, moral hazard, and chemical use in agriculture. *American Journal of Agricultural Economics*, 75, 926-935.
- Just, R. E., & Pope, R. D. (1979). Production function estimation and related risk considerations. *American Journal of Agricultural Economics*, 276-284.
- Lambert, D. K. (1990). Risk considerations in the reduction of nitrogen fertilizer use in agricultural production. *Western Journal of Agricultural Economics*, 234-244.

- Lambert, D. K. (1990). Risk considerations in the reduction of nitrogen fertilizer use in agricultural production. *Western Journal of Agricultural Economics*, 234-244.
- Menapace, L., Colson, G., & Raffaelli, R. (2013). Risk aversion, subjective beliefs, and farmer risk management strategies. *American Journal of Agricultural Economics*, 95, 384-389.
- Monjardino, M., McBeath, T., Ouzman, J., Llewellyn, R., & Jones, B. (2015). Farmer risk-aversion limits closure of yield and profit gaps: A study of nitrogen management in the southern Australian wheatbelt. *Agricultural Systems*, 137, 108-118.
- Neumann, L. J., & Morgenstern, O. (1947). *Theory of games and economic behavior*. Princeton University Press Princeton, NJ.
- Polomé, P., Harmignie, O., & Frahan, B. d. (2006). Farm-level acreage allocation under risk.
- Pope, R. D., LaFrance, J. T., & Just, R. E. (2011). Agricultural arbitrage and risk preferences. *Journal of econometrics*, 162, 35-43.
- Rajsic, P., Weersink, A., & Gandorfer, M. (2009). Risk and nitrogen application levels. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie*, 57, 223-239.
- Saha, A., Shumway, C. R., & Talpaz, H. (1994). Joint estimation of risk preference structure and technology using expo-power utility. *American Journal of Agricultural Economics*, 76, 173-184.
- Smith, V. H., & Goodwin, B. K. (1996). Crop insurance, moral hazard, and agricultural chemical use. *American Journal of Agricultural Economics*, 78, 428-438.
- Stuart, D., Schewe, R., & McDermott, M. (2014). Reducing nitrogen fertilizer application as a climate change mitigation strategy: Understanding farmer decision-making and potential barriers to change in the US. *Land Use Policy*, 36, 210-218.