

# **Modélisation de la réponse à l'azote du rendement des grandes cultures et intégration dans un modèle économique d'offre agricole à l'échelle européenne.**

Application à l'évaluation des impacts du changement climatique

## **Résumé**

L'agriculture européenne évolue aujourd'hui dans un contexte où les mesures politiques et les préoccupations environnementales sont de plus en plus prégnantes, tout en faisant face au changement climatique. Le modèle d'offre agricole AROPAj prend déjà en compte certaines caractéristiques zootechniques. Pour mieux évaluer les politiques agri-environnementales, ce modèle économique a besoin d'intégrer les caractéristiques techniques des cultures des systèmes de production qui le composent. Cette thèse vise à mettre au point une méthode permettant cette prise en compte de la technique agronomique en modélisant la relation azote-rendement. Les systèmes individuels de production (fermes types) d'AROPAJ ne sont pas localisés au sein des régions européennes et les informations techniques disponibles dans les bases de données sont restreintes. La méthode élaborée détermine les caractéristiques techniques et physiques nécessaires à la modélisation du rendement de chaque culture de chaque ferme type par le modèle de culture STICS. Ces informations permettent d'obtenir, pour chaque culture de chacune de ces fermes, une courbe de réponse du rendement à l'azote. De forme exponentielle, elle intègre les propriétés économiques attendues et est cohérente du point de vue agronomique. La courbe peut prendre en compte l'azote issu de l'engrais acheté et celui des effluents d'élevage provenant de la ferme. Intégrées au modèle AROPAj, les courbes apportent aux fermes modélisées une plus grande sensibilité aux scénarios de politiques agricoles en permettant l'ajustement du niveau optimal de fertilisation. La méthode est adaptable à l'ensemble des régions européennes, les tests réalisés sur deux régions françaises contrastées la montrent robuste. Les simulations en conditions climatiques futures ont été réalisées sur la base de séries climatiques fournies par le modèle ARPEGE-Climat de Météo-France, représentant un scénario du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC). Dans ce contexte de changement climatique, pour trente années futures, et toutes autres choses égales par ailleurs, la gamme des courbes de réponse à l'azote obtenue pour chaque culture de chaque ferme type est très large. La confrontation des diverses cultures et fermes modélisées fait apparaître l'eau comme facteur de production prépondérant devant l'azote, et montre que la classe altitudinale des fermes est déterminante de la réponse à l'azote pour des conditions climatiques futures.

**Mots clés** : modélisation, fertilisation azotée, grandes cultures, interdisciplinarité agronomie-économie, courbe de réponse à l'azote, changement climatique, échelle européenne

## **Modelling major crop yield response to nitrogen. Incorporation in an agricultural offer economic model at European scale**

Application to the evaluation of climate change impacts

## **Abstract**

Agriculture in today's Europe is evolving in a context where policy making and environmental concerns play a key role as well as questions being raised due to global warming. The AROPAj agricultural offer model already takes into account certain characteristics of animal farming. To better assess agri-environmental policies, this economic model needs to take into account the technical characteristics of crops in the individual production systems it is composed of. This thesis aims at setting up a method that takes into account agronomic techniques by modelling the relationship between yield and nitrogen fertilizing. In AROPAj, individual production systems (farm types) do not have a given location within a specified region and in data bases, technical information is scarce. The method involves determining technical and physical characteristics, inputs that allow the STICS crop model to assess the yield of each crop for each farm type. From this information, a nitrogen response curve can be drawn up for each crop of each one of the farms. The curve is based on an exponential function that integrates economic properties, and it is consistent from an agronomic point of view. It can take into account both nitrogen from marketed fertilizer and nitrogen from animal effluents produced on farm. Incorporated into the AROPAj economic model, the curves render the farms more sensitive to agricultural policy scenarios, by allowing the adjustment of their optimal fertilizing level. The method was designed to be adaptable to any European region, and tests carried out on two French regions covering a wide range of situations proved it to be robust. Simulations under future climate conditions were carried out based on climatic series from the Météo-France ARPEGE-Climat model representing a scenario of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). In such climatic changes, and all other things equal, the range of nitrogen response curves obtained for a single crop of a single farm type, over thirty future years, is very wide. When all the modelled situations of differing crops and farm types were compiled, water, and not nitrogen, was shown to be the predominant production factor. It also shows that the altitude class of farms determines nitrogen response under future climatic conditions.

**Key words**: modelling, nitrogen fertilization, major crops, interdisciplinarity agronomy-economics, nitrogen response curve, climate change, European scale