

# Production agricole robuste face au dérèglement climatique

Bastien Camembert, Jean-Charles Billaut, Jean-Paul Chemla, Pierre Desport

ERL CNRS ROOT, LIFAT, Université de Tours, France  
{jean-charles.billaut,pierre.desport}@univ-tours.fr

**Mots-clés** : *production agricole, robustesse, MILP, heuristiques*

## 1 Introduction

Grâce à l'automatisation toujours croissante des moyens de production dans le milieu agricole, la production de nourriture en France dépasse désormais largement les besoins [4]. Mais de nos jours, de nouveaux critères d'achats de produits apparaissent dans tous les secteurs y compris dans le monde agricole et les grandes exploitations ne répondent plus forcément à toutes ces nouvelles demandes. Ainsi dans les années 1960, le commerce équitable fait son apparition mettant en avant d'autres valeurs comme la parité, les conditions de travail ou l'écologie plutôt qu'uniquement l'aspect du produit. On peut également parler de l'apparition de l'agriculture biologique en 1999 mettant là encore l'accent sur une production écologique des produits.

Le dérèglement climatique apporte une problématique supplémentaire non négligeable à prendre en compte. D'une part, l'agriculture est le deuxième poste d'émissions de GES de la France [3] (19% en 2019) et d'autre part, le changement climatique se traduit par l'apparition de fortes sécheresses, de températures trop élevées, induisant des assèchements des sols et des risques d'incendie, mais aussi par des précipitations intenses, des chutes de grêle ou des gels de récoltes ou bien encore par l'apparition de nouvelles pathologies dans les productions. Tous ces phénomènes entraînent de graves conséquences sur le secteur agricole, forçant les agriculteurs à s'adapter en permanence à de nouvelles situations [1].

Un article récent [2] aborde la problématique de la planification de la production agricole pour des plantes médicinales, qui ont des types de culture spécifiques. Les auteurs s'intéressent aux concentrations actives de molécules dans leurs plants et cherchent à définir des périodes de production pour optimiser trois critères : les coûts de la chaîne d'approvisionnement, la concentration de molécules dans les plantes, et l'injustice économique perçue par les agriculteurs. Nous abordons dans notre étude la question du choix de production qu'un exploitant agricole peut faire, dans un environnement incertain, où l'incertitude est essentiellement basée sur les apports en eau. Nous nous focaliserons sur les productions de type céréalière ou maraîchère (excluant les productions animales, avicoles, viticoles, etc.) et nous chercherons les décisions les plus robustes, qui garantissent un certain revenu au producteur, sans pour autant dépasser un certain impact carbone.

## 2 Définition du problème

On considère une exploitation agricole comportant une certaine surface de terre exploitable. Pour l'instant, on ne tient pas compte des questions liées à la rotation des cultures ni des temps de repos des sols (davantage pris en compte en agriculture bio qu'en agriculture conventionnelle). Les questions liées à la rotation des cultures font intervenir des pratiques variées qui ne sont pas nécessairement admises par tous.

Plusieurs choix de production se présentent à un producteur.

On notera  $n$  le nombre de choix possibles et  $j$  le type de culture  $j$  ( $1 \leq j \leq n$ ). Pour chaque production  $j$ , l'objectif est de définir la quantité de produit notée  $q_j$  que l'on souhaite récolter

(et donc planter). Notons que si  $q_j$  vaut 0, le produit n'est simplement pas retenu. En fonction de  $j$  et de la quantité souhaitée  $q_j$ , on connaît la surface agricole nécessaire à la production. L'ensemble des quantités fixées ne doit donc jamais faire dépasser la surface de terre disponible. Pour chaque produit  $j$ , la période de plantation appartient à un intervalle de temps connu et la durée entre plantation et récolte est supposée connue également. On considère qu'un produit  $j$  a des besoins en eau qui sont variables, mais connus, entre le moment où il est planté et le moment où il est récolté. On considère également qu'un type de culture va engendrer un certain nombre d'émissions de gaz à effets de serre (généralement autres que le  $CO_2$ ), liées à la consommation d'énergie des engins agricoles et sylvicoles, à l'élevage (non pris en compte ici dans un premier temps). On suppose donc connues les émissions de GES liées à la production d'une quantité  $q_j$  de produit  $j$ . Dans notre modèle, nous limitons la somme des émissions de GES. Enfin, on connaît le bénéfice que peut retirer le producteur de chaque produit  $j$ .

L'incertitude porte essentiellement sur l'apport en eau (pluviométrie et ensoleillement sont supposés ici fortement corrélés) par période de temps. On dispose de plusieurs scénarios selon la pluviométrie attendue sur un horizon de 1 an découpé en 52 semaines.

L'objectif est de trouver une solution qui maximise les bénéfices du producteur quel que soit le scénario qui se dégage.

### 3 Résolution

Nous proposons un MILP qui tient compte de toutes ces contraintes, et qui propose une solution qui est valable quel que soit le scénario. Quelques heuristiques illustrant des décisions "de bon sens" sont proposées et les résultats sont comparés sur des instances aléatoires générées à partir de données réalistes.

### 4 Perspectives

Dans la production maraîchère, le même produit peut avoir plusieurs périodes de plantation successives, et les durées de pousse peuvent varier du simple au double selon les variétés. Le prix de revient d'un produit peut aussi dépendre de son état, autrement dit indirectement du temps pendant lequel il est resté planté. Ces possibilités devront être intégrées au modèle.

Le modèle proposé pourrait être étendu à d'autres types d'incertitudes comme par exemple une incertitude liée à la présence de grêle. On pourrait aussi imaginer un modèle où la réduction de la consommation en eau aurait un impact sur la quantité récoltée ou sur la qualité des produits récoltés, mais pas forcément sur l'ensemble de la production.

### Références

- [1] Quels impacts du changement climatique sur l'agriculture? <https://reseauactionclimat.org/quels-impacts-du-changement-climatique-sur-lagriculture/juillet-2022>
- [2] Ana Estesó, MME Alemany, Ángel Ortiz et Rina Iannacone. "Crop planting and harvesting planning : Conceptual framework and sustainable multi-objective optimization for plants with variable molecule concentrations and minimum time between harvests." In : Applied Mathematical Modelling 112 (2022), p. 136-155.
- [3] Les émissions de gaz à effet de serre de l'agriculture. <https://www.notre-environnement.gouv.fr/themes/climat/les-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-et-l-empreinte-carbone-ressources/article/les-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-de-l-agriculture>, février 2021
- [4] Maxime Ogier. Contributions à la chaîne logistique numérique : conception de circuits courts et planification décentralisée. Thèse de doctorat, Université de Grenoble, déc. 2013.