

# Prédiction du cours du blé grâce à un réseau de neurones

LEAL Hugo  
ROBERT Kyliann

26/12/2019

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
1.1	Objectifs . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Cycle du blé</b>	<b>1</b>
2.1	Blé d'hiver . . . . .	1
2.2	Blé de printemps . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Les modèles de culture</b>	<b>2</b>
3.1	Modèle simple . . . . .	2
3.1.1	Présentation du modèle . . . . .	3
3.1.2	Calcul du rendement futur . . . . .	5

## 1 Introduction

Dans notre époque, où les investisseurs cherchent constamment à faire du profit, ne serait-il pas possible de faire bénéficier les producteurs du marché, en les aidant à saisir des opportunités de vente avec des rendements financiers toujours maximaux ? La création d'un robot prendrait en compte des paramètres climatiques, biologiques et économiques, tout en alliant les nouvelles technologies d'aujourd'hui avec la capacité de prédiction d'un système de neurones.

Il cherche à reproduire l'intelligence humaine tout en l'améliorant dans des domaines où elle n'est pas compétente. Il dispose de données conséquentes et d'une faculté d'analyse plus rapide afin de tirer parti des faiblesses des marchés boursiers, pour engendrer des bénéfices plus importants aux producteurs.

Cet écrit s'articule autour de la prédiction du cours du blé. Il se découpe en trois parties : la première fait référence au cycle de développement du blé. La deuxième est consacrée à la conception du réseau de neurones, et la troisième est dédiée au test en situation réelle.

### 1.1 Objectifs

L'objectif est de créer une aide pour les producteurs de blé en exploitant un système informatique totalement automatisé.

Ce robot récupérera des données chaque jour pour ensuite les analyser en suivant des stratégies que nous aurons nous même élaboré. Ensuite, il estimera le risque de l'investissement, et informera le producteur du moment opportun pour vendre ses récoltes.

Nous validerons le robot dans une situation réelle et sur des années historiques (crise sanitaire, climat défavorable, politique économique) : le robot sera-t-il capable de faire face à une situation réelle et générer des gains ? Peut-il apprendre et se développer lui-même jusqu'à devenir complètement autonome ?

## 2 Cycle du blé

### 2.1 Blé d'hiver

Le blé d'hiver doit passer par différentes phases de développement avant de pouvoir produire des grains. En effet, celui-ci est semé durant l'automne, puis doit subir une période de vernalisation, c'est à dire une période où les températures sont assez basses pour que la plante puisse passer à un stade de reproduction, la floraison. Il ne faut pas confondre vernalisation et résistance au froid qui sont deux phénomènes liés mais bien distincts.

L'endurcissement est une étape qui s'étend sur une durée de 28 jours (lorsque le blé atteint environ 3,5 feuilles). Elle déterminera les capacités de la plante à résister au froid. Pour que ce processus s'enclenche, il faut que les températures descendent en-dessous de 15 °C. On observe un endurcissement plus important lorsque les températures sont proches de 0°C. Cependant, il y a des phénomènes météorologiques qu'il faut éviter, comme une alternance entre gel et dégel, qui entraîne un désendurcissement de la plante. Les précipitations peuvent également jouer un rôle important : un sol humide amplifiera les effets du froid. Au contraire, lorsqu'une couche de neige se forme, elle agit comme un isolant thermique, qui protège la plante des gelées. Il faut qu'elle soit assez épaisse, entre 10 à 20 cm, afin que cela ait un rôle bénéfique sur la plante.

Après une période d'endurcissement, les plants sont davantage sensibles aux maladies ; cet aspect ne sera pas traité dans cet écrit. Les plants ont aussi des besoins accrus en eau et température après cette période : le bon climat est là aussi important, pour permettre aux plants de blé d'atteindre les étapes de montaison, d'épiaison, et enfin de maturité (voir graphe 1).

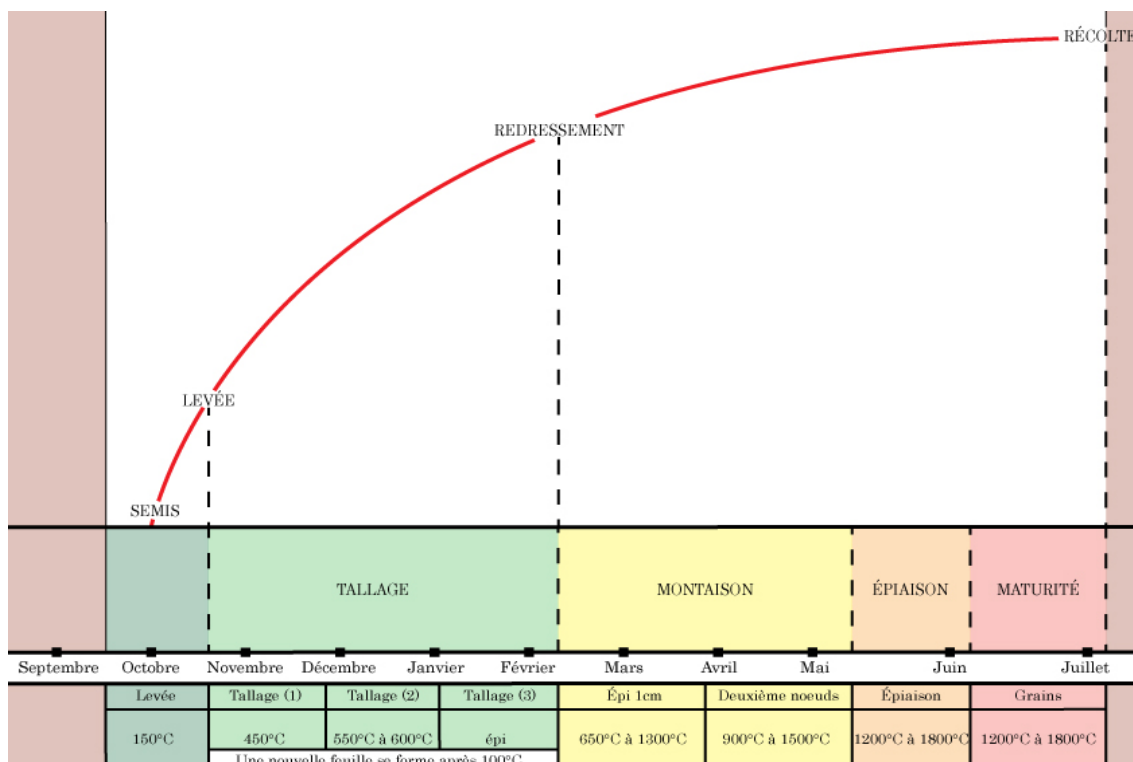


FIGURE 1 – Cycle du blé d'hiver

## 2.2 Blé de printemps

Le blé de printemps comme son nom l'indique est semé au printemps. Il comporte quelques différences notables avec le blé d'hiver : mis à part la période de semis, qui commence plus tard, le blé de printemps ne nécessite pas de période de vernalisation. Cela comporte à la fois des avantages et des inconvénients : le blé peut être semé plus tard que le blé d'hiver, mais en contrepartie, il résiste moins bien aux températures basses, il est donc plus fragile en cas de météo extrême.

Ce type de blé est moins reconnu au niveau de la France : le blé tendre de printemps ne représente que 8,5% des espèces de blé autorisées par le GNIS, et, l'utilisation de blé de printemps au niveau mondial a davantage lieu dans des pays comme le Canada, l'Ukraine, ou encore en Sibérie, dans des régions où les températures au printemps sont souvent sous la barre des 15°C, et où donc le blé d'hiver ne pousserait que très lentement à cause de la vernalisation.

## 3 Les modèles de culture

### 3.1 Modèle simple

La France compte treize régions, avec quatre climats différents (climat océanique, climat de montagne, climat continental et climat méditerranéen). C'est pourquoi nous avons choisi d'établir les rendements de production en fonction des régions. Nous avons d'abord étudié les données historiques des rendements en France de 2000 à 2018 (voir tableau

n1), pour ne garder que les rendements les plus importants et les plus faibles. Ainsi, on connaîtra les différents profils météorologiques pour chaque région.

Le robot récupère tous les jours des données météo (tableau n1), pour les comparer avec les données historiques, afin d'estimer un rendement futur. L'hiver étant une saison complexe, on ne pourra en déduire des rendements faibles. Nous avons donc choisi de créer un modèle d'endurcissement. Le modèle est conçu de la manière suivante :

### 3.1.1 Présentation du modèle

- Tout d'abord, le robot récupère tous les jours des données météo : **MaxT** et **MinT** sont respectivement la température maximale et minimale en journée. Les précipitations **P** sont également récupérées. Puis on calculera les degrés-jour **DJ**, déterminés par la relation suivante :

$$DJ = \frac{MaxT - MinT}{2} - BaseT$$

Les degrés-jour permettent de connaître la croissance du blé. Ainsi, on peut prédire plusieurs événements, comme l'apparition d'insectes, ou encore la date de sa maturité. La température de base pour le blé est de 0 C.

- Puis, il comparera les données historiques. **MaxDJH** sont les degrés jours maximum historiques pour le rendement maximum historique **MaxRH**, **MinDJH** sont les degrés jours minimum historiques pour le rendement minimum historique **MinRH** et les précipitations maximales et minimales historiques **MaxPH**, **MinPH**. Pour estimer un futur rendement **RF**.

Nous adoptons les degrés jours car ils sont plus simples à utiliser pour comparer nos nouvelles données avec les anciennes.

### Blé dur d'hiver

Numéro	Région	Station	Rendement maximum	Année	Rendement minimum	Année
1	Haut de France	7005 <sup>1</sup>	70	2007	59.92	2011
2	Normandie	7037	65	2008	52	2012
3	Bretagne			2019 <sup>2</sup>		
4	Ile de France	7149	75	2009	20	2016
5	Grand Est	7168	75	2005	40	2016
6	Pays de la Loire	7222	66	2009	40	2016
7	Centre Val de Loire	7149	76	2015	21	2016
8	Bourgogne Franche Comté	7280	66	2009	30	2016
9	Nouvelle aquitaine	7314	69	2015	51	2007
10	Auvergne Rhônes Alpes	7481	70	2017	42	2016
11	Occitanie	7621	59.5	2012	38	2007
12	Provinces Alpes Côte d'Azur	7591	53	2012	38	2007
13	Corse	7761	40	2015	18	2003

1. Station météo France

2. Début de production active en 2019

## Blé tendre d'hiver

Numéro	Région	Station	Rendement maximum	Année	Rendement minimum	Année
1	Haut de France	7015	100	2015	64	2016
2	Normandie	7005	96	2015	65	2016
3	Bretagne	7117	81.3	2017	55	2007
4	Ile de France	7149	87	2015	50	2016
5	Grand Est	7072	95.9	2015	56.4	2016
6	Pays de la Loire	7222	76	2012	46	2007
7	Centre Val de Loire	7149	86	2002	54.32	2016
8	Bourgogne Franche Comté	7280	77	2000	46	2016
9	Nouvelle aquitaine	7314	75	2002	49	2011
10	Auvergne Rhônes Alpes	7481	80	2004	53	2002
11	Occitanie	7621	65	2012	42	2001
12	Provences Alpes Côte d'Azur	7591	52	2002	31	2005
13	Corse	7761	80	2017	18	2003

## Blé dur de printemps

Numéro	Région	Station	Rendement maximum	Année	Rendement minimum	Année
1	Haut de France	7072	70	2008	50	2016
2	Normandie	7037	70	2000	50	2016
3	Bretagne	7110		2019 <sup>1</sup>		
4	Ile de France	7149	40	2009	20	2016
5	Grand Est	7168	80	2004	40	2003
6	Pays de la Loire	7222	58	2009	38	2016
7	Centre Val de Loire	7149	75	2002	33	2016
8	Bourgogne Franche Comté		0 <sup>3</sup>		0	
9	Nouvelle aquitaine	7314	67	2015	51	2011
10	Auvergne Rhônes Alpes	7577	40	2013	25	2003
11	Occitanie	7621	54	2016	35	2018
12	Provences Alpes Côte d'Azur	7591	61	2013	20	2003
13	Corse		0 <sup>3</sup>		0	

## Blé tendre de printemps

Numéro	Région	Station	Rendement maximum	Année	Rendement minimum	Année
1	Haut de France	7072	89	2017	50	2016
2	Normandie	7005	93	2008	60	2016
3	Bretagne	7130	78	2009	63.33	2016
4	Ile de France	7149	87	2015	50	2016
5	Grand Est	7072	95.9	2015	56.4	2016
6	Pays de la Loire	7222	59	2012	47	2011
7	Centre Val de Loire	7149	84	2002	50	2016
8	Bourgogne Franche Comté	7280	88	2017	46	2016
9	Nouvelle aquitaine	7314	74	2012	49	2011
10	Auvergne Rhônes Alpes	7471	74	2012	40	2016
11	Occitanie	7621	62	2002	45	2018
12	Provences Alpes Côte d'Azur	7591	67	2013	26	2005
13	Corse		0 <sup>3</sup>		0	

1. Station météo France

2. Début de production active en 2019

3. Aucune production

### 3.1.2 Calcul du rendement futur

Dans notre modèle, une année agricole est de 304 ou 305 jours selon les années bissextiles ou non (octobre de l'année  $n$  à juillet de l'année  $n+1$ ). Afin de déterminer notre rendement futur, on va utiliser la méthode de la régression linéaire multiple. On a choisit une relation proportionnelle sur chaque jour c'est à dire qu'on fait la somme des différents paramètres qui compose notre modèle (MaxRH, MinRH, MaxDJH, MinDJH, MaxPH et MinPH).

On a une relation qui se déduit plus facilement (coefficient de détermination proche de 1 (voir tableau)) que si nous avions laissé nos données brutes. On obtient deux équations de droites pour chaque mois :

$$\text{MaxRH}_j = \alpha_{0,j} + \alpha_{1,j} \times \text{MaxDJH}_j + \alpha_{2,j} \times \text{MaxPH}_j, \quad \forall j = 1, \dots, 10$$

$$\text{MinRH}_j = \beta_{0,j} + \beta_{1,j} \times \text{MinDJH}_j + \beta_{2,j} \times \text{MinPH}_j, \quad \forall j = 1, \dots, 10$$

On peut alors calculer le rendement futur :

$$\text{RF} = \sum_{1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m} \frac{(\alpha_{0,j} + \alpha_{1,j} \times \text{DJ}_{i,j} + \alpha_{2,j} \times \text{P}_{i,j}) + (\beta_{0,j} + \beta_{1,j} \times \text{DJ}_{i,j} + \beta_{2,j} \times \text{P}_{i,j})}{2}$$