

# Projet de Stage : Comportement des cellules lors d'un traitement thérapeutique

Victor Gertner

*gertnervictor@gmail.com*

November 17, 2023

## 1 Introduction

- Notre expérience
- Objectifs

## 2 Productions

- Mise en place de l'algorithme et intégration graphique
- Calculs des  $S_i(Tmax)$
- Calculs de l'esperance et variance des  $S_i(Tmax)$
- Loi du temps d'apparition des résistantes

## 1 Introduction

- Notre expérience
- Objectifs

## 2 Productions

- Mise en place de l'algorithme et intégration graphique
- Calculs des  $S_i(Tmax)$
- Calculs de l'esperance et variance des  $S_i(Tmax)$
- Loi du temps d'apparition des résistantes

# Notre expérience

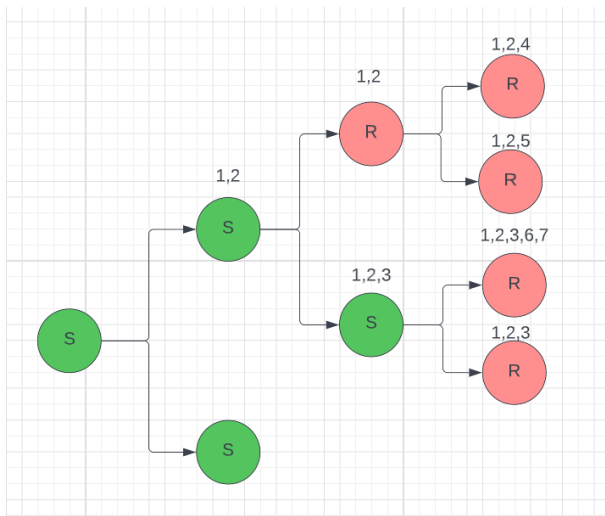


Figure: Illustration de notre expérience

- Mise en place de l'algorithme et intégration graphique
- Calculs des  $S_i(T_{max})$
- Calculs de l'esperance et variance des  $S_i(T_{max})$
- Loi du temps d'apparition des résistantes

## 1 Introduction

- Notre expérience
- Objectifs

## 2 Productions

- Mise en place de l'algorithme et intégration graphique
- Calculs des  $S_i(Tmax)$
- Calculs de l'esperance et variance des  $S_i(Tmax)$
- Loi du temps d'apparition des résistantes

# Mise en place de l'algorithme et intégration graphique - 1

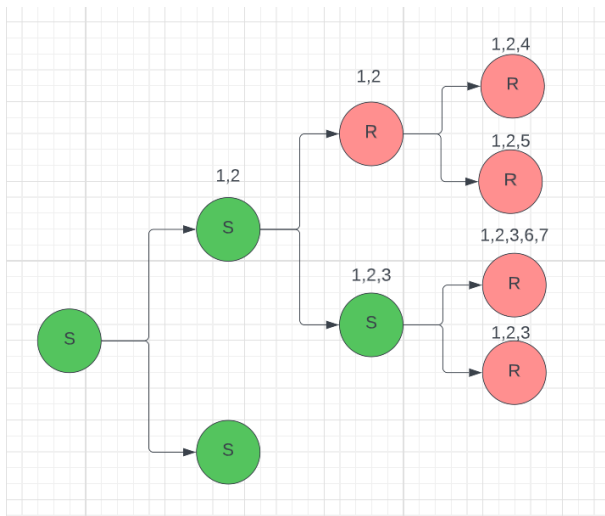


Figure: Arbre d'une simulation avec 2 cellules au départ pour  $T_{\max} = 3$

# Mise en place de l'algorithme et intégration graphique - 2

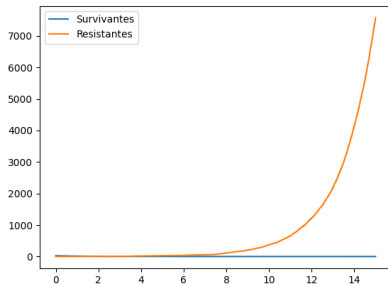


Figure: Graphique de l'évolution de la population pour une réalisation

(a) Population initiale 25,  $T_{\max} = 15$

(b)  $d_0 = 0.7$ ,  $b_0 = 0.2$ ,  $d_1 = 0.1$ ,  $b_1 = 0.7$



# Mise en place de l'algorithme et intégration graphique - 3

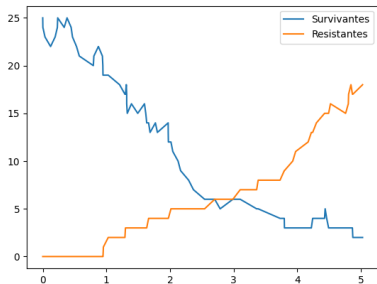
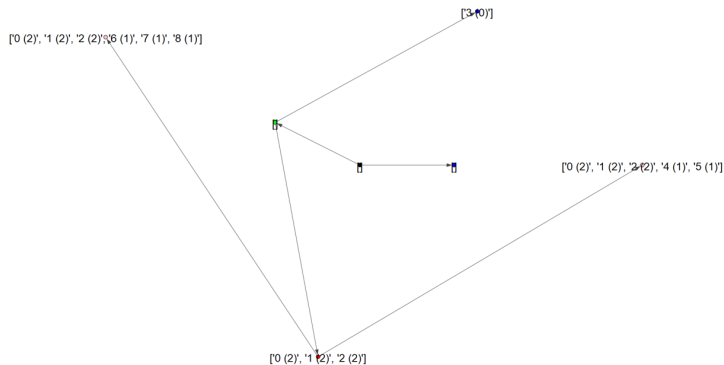


Figure: Graphique de l'évolution de la population pour une réalisation

(a) Population initiale 25,  $T_{\max} = 5$

(b)  $d_0 = 0.7$ ,  $b_0 = 0.2$ ,  $d_1 = 0.1$ ,  $b_1 = 0.7$

# Calculs des $S_i(T_{max}) - 1$



# Calculs des $S_i(T_{max})$ - 2

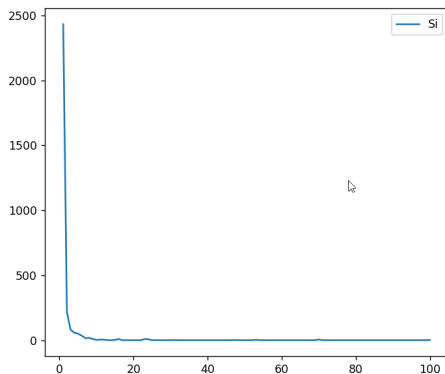


Figure: Graphe des  $S_i(T_{max})$  en pourcentage de population pour une réalisation

(a) Population initiale 25,  $T_{max} = 15$

(b)  $d_0 = 0.7$ ,  $b_0 = 0.2$ ,  $d_1 = 0.1$ ,  $b_1 = 0.7$

# Calculs des $S_i(T_{\max})$ - 3

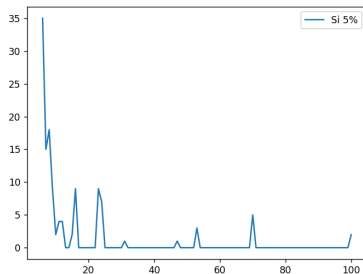


Figure: Graphe des  $S_i(T_{\max})$  en pourcentage de population à partir de 5 pourcents pour une réalisation

(a) Population initiale 25,  $T_{\max} = 15$

(b)  $d_0 = 0.7$ ,  $b_0 = 0.2$ ,  $d_1 = 0.1$ ,  $b_1 = 0.7$

# Calculs de l'esperance et variance des $S_i(Tmax) - 1$

## Estimateur de l'esperance

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

## Estimateur sans biais de la variance

$$\bar{\sigma}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (2)$$

# Calculs de l'esperance et variance des $S_i(Tmax)$ - 2

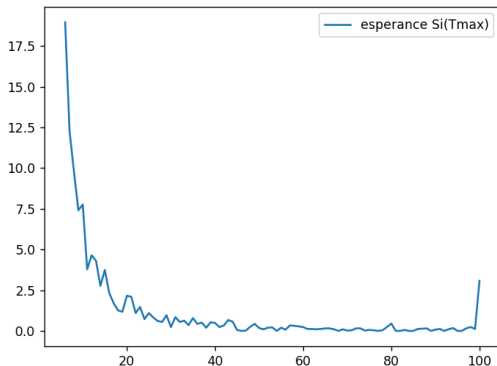


Figure: Graphe de l'esperance des  $S_i(Tmax)$  en pourcentage de population

(a) Population initiale 25,  $Tmax = 15$ , nombre de réalisation : 100

(b)  $d0 = 0.7$ ,  $b0 = 0.2$ ,  $d1 = 0.1$ ,  $b1 = 0.7$

# Calculs de l'esperance et variance des $S_i(T_{max})$ - 3

Ces 2 simulations ont été effectuées avec  $N=100$  et  $T_{max} = 10$

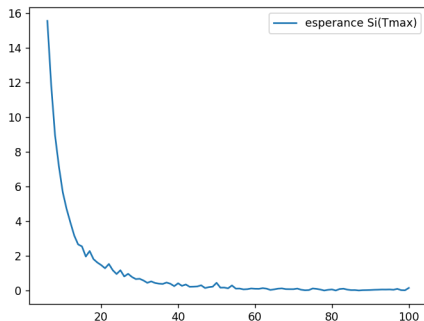


Figure: 0.8 0.7 0.1 0.7

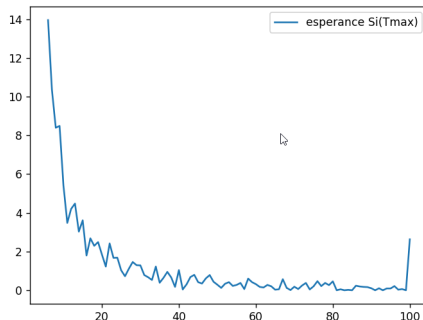


Figure: 0.8 0.7 0.5 0.7

# Calculs de l'esperance et variance des $S_i(T_{max})$ - 4

Testons l'influence de la différence de 2 paramètres  
Ces 2 simulations ont été effectuées avec  $N=100$  et  $T_{max} = 10$

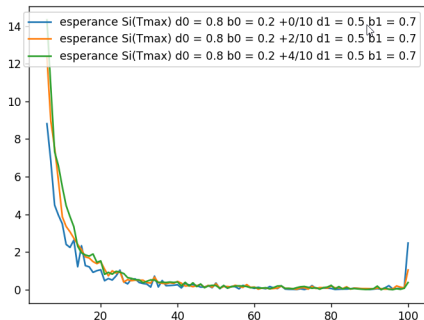


Figure: Modification de  $b_0$  seul

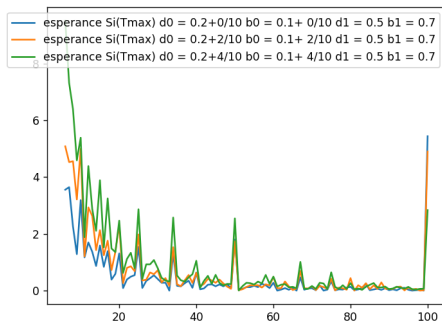


Figure: Modification de  $b_0$  et  $d_0$  simultanément



# Calculs de l'esperance et variance des $S_i(T_{max})$ - 4

## Explications

On exploitera principalement le graphe de gauche, celui-ci montre que si  $b_0$  est faible, il y a apparition d'un pic à droite, et donc plus de chance d'avoir qu'une seule famille de cellule résistante. On remarque aussi que d'autant  $b_0$  est haut, d'autant le pic dans les 5 premiers pourcents va être élevé. Et donc le nombre de mutation différente va être très élevé. La seule chose que l'on peut tirer du graphe de droite, c'est que le comportement est le même que celui de gauche, et donc que c'est plus la valeur de  $b_0$  qui influence le pic, que la différence entre  $d_0$  et  $b_0$ .

# Calculs de l'esperance et variance des $S_i(T_{max})$ - 5

Ces 2 simulations ont été effectuées avec  $N=100$  et  $T_{max} = 10$  La courbe de l'esperance est en bleu, et elle est entourée de l'écart type.

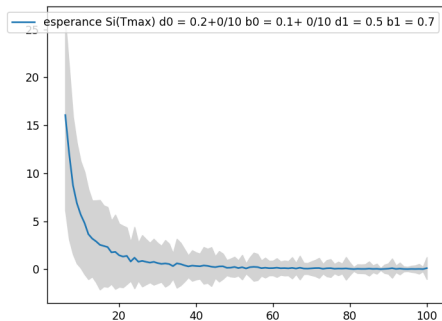


Figure: Esperance et écart type

(a) 0.8 0.7 0.1 0.7

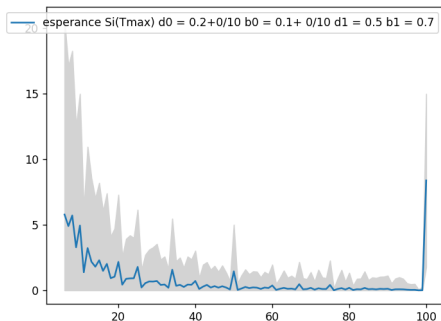


Figure: Esperance et écart type

(a) 0.8 0.2 0.1 0.7

# Calculs de l'esperance et variance des $S_i(T_{max})$ - 5

## Explication

On remarque ici que l'écart type nous permet de savoir quand est-ce que notre espérance est utilisable ou non. On remarque que pour les 5 premiers pourcents celle-ci est très élevée, et donc on peut difficilement tirer des informations sur notre espérance. Pour autant dans le reste de la courbe, l'écart type est au voisinage de l'espérance, on peut donc en tirer des valeurs exploitables pour valider ou non la théorie et/ou le modèle.

# Loi du temps d'apparition des résistantes - 1

Ces expériences sont réalisées à  $T_{\max} = 15$  et  $N=100$ . Il y a 1000 expériences

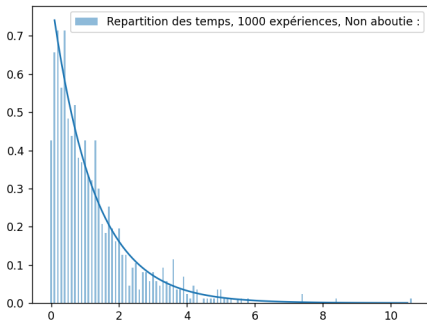


Figure:  $d0 = 0.9$   $b0 = 0.1$   $d1 = 0.1$   $b1 = 0.7$

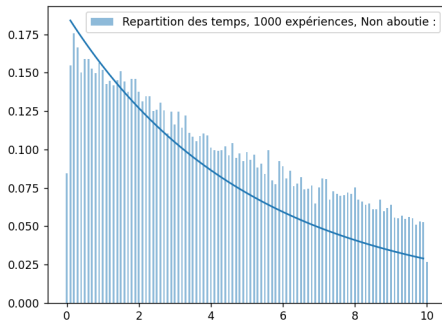


Figure:  $d0 = 0.9$   $b0 = 0.8$   $d1 = 0.1$   $b1 = 0.7$

# Loi du temps d'apparition des résistantes - 2

Ces expériences sont réalisées à  $T_{\max} = 15$  et  $N=100$ . Il y a 1000 expériences

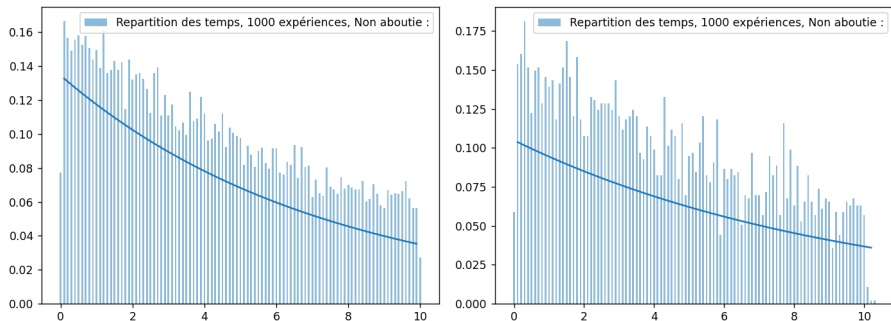


Figure:  $d0 = 0.5$ ,  $b0 = 0.4$ ,  $d1 = 0.1$ ,  $b1 = 0.7$       Figure:  $d0 = 0.2$ ,  $b0 = 0.1$ ,  $d1 = 0.1$ ,  $b1 = 0.7$

# Loi du temps d'apparition des résistantes - 2 Explication

On remarque à travers nos simulations que l'impact de  $b_0$  va être sur la maximum, comme l'on peut le voir sur les deux premières figures. Ensuite on remarque qu'à différence entre  $d_0$  et  $b_0$  constante, plus les deux paramètres sont bas, plus la courbe va être aplatie, et étendue dans le temps. Et donc plus en moyenne notre première résistante arrivera tard. On remarque aussi que notre modèle suit bien la théorie, les courbes sont au voisinage des estimations théoriques.

Je tenais à vous remercier pour ce stage qui m'a permis de mettre un premier pied dans le monde de la recherche. Merci beaucoup pour ça, cela fut un moment agréable pour moi et je l'espère pour vous aussi.