

# Rapport TP4 Projet Informatique : Simulation de population de lapin

## Table des matières

<b>Table des tableaux</b>	<b>3</b>
<b>Introduction</b>	<b>4</b>
<b>Données utilisées pour les expériences</b>	<b>4</b>
1) Données	4
2) Biais	5
<b>Explication du code</b>	<b>5</b>
1) Fonctions	5
2) Composition du Main()	6
2.1) Initialisation (ligne 249 à 283)	6
2.2) L'expérience (ligne 284 à 409)	6
2.3) Calcul des tableaux de moyennes et de l'intervalle de confiance (ligne 411 à 448)	7
<b>Résultat des expériences</b>	<b>8</b>
1) Explication de la procédure expérimentale	8
2) Pré-test avec 2 lapins	9
3) Résultats pour une population de 4000 lapins	9
2.1) Tableau de moyenne de population totale	10
2.2) Tableau de moyenne de mâle	11
2.3) Tableau de moyenne de femelle	12
2.4) Tableau de moyenne de femelle fertile	13
2.5) Tableau de moyenne de femelle infertile	14
2.6) Tableau de moyenne de lapereau	15
2.7) Tableau de moyenne de mort	16
2.8) Tableau de moyenne de mort à la suite d'une mise-bas	17
2.9) Tableau de moyenne de naissance	18
2.10) Arrêts imprévus des expériences	19
<b>Conclusion</b>	<b>20</b>

## Table des tableaux

Tableau 1 : Répartition de probabilité par portées et par an	4
Tableau 2 : Répartition de probabilité du nombre de petits par portées	4
Tableau 3 : Répartition de probabilité de mort en fonction de l'âge du lapin	4
Tableau 4 : Pré-test avec 2 lapins sur 10 mois, pour 100 000 expériences	9
Tableau 5 : Tableaux de moyennes de populations	10
Tableau 6 : Tableaux de moyennes de mâles avec intervalles de confiance	11
Tableau 7 : Pourcentage de mâles par rapport à la population totale pour 100 expériences	11
Tableau 8 : Tableaux de moyennes de femelles avec intervalles de confiance	12
Tableau 9 : Pourcentage de femelles par rapport à la population totale pour 100 expériences	12
Tableau 10 : Tableaux de moyennes de femelles fertiles avec intervalles de confiance	13
Tableau 11 : Pourcentage de femelles fertiles par rapport à la population totale pour 100 expériences	13
Tableau 12 : Tableaux de moyennes de femelles infertiles avec intervalles de confiance	14
Tableau 13 : Pourcentage de femelles infertiles par rapport à la population totale et la population de femelle pour 100 expériences	14
Tableau 14 : Tableaux de moyennes de lapereaux avec intervalles de confiance	15
Tableau 15 : Pourcentage de lapereaux par rapport à la population totale pour 100 expériences	15
Tableau 16 : Tableaux de moyennes de morts avec intervalles de confiance	16
Tableau 17 : Pourcentage de morts par rapport à la population totale pour 100 expériences	16
Tableau 18 : Tableaux de moyennes de morts à la suite d'une mise-bas avec intervalles de confiance	17
Tableau 19 : Pourcentage de morts à la suite de mise-bas par rapport à la population féminine et la population de féminine fertile pour 100 expériences	17
Tableau 20 : Tableaux de moyennes de naissances avec intervalles de confiance	18
Tableau 21 : Pourcentage de naissances par rapport au nombre de mort pour 100 expériences	18
Tableau 22 : Nombre de fois où l'expérience s'est subitement stoppée, avec la cause	19

## Introduction

Ce dernier TP a pour but de simuler la croissance d'une population de lapin. Nous allons pour cela utiliser la fonction du **Mersenne Twister**, une fonction qui génère des nombres pseudo-aléatoires. Nous allons tout d'abord vous présenter les données qu'on a choisi d'implémenter, puis nous nous pencherons sur une explication des algorithmes du code, et enfin, nous vous présenterons les résultats des expériences.

## Données utilisées pour les expériences

### 1) Données

Plusieurs données ont été implémentées afin de rendre l'expérience la plus réaliste possible :

- Le nombre de portées par an : nous avons choisi une répartition de probabilité comme le tableau ci-dessous :

Nombre de portées	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Probabilités	0,2%	0,3%	1,5%	7%	14%	18%	22%	18%	14%	7%	1,8%	0,2%

Tableau 1 : Répartition de probabilité par portées et par an

- Le nombre de naissances par portées : nous avons choisi une répartition de probabilité comme le tableau ci-dessous (on estime qu'une portée ne peut contenir 0 lapereaux) :

Nombre de petits par portées	1	2	3	4	5	6	7
Probabilités	3,5%	13%	23%	23%	23%	13%	3,5%

Tableau 2 : Répartition de probabilité du nombre de petits par portées

- On estime que chaque année, il y a 10% de femelles infertiles (on ne compte pas l'infertilité des mâles pour simplifier).
- On estime aussi que chaque année, il y a 15% de femelles qui meurent durant la mise-bas.
- Pour ce qui est de la mortalité, elle varie en fonction de l'individu :
  - o Si c'est un lapereau, il a 50% de chance de mourir
  - o Si c'est un adulte, la probabilité choisie est répartie selon le tableau suivant (on estime qu'un lapin ne peut vivre plus de 12 ans) :

Age du Lapin	De 8 mois à 7 ans	8 ans	9 ans	10 ans	11 ans	12 ans
Probabilité de mourir	25%	40%	55%	70%	85%	100%

Tableau 3 : Répartition de probabilité de mort en fonction de l'âge du lapin

- On estime de plus qu'un lapin atteint sa maturité sexuelle à 8 mois (ni avant ni après), car on pense que cela n'a que peu d'incidence sur l'évolution de la croissance.
- Enfin, chaque lapin à 50% de chance d'être de sexe masculin.

## 2) Biais

Différents biais sont à observer suite à certaines simplifications :

- Le programme permet de choisir le nombre de lapin avec lesquels nous pouvons débuter l'expérience. Mais le choix concernant les caractéristiques de ces lapins sont très restreints :
  - o Il a été décidé que parmi ces lapins, il y aura 50% de mâles et 50% de femelles. On ne peut donc pas commencer une expérience avec un nombre de femelles supérieur ou inférieur au nombre de mâles.
  - o Par ailleurs, ces lapins sont tous sans exception âgés de 8 mois (maturité sexuelle).
  - o On suppose aussi que toutes les femelles au début de l'expérience sont fertiles.
- Pour ce qui est de la répartition de la probabilité des portées, étant donné qu'elles sont données par années, nous mettons alors à jour le nombre de portées tous les 12 mois.
  - o Il en va de même pour les femelles infertiles.
  - o Le nombre de portées suit le nombre de mois, c'est-à-dire qu'au mois de janvier (mois 0), il n'y aura jamais de naissance, le mois de février (mois 1), toutes les femelles ayant une portée mettent bas, le mois de mars (mois 2), toutes les femelles ayant 2 portées mettent bas, etc...

## Explication du code

### 1) Fonctions

Nous allons dans cette partie expliquer le code des fonctions importantes présentes dans le fichier `Fonction_Lapin.c` qui sont assez difficile à comprendre par leur structure particulière et des choix que nous avons fait pour représenter notre expérience :

```
- void generatorByTabPercent(...)
```

Cette fonction a pour but de générer à partir d'un tableau de probabilité son tableau échantillonné, c'est-à-dire un tableau avec une population répartie en fonction du tableau de probabilité. Par exemple, si vous voulez répartir une population de 500 personnes en suivant un tableau de probabilité, alors cette fonction vous remplira un tableau de manière qu'ils contiennent les 500 personnes réparties selon la probabilité du tableau de probabilités.

```
- void ageLapin(...)
```

Cette fonction permet de connaître l'âge des lapins. Il faut savoir que tous les lapins sont rangés dans un grand tableau de 2 lignes et n colonnes. Nous avons fait le choix de compter l'âge des lapins en mois. Ainsi, les colonnes 0 à 7 correspondent aux lapereaux et les colonnes 8 à « n » (« n » étant le nombre de mois total) correspondent aux lapins adultes. Cette fonction parcourt le tableau dans l'ordre croissant de ligne mais dans l'ordre décroissant de colonnes, afin de décaler tous les lapins d'un mois. La première ligne du tableau correspond aux mâles, la seconde aux femelles.

- `void verifNbrLapin(...)`

Cette fonction a pour but de vérifier et mettre à jour les variables des différentes populations de lapins. En effet, les lapins sont représentés de deux manières : par un tableau qui indique leur âge, et par des variables présente dans le `main()`. Cette fonction prend en paramètre par référence les variables du `main()` et met à jour ces variables par rapport au nombre de lapin présent dans le tableau.

## 2) Composition du `Main()`

Le `main()` est divisé en plusieurs grandes parties :

- Déclaration des variables et tableaux (lignes 14 à 73)
- Demander à l'utilisateur les choix pour son ou ses expériences (ligne 76 à 90)
- Initialisation de certaines variables et création des tableaux, ainsi que des vérifications d'allocation (ligne 92 à 247)
- L'algorithme de l'expérience (ligne 249 à 448)
- Affichage des résultats de l'expérience (ligne 449 à 505)
- Libération de tous les tableaux (ligne 506 à 526)

Voici comment sont stockés les différentes populations de lapin dans le `main()` :

- Les mâles, les femelles, les femelles fertiles, les femelles infertiles sont des variables.
- Les lapereaux sont stockés dans un tableau à deux cases : la case 0 représente les mâles, la case 1 représente les femelles.

Intéressons-nous à présent à l'algorithme de l'expérience :

### 2.1) Initialisation (ligne 249 à 283)

Dans cette partie, les variables relatives à une expérience sont initialisées ici. Par exemple, c'est dans cette partie que les variables concernant les différentes populations de lapins seront initialisées (ou réinitialisées si on fait plusieurs expériences).

### 2.2) L'expérience (ligne 284 à 409)

#### a) Initialisation des compteurs (ligne 287 et 288)

Les deux compteurs `cmptNaissance` et `cmptMort` sont initialisés ou réinitialisés chaque mois à 0.

#### b) Si `moisParAn = 0` (ligne 289 à 332)

La variable `moisParAn` est une variable qui vaut 0 à chaque fois qu'une année s'écoule (y compris l'année 0). Lorsque cette condition est active, c'est-à-dire tous les mois de janvier l'algorithme suit ces étapes :

- Il va tout d'abord initialiser (ou réinitialiser) le tableau de portées.
- Ensuite, il va calculer le nombre de femelles infertiles pour cette année.
- Il va calculer avec les femelles fertiles restantes le taux de morts à la suite de la mise-bas.
- À la suite de ça, il va générer un tableau de portées pour toute l'année.
- Enfin, il va mettre à jour le nombre de lapins morts ainsi que l'âge des lapins.

Il est à noter qu'aucune naissance ne peut se produire au mois de janvier avec cette configuration, comme nous l'avons expliqué dans les biais.

**c) Si moisParAn  $\neq$  0 (ligne 334 à 349)**

Dans le cas où la condition n'est pas valide, l'algorithme suit une autre trace :

- Il va d'abord calculer les morts et l'âge des lapins.
- Ceci fait, il va alors y avoir naissance de nouveaux lapins.
- Enfin, il vérifie et met à jour les variables.

**d) Mise à jour des tableaux et variables (ligne 351 à 409)**

Dans cette partie, les tableaux relatifs aux mois (c'est-à-dire que chaque case du tableau est associée à la population de lapins pour un mois précis) sont alors mis à jour.

Il en est de même pour les variables moisParAn et mois qui sont incrémentées. On vérifie aussi que nos variables lapins ne sont pas négatives, si tel était le cas, alors elles sont remises à 0.

**2.3) Calcul des tableaux de moyennes et de l'intervalle de confiance (ligne 411 à 448)**

Cette dernière partie est consacrée au calcul des tableaux de moyennes (chaque case du tableau correspond à la moyenne de population d'une expérience). Ces tableaux nous seront très utiles pour pouvoir calculer l'intervalle de confiance, nécessaire pour nous assurer de la fiabilité de notre expérience.

## Résultat des expériences

Nous allons maintenant présenter les résultats des différentes simulations que nous avons effectuées.

### 1) Explication de la procédure expérimentale

Tout d'abord, nous allons présenter la manière dont nous avons procédé pour réaliser les expériences.

Nous avons calculé la moyenne et l'intervalle de confiance de ces catégories :

- Population totale (mâle + femelle + lapereaux)
- Mâle
- Femelle
- Femelle fertile
- Femelle Infertile
- Lapereaux
- Morts à la suite des mises-bas
- Mort (au total)
- Naissances

Nous avons décidé de calculer pour 24, 48, 72 et 96 mois. On ne pouvait aller au-delà à cause du temps de calcul beaucoup trop long.

De plus, dans la grande majorité des expériences, la population s'éteignait avant les 96 mois.

Nous avons effectué le schéma ci-dessus pour 10, 50 et 100 expériences.

Le tout sur une population de 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 et 4000 lapins.

Et ce pour chaque catégorie citée plus haut.

Nous avons aussi fait 100 000 expériences sur une population de 2 lapins, que nous avons baptisé « pré-test », et permet de vérifier un cas extrême.

Nous avons choisi de ne pas séparer les lapereaux par sexe, étant donné qu'ils ne peuvent se reproduire, nous n'avons pas jugé pertinent d'en faire des tableaux distincts.

Il est inutile de préciser qu'avec ce nombre d'expérience colossal, il nous est impossible de présenter tous les résultats dans ce rapport. C'est pourquoi nous avons créé un fichier du nom de « CISZOWSKI\_Lucas\_GIMBERT\_Vincent\_POPULATION\_LAPIN\_EXPERIENCE.pdf ». Ce fichier contient tous les tableaux de toutes nos expériences, hormis le pré-test avec 2 lapins.



## 2) Pré-test avec 2 lapins

L'expérience pré-test est une expérience permettant de traiter un extrême. Il s'agit d'étudier l'évolution d'une population de deux lapins, un mâle et une femelle. Nous avons décidé de faire exactement 100 000 expériences avec un plafond de mois égal à 10. Nous avons obtenu les résultats suivants :

	Moyenne	Intervalle de confiance
<b>Population Totale</b>	5,847301	5,830973 ; 5,863629
<b>Mâle</b>	3,159133	3,148499 ; 3,169767
<b>Femelle</b>	2,664187	2,655794 ; 2,672579
<b>Femelle Fertile</b>	2,664187	2,655794 ; 2,672579
<b>Femelle Infertile</b>	1,484187	1,476294 ; 1,492079
<b>Lapereaux</b>	0,023982	0,023031 ; 0,024932
<b>Mort</b>	7,215379	7,185592 ; 7,245166
<b>Mort Mise-Bas</b>	6732,630900	6708,348862 ; 6756,912938
<b>Naissance</b>	0,018559	0,017811 ; 0,019308

Tableau 4 : Pré-test avec 2 lapins sur 10 mois, pour 100 000 expériences

L'expérience s'est arrêtée en cours de route 99999 fois, dont 61291 fois par manque de mâles et 38708 fois par manque de femelles.

Il y a donc 1 fois où la population a réussi à se maintenir sur plus de 10 mois.

Quant on regarde ce tableau, on remarque cependant une énorme incohérence : la moyenne de mort à la suite d'une mise-bas. Elle est beaucoup trop élevée.

En réalité, cette moyenne est élevée à la suite d'un de nos choix d'implémentation. En effet, nous avons décidé de tuer toutes les femelles mortes à la mise-bas au mois de janvier de chaque année. Or, au mois de janvier, il n'y a aucune naissance, car notre tableau de portées respecte l'ordre des années. Il est donc normal que la moyenne soit élevée, notre effectif de lapin de base est trop faible.

Quant aux autres statistiques, elles semblent cohérentes avec les données que nous avons choisi.

## 3) Résultats pour une population de 4000 lapins

Comme dit dans l'explication de la procédure expérimentale, il y a beaucoup trop d'expériences pour qu'elles soient toutes présentées dans ce rapport.

Ainsi nous avons décidé de vous présenter les résultats qui sont à nos yeux les plus précis, à savoir les expériences sur une population de 4000 lapins.

## 2.1) Tableau de moyenne de population totale

MOYENNE POPULATION TOTALE		INTERVALLE DE CONFIANCE POPULATION TOTALE	
Mois / expériences		10	
24	58478,50824		55530,779072 ; 61426,237399
48	49187,93145		43773,400694 ; 54602,462202
72	41663,43282		28785,804907 ; 54541,060739
96	51467,84553		23718,964619 ; 79216,726443
MOYENNE POPULATION TOTALE		INTERVALLE DE CONFIANCE POPULATION TOTALE	
Mois / expériences		50	
24	57779,35213		56151,063310 ; 59407,640955
48	47209,6329		44907,068676 ; 49512,197118
72	41366,84972		34812,362663 ; 47921,336782
96	46991,47002		32906,905093 ; 61076,034951
MOYENNE POPULATION TOTALE		INTERVALLE DE CONFIANCE POPULATION TOTALE	
Mois / expériences		100	
24	57941,01928		56878,638283 ; 59003,400278
48	48537,9506		46611,772062 ; 50464,129138
72	42462,40267		37606,952815 ; 47317,852527
96	39146,87267		31706,262273 ; 46587,483060

Tableau 5 : Tableaux de moyennes de populations

Les tableaux ci-dessus nous montrent plusieurs choses :

- La moyenne de population totale décroît au fur et à mesure du temps, mais quand 10 et 50 expériences sont effectuées, on remarque une légère croissance entre le 72<sup>ème</sup> mois et le 96<sup>ème</sup> mois. Nous ne retrouvons pas cette croissance pour 100 expériences.
- Quand on regarde attentivement les intervalles de confiance du 96<sup>ème</sup> mois, pour les expériences 10 et 50, on remarque que la fourchette est très large (environ 55 498 lapins d'écart pour 10 expériences !), ce qui laisse à supposer que la génération aléatoire a joué en faveur des naissances pour 10 et 50 expériences.

## 2.2) Tableau de moyenne de mâle

MOYENNE MÂLES		INTERVALLE DE CONFIANCE MÂLES	
Mois / expériences		10	
24	2028,613426		1940,776070 ; 2116,450783
48	2082,150643		1932,847024 ; 2231,454263
72	1944,679892		1450,603384 ; 2438,756399
96	2117,926744		1320,739848 ; 2915,113639
MOYENNE MÂLES		INTERVALLE DE CONFIANCE MÂLES	
Mois / expériences		50	
24	2024,901836		1993,866174 ; 2055,937497
48	2022,896006		1954,024818 ; 2091,767194
72	1905,403759		1672,147425 ; 2138,660093
96	1877,464584		1573,335995 ; 2181,593173
MOYENNE MÂLES		INTERVALLE DE CONFIANCE MÂLES	
Mois / expériences		100	
24	2024,790854		2005,710646 ; 2043,871061
48	2054,946134		2000,398557 ; 2109,493712
72	1943,333867		1770,359408 ; 2116,308327
96	1678,501871		1505,732045 ; 1851,271696

Tableau 6 : Tableaux de moyennes de mâles avec intervalles de confiance

Pour les tableaux de moyennes de mâles, on peut faire les mêmes remarques que pour les tableaux de moyennes de populations.

Mais afin d'avoir une meilleure lisibilité, voici un tableau du pourcentage de mâles par rapport à la population totale (pour 100 expériences) :

MOIS	24	48	72	96
<b>POURCENTAGE DE MÂLES DANS LA POPULATION TOTALE</b>	3,494572376 %	4,233689533 %	4,576598932 %	4,287703606 %

Tableau 7 : Pourcentage de mâles par rapport à la population totale pour 100 expériences

Nous remarquons dans le Tableau 6 que le pourcentage de mâles dans la population totale semble croître du 24<sup>ème</sup> au 72<sup>ème</sup> mois, avant de légèrement décroître au 96<sup>ème</sup> mois.

Nous pensons que cela est dû à une plus importante mortalité des femelles, qui ont en bonus la mort à la suite de leurs mise-bas.

### 2.3) Tableau de moyenne de femelle

MOYENNE FEMELLES		INTERVALLE DE CONFIANCE FEMELLES	
Mois / expériences		10	
24	1912,995435		1857,396666 ; 1968,594203
48	1986,13677		1837,735176 ; 2134,538365
72	1881,896135		1397,380084 ; 2366,412185
96	2076,142708		1304,538680 ; 2847,746736
MOYENNE FEMELLES		INTERVALLE DE CONFIANCE FEMELLES	
Mois / expériences		50	
24	1943,864918		1911,532747 ; 1976,197089
48	1939,442228		1872,012730 ; 2006,871727
72	1854,374542		1624,620339 ; 2084,128745
96	1844,83616		1537,587312 ; 2152,085008
MOYENNE FEMELLES		INTERVALLE DE CONFIANCE FEMELLES	
Mois / expériences		100	
24	1952,863288		1932,695459 ; 1973,031118
48	1981,535034		1925,996278 ; 2037,073790
72	1886,955103		1715,361117 ; 2058,549088
96	1642,384155		1468,291371 ; 1816,476938

Tableau 8 : Tableaux de moyennes de femelles avec intervalles de confiance

Pour les tableaux de moyennes de femelles, on peut faire les mêmes remarques que pour les tableaux de moyennes de populations.

Mais afin d'avoir une meilleure lisibilité, voici un tableau du pourcentage de femelles par rapport à la population totale (pour 100 expériences) :

MOIS	24	48	72	96
<b>POURCENTAGE DE FEMELLES DANS LA POPULATION TOTALE</b>	3,370433093 %	4,082444787 %	4,443825559 %	4,195441533 %

Tableau 9 : Pourcentage de femelles par rapport à la population totale pour 100 expériences

On remarque que de manière générale, en comparant avec le Tableau 6, les femelles représentent une moindre proportion de population par rapport aux mâles. Cela est, comme expliqué pour la partie sur les mâles, probablement dû à une mortalité plus importante des femelles par rapport aux mâles, notamment les morts à la suite de la mise-bas, dont sont épargnés les mâles.

## 2.4) Tableau de moyenne de femelle fertile

MOYENNE FEMELLES FERTILES			INTERVALLE DE CONFIANCE FEMELLES FERTILES
Mois / expériences		10	
24	1756,860153		1705,931538 ; 1807,788769
48	1825,121774		1687,935863 ; 1962,307686
72	1732,116637		1281,430821 ; 2182,802454
96	1910,47914		1197,094476 ; 2623,863803
MOYENNE FEMELLES FERTILES			INTERVALLE DE CONFIANCE FEMELLES FERTILES
Mois / expériences		50	
24	1785,826861		1755,702648 ; 1815,951074
48	1781,973466		1719,588646 ; 1844,358287
72	1707,690302		1493,089324 ; 1922,291281
96	1696,945483		1412,370374 ; 1981,520592
MOYENNE FEMELLES FERTILES			INTERVALLE DE CONFIANCE FEMELLES FERTILES
Mois / expériences		100	
24	1794,314525		1775,572772 ; 1813,056278
48	1820,904667		1769,492633 ; 1872,316700
72	1738,320614		1578,059688 ; 1898,581540
96	1509,652235		1348,522365 ; 1670,782106

Tableau 10 : Tableaux de moyennes de femelles fertiles avec intervalles de confiance

Pour les tableaux de moyennes de femelles fertiles, on assiste à quelques fluctuations par rapport aux remarques faites sur les tableaux de populations totales :

- La population de femelle fertile croît du 24<sup>ème</sup> au 48<sup>ème</sup> mois, puis décroît du 48<sup>ème</sup> au 72<sup>ème</sup> mois, puis croît du 72<sup>ème</sup> au 96<sup>ème</sup> mois pour 10 et 50 expériences.
- Même remarque pour 100 expériences, hormis une décroissance du 72<sup>ème</sup> au 96<sup>ème</sup> mois.

Mais afin d'avoir une meilleure lisibilité, voici un tableau du pourcentage de femelles fertiles par rapport à la population totale (pour 100 expériences) :

MOIS	24	48	72	96
<b>POURCENTAGE DE FEMELLES FERTILES DANS LA POPULATION TOTALE</b>	3,096794891 %	3,751507108 %	4,093787691 %	3,85638017 %

Tableau 11 : Pourcentage de femelles fertiles par rapport à la population totale pour 100 expériences

## 2.5) Tableau de moyenne de femelle infertile

MOYENNE FEMELLES INFERTILE			INTERVALLE DE CONFIANCE FEMELLES INFERTILES
Mois / expériences	10		
24	156,135281		151,187487 ; 161,083076
48	161,014996		149,775038 ; 172,254955
72	149,779497		115,889029 ; 183,669966
96	165,663569		107,432491 ; 223,894646
MOYENNE FEMELLES INFERTILE			INTERVALLE DE CONFIANCE FEMELLES INFERTILES
24	50		
48	158,038057		155,729322 ; 160,346793
72	157,468762		152,404186 ; 162,533339
96	146,68424		131,481663 ; 161,886817
96	147,891105		125,200123 ; 170,582087
MOYENNE FEMELLES INFERTILE			INTERVALLE DE CONFIANCE FEMELLES INFERTILES
Mois / expériences	100		
24	158,548763		157,029552 ; 160,067974
48	160,630368		156,491466 ; 164,769269
72	148,634489		137,270187 ; 159,998790
96	132,732772		119,759617 ; 145,705927

Tableau 12 : Tableaux de moyennes de femelles infertiles avec intervalles de confiance

Pour les tableaux de moyennes de femelles infertiles, on peut faire les mêmes remarques que pour les tableaux de moyennes de femelles.

Mais afin d'avoir une meilleure lisibilité, voici un tableau du pourcentage de femelles infertiles par rapport à la population totale et la population de femelle (pour 100 expériences) :

MOIS	24	48	72	96
<b>POURCENTAGE DE FEMELLES INFERTILES DANS LA POPULATION TOTALE</b>	0,2736382013 %	0,3309376808 %	0,350037868 %	0,3390635393 %
<b>POURCENTAGE DE FEMELLES INFERTILES PAR RAPPORT AUX FEMELLES</b>	8,118784555 %	8,106360233 %	7,876730494 %	8,081712893 %

Tableau 13 : Pourcentage de femelles infertiles par rapport à la population totale et la population de femelle pour 100 expériences

## 2.6) Tableau de moyenne de lapereau

MOYENNE LAPEREAUX			INTERVALLE DE CONFIANCE LAPEREAUX
Mois / expériences	10		
24	54536,89938		51679,753213 ; 57394,045536
48	45119,64403		39996,357808 ; 50242,930259
72	37836,8568		25935,394573 ; 49738,319020
96	47273,77608		21067,572230 ; 73479,979928
MOYENNE LAPEREAUX			INTERVALLE DE CONFIANCE LAPEREAUX
Mois / expériences	50		
24	53810,58538		52226,661999 ; 55394,508759
48	43247,29466		41078,657097 ; 45415,932228
72	37607,07142		31513,605267 ; 43700,537576
96	43269,16928		29763,661212 ; 56774,677345
MOYENNE LAPEREAUX			INTERVALLE DE CONFIANCE LAPEREAUX
Mois / expériences	100		
24	53963,36514		52925,226865 ; 55001,503413
48	44501,46943		42683,257755 ; 46319,681109
72	38632,1137		34119,900492 ; 43144,326910
96	35825,98664		28712,010619 ; 42939,962664

Tableau 14 : Tableaux de moyennes de lapereaux avec intervalles de confiance

Pour les tableaux de moyennes de lapereaux, on peut faire les mêmes remarques que pour les tableaux de moyennes de populations.

Mais afin d'avoir une meilleure lisibilité, voici un tableau du pourcentage de femelles par rapport à la population totale (pour 100 expériences) :

MOIS	24	48	72	96
<b>POURCENTAGE DE LAPEREAUX DANS LA POPULATION TOTALE</b>	93,13499454 %	91,68386568 %	90,97957551 %	91,51685485 %

Tableau 15 : Pourcentage de lapereaux par rapport à la population totale pour 100 expériences

On remarque que les lapereaux représentent la quasi-totalité de la population (+ de 90%). Mais très peu semble parvenir à l'âge adulte si on compare avec les tableaux de mâles et de femelles. Cela est probablement dû à la mortalité infantile qui est de 50%. Chaque mois, un lapereau a une chance sur deux de mourir, et ce pendant 8 mois.

## 2.7) Tableau de moyenne de mort

MOYENNE MORT		INTERVALLE DE CONFIANCE MORT	
Mois / expériences		10	
24	18645,70584	17713,994260 ; 19577,417421	
48	15748,29116	14023,391878 ; 17473,190450	
72	13380,62826	9255,358635 ; 17505,897881	
96	16486,30926	7650,895424 ; 25321,723086	
MOYENNE MORT		INTERVALLE DE CONFIANCE MORT	
Mois / expériences		50	
24	18423,53201	17907,266428 ; 18939,797589	
48	15115,72564	14381,409896 ; 15850,041385	
72	13273,94781	11190,125442 ; 15357,770169	
96	15045,04238	10573,733839 ; 19516,350920	
MOYENNE MORT		INTERVALLE DE CONFIANCE MORT	
Mois / expériences		100	
24	18471,67306	18135,510644 ; 18807,835474	
48	15540,8837	14926,240494 ; 16155,526915	
72	13625,01156	12079,747085 ; 15170,276025	
96	12548,71115	10184,902498 ; 14912,519796	

Tableau 16 : Tableaux de moyennes de morts avec intervalles de confiance

Pour les tableaux de moyennes de morts, on peut faire les mêmes remarques que pour les tableaux de moyennes de populations.

Mais afin d'avoir une meilleure lisibilité, voici un tableau du pourcentage de morts par rapport à la population totale (pour 100 expériences) :

MOIS	24	48	72	96
<b>POURCENTAGE DE MORT DANS LA POPULATION TOTALE</b>	31,88013136 %	32,01800552 %	32,08723648 %	32,05546266 %

Tableau 17 : Pourcentage de morts par rapport à la population totale pour 100 expériences

On remarque qu'en moyenne, tous les lapins ont environs 32% de chance de mourir.

Cela montre que la population a plus de chance de croître que de disparaître. Ainsi nous pouvons supposer que l'expérience a moins de chance de s'arrêter subitement.



## 2.8) Tableau de moyenne de mort à la suite d'une mise-bas

MOYENNE MORT MISE BAS			INTERVALLE DE CONFIANCE MORT MISE BAS
Mois / expériences	10		
24	194,60528		179,846880 ; 209,363681
48	178,336862		165,440002 ; 191,233722
72	175,318897		138,071349 ; 212,566446
96	161,66667		124,056677 ; 199,276663
MOYENNE MORT MISE BAS			INTERVALLE DE CONFIANCE MORT MISE BAS
Mois / expériences	50		
24	201,317776		197,791313 ; 204,844239
48	178,032029		173,708476 ; 182,355583
72	175,846942		157,976528 ; 193,717356
96	152,849101		136,828472 ; 168,869731
MOYENNE MORT MISE BAS			INTERVALLE DE CONFIANCE MORT MISE BAS
Mois / expériences	100		
24	201,978205		199,727882 ; 204,228527
48	180,653989		177,057993 ; 184,249984
72	179,291088		166,043676 ; 192,538500
96	140,999814		131,729041 ; 150,270587

Tableau 18 : Tableaux de moyennes de morts à la suite d'une mise-bas avec intervalles de confiance

Pour les tableaux de moyennes de morts à la suite d'une mise-bas, on remarque que plus le temps passe, moins il y a de femelles qui meurent à la suite de leur mise-bas. On pense que cela est dû à l'infertilité, qui augmente le nombre de femelles dans la population totale inapte à procréer, et donc incapable de mettre bas.

Mais afin d'avoir une meilleure lisibilité, voici un tableau du pourcentage de morts à la suite d'une mise-bas par rapport à la population féminine et féminine fertile (pour 100 expériences) :

MOIS	24	48	72	96
<b>POURCENTAGE DE MORT MISE BAS DANS POPULATION FEMININE</b>	10,34266998 %	9,116870805 %	9,501608582 %	8,585069064 %
<b>POURCENTAGE DE MORT MISE BAS DANS POPULATION FEMININE FERTILE</b>	11,25656635 %	9,921111867 %	10,31404026 %	9,339887077 %

Tableau 19 : Pourcentage de morts à la suite de mise-bas par rapport à la population féminine et la population de féminine fertile pour 100 expériences

On remarque les pourcentages de morts à la suite d'une mise-bas sont très proche dans la population féminine totale et fertile. Cela est dû au fait qu'il y a beaucoup plus de femelles fertiles que de femelles infertiles.

## 2.9) Tableau de moyenne de naissance

MOYENNE NAISSANCE			INTERVALLE DE CONFIANCE NAISSANCE
Mois / expériences	10		
24	19653,04559		18612,250828 ; 20693,840348
48	16107,58656		14259,339880 ; 17955,833229
72	13428,25852		9165,648955 ; 17690,868077
96	16874,26388		7389,927799 ; 26358,599952
MOYENNE NAISSANCE			INTERVALLE DE CONFIANCE NAISSANCE
Mois / expériences	50		
24	19386,90804		18805,276849 ; 19968,539225
48	15434,08206		14651,714184 ; 16216,449940
72	13373,05557		11152,375549 ; 15593,735587
96	15464,23566		10541,494779 ; 20386,976540
MOYENNE NAISSANCE			INTERVALLE DE CONFIANCE NAISSANCE
Mois / expériences	100		
24	19445,27134		19062,606370 ; 19827,936300
48	15886,18046		15229,598096 ; 16542,762825
72	13747,77134		12106,796135 ; 15388,746549
96	12767,37211		10178,254357 ; 15356,489862

Tableau 20 : Tableaux de moyennes de naissances avec intervalles de confiance

Pour les tableaux de moyennes de naissances, on peut faire les mêmes remarques que pour les tableaux de moyennes de populations.

Mais afin d'avoir une meilleure lisibilité, voici un tableau du pourcentage de naissances par rapport au nombre de morts totaux (pour 100 expériences) :

MOIS	24	48	72	96
<b>POURCENTAGE DE NAISSANCE PAR RAPPORT AUX NOMBRE DE MORTS</b>	105,2707639 %	102,2218605 %	100,9009884 %	101,7424974 %

Tableau 21 : Pourcentage de naissances par rapport au nombre de mort pour 100 expériences

On remarque qu'il y a plus de naissances que de morts, ce qui montre que la population va croître avec le temps. Cependant, on remarque aussi que le ratio naissance/mort diminue avec le temps.

## 2.10) Arrêts imprévus des expériences

POPULATION 4000 / 10 expériences / 24 MOIS	L'expérience s'est arrêtée en cours de route 0 fois, dont 0 fois par manque de mâles et 0 fois par manque de femelles.
POPULATION 4000 / 50 expériences / 24 MOIS	L'expérience s'est arrêtée en cours de route 0 fois, dont 0 fois par manque de mâles et 0 fois par manque de femelles.
POPULATION 4000 / 100 expériences / 24 MOIS	L'expérience s'est arrêtée en cours de route 0 fois, dont 0 fois par manque de mâles et 0 fois par manque de femelles.
POPULATION 4000 / 10 expériences / 48 MOIS	L'expérience s'est arrêtée en cours de route 0 fois, dont 0 fois par manque de mâles et 0 fois par manque de femelles.
POPULATION 4000 / 50 expériences / 48 MOIS	L'expérience s'est arrêtée en cours de route 0 fois, dont 0 fois par manque de mâles et 0 fois par manque de femelles.
POPULATION 4000 / 100 expériences / 48 MOIS	L'expérience s'est arrêtée en cours de route 0 fois, dont 0 fois par manque de mâles et 0 fois par manque de femelles.
POPULATION 4000 / 10 expériences / 76 MOIS	L'expérience s'est arrêtée en cours de route 0 fois, dont 0 fois par manque de mâles et 0 fois par manque de femelles.
POPULATION 4000 / 50 expériences / 76 MOIS	L'expérience s'est arrêtée en cours de route 0 fois, dont 0 fois par manque de mâles et 0 fois par manque de femelles.
POPULATION 4000 / 100 expériences / 76 MOIS	L'expérience s'est arrêtée en cours de route 0 fois, dont 0 fois par manque de mâles et 0 fois par manque de femelles.
POPULATION 4000 / 10 expériences / 96 MOIS	L'expérience s'est arrêtée en cours de route 1 fois, dont 1 fois par manque de mâles et 0 fois par manque de femelles.
POPULATION 4000 / 50 expériences / 96 MOIS	L'expérience s'est arrêtée en cours de route 8 fois, dont 3 fois par manque de mâles et 5 fois par manque de femelles.
POPULATION 4000 / 100 expériences / 96 MOIS	L'expérience s'est arrêtée en cours de route 19 fois, dont 7 fois par manque de mâles et 12 fois par manque de femelles.

Tableau 22 : Nombre de fois où l'expérience s'est subitement stoppée, avec la cause

Nous pouvons constater grâce à ce tableau qu'au total, nos expériences se sont arrêtées 28 fois, dont 11 fois par manque de mâle et 17 fois par manque de femelles (sous-entendu fertiles).

Cela reste cohérent avec nos données. Les femelles ont plus de chance de mourir et on a considéré qu'elles étaient les seules à souffrir d'infertilité. Il est donc logique que la plupart des causes qui stoppent l'expérience soit le manque de femelles.

## Conclusion

En conclusion, nous pouvons affirmer que nos choix d'implémentations sont très loin d'être parfait. En effet, notre programme ne permet pas de calculer avec précision le nombre de morts à la suite d'une mise-bas pour de très petits effectifs de lapins.

Cependant, il s'avère efficace lorsqu'il s'agit de calculer sur de grands effectifs de lapins.

On peut aussi affirmer qu'en deçà de 4000 lapins, il est difficile pour la population de croître, les lapins meurent trop vite et ne se reproduisent pas assez.

En revanche, au-delà, l'histoire est complètement différente, car le nombre de naissances était tel que notre machine ne parvenait pas au bout d'une expérience. En effet, le temps de calcul était beaucoup trop long. Quand on avait testé 4500 lapins sur 240 mois (= 20 ans), nous n'avons jamais pu aller au-delà du 123<sup>ème</sup> mois.