

# Modélisation des dégâts de la chenille légionnaire d'automne, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (*Lepidoptera: Noctuidae*) sur le rendement du maïs au Bénin

Une brève présentation

Olivier Mahumawon ADJAGBA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ecole Nationale Supérieure de Génie Mathématiques et Modélisation

GTI, 2021

2021-11-12

## Modélisation des dégâts de la CLA

Modélisation des dégâts de la chenille légionnaire d'automne, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (*Lepidoptera: Noctuidae*) sur le rendement du maïs au Bénin  
Une brève présentation

Olivier Mahumawon ADJAGBA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ecole Nationale Supérieure de Génie Mathématiques et Modélisation  
GTI, 2021

# Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Ce qui a été fait
- 3 Ce que je compte faire
- 4 Bibliographie

2021-11-12

## Modélisation des dégâts de la CLA

### —Sommaire

- Sommaire
- 1 Introduction
  - 2 Ce qui a été fait
  - 3 Ce que je compte faire
  - 4 Bibliographie

# Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Ce qui a été fait
- 3 Ce que je compte faire
- 4 Bibliographie

2021-11-12

## Modélisation des dégâts de la CLA

└ Introduction

└ Sommaire

### Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Ce qui a été fait
- 3 Ce que je compte faire
- 4 Bibliographie

# Introduction

La chenille légionnaire d'automne (CLA) est un ravageur qui détruit à grande échelle les cultures céréalière (DAY et al. 2017). Son intrusion en Afrique depuis 2016 (GOERGEN et al. 2016) cause des pertes considérables. Plusieurs mesures de contrôle et de préventions ont été prises, mais celles-ci sont soit coûteuses, soit menacent la sécurité alimentaire et environnementale, etc, soit inefficace,... Nous avons par exemple l'utilisation des insecticides, les OGM... La recherche d'une solution à moindre coût et préservant la sécurité alimentaire s'impose. D'où le recours aux mesures agro-écologiques qui consistent à combattre ce ravageur par d'autres insectes qui sont donc ses prédateur.

L'objet de cette étude est de modéliser l'impact de ce ravageur sur le rendement du maïs.

2021-11-12

## Modélisation des dégâts de la CLA

### └ Introduction

### └ Introduction

#### Introduction

La chenille légionnaire d'automne (CLA) est un ravageur qui détruit à grande échelle les cultures céréalière (Day et al. 2017). Son intrusion en Afrique depuis 2016 (Goergen et al. 2016) cause des pertes considérables. Plusieurs mesures de contrôle et de préventions ont été prises, mais celles-ci sont soit coûteuses, soit menacent la sécurité alimentaire et environnementale, etc, soit inefficace... Nous avons par exemple l'utilisation des insecticides, les OGM... La recherche d'une solution à moindre coût et préservant la sécurité alimentaire s'impose. D'où le recours aux mesures agro-écologiques qui consistent à combattre ce ravageur par d'autres insectes qui sont donc ses prédateur.

L'objet de cette étude est de modéliser l'impact de ce ravageur sur le rendement du maïs.

# Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Ce qui a été fait
- 3 Ce que je compte faire
- 4 Bibliographie

2021-11-12

## Modélisation des dégâts de la CLA

└ Ce qui a été fait

└ Sommaire

### Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Ce qui a été fait
- 3 Ce que je compte faire
- 4 Bibliographie

# Ce qui a été fait

Compte tenu de l'importance du maïs pour la majorité des pays produisant du maïs en Afrique, (DAUDI et al. 2014) a utilisé une équation différentielle ordinaire pour explorer les conséquences de l'infestation de la CLA dans un champ de maïs avec un nombre initial de graines à  $t = 0$  et obtenir une moisson maximale à la fin de la saison. Pour trouver les résultats prévus, nous proposons deux modèles génériques, chacun avec une structure par étape dans les deux populations (maïs et CLA) pour déterminer la dynamique de la population en présence et en absence d'immigration de l'adulte de la CLA et estimer le rendement lorsque des mesures de contrôle telles que les pesticides et la récolte sont déployées.

Les deux sous-modèles sont associés à deux périodes I et II supposée se dérouler sur une période de temps  $[0, T]$  :

- ❶ Période I : période végétative de  $[0, t_1]$  ;
- ❷ Période II : période reproductive de  $[t_1, T]$ .

2021-11-12

## Modélisation des dégâts de la CLA

└ Ce qui a été fait

└ Ce qui a été fait

Ce qui a été fait

Compte tenu de l'importance du maïs pour la majorité des pays produisant du maïs en Afrique, (Darcos et al. 2014) a utilisé une équation différentielle ordinaire pour explorer les conséquences de l'infestation de la CLA dans un champ de maïs avec un nombre initial de graines à  $t = 0$  et obtenir une moisson maximale à la fin de la saison. Pour trouver les résultats prévus, nous proposons deux modèles génériques, chacun avec une structure par étape dans les deux populations (maïs et CLA) pour déterminer la dynamique de la population en présence et en absence d'immigration de l'adulte de la CLA et estimer le rendement lorsque des mesures de contrôle telles que les pesticides et la récolte sont déployées.

Les deux sous-modèles sont associés à deux périodes I et II supposée se dérouler sur une période de temps  $[0, T]$  :

- ❶ Période I : période végétative de  $[0, t_1]$  ;
- ❷ Période II : période reproductive de  $[t_1, T]$ .

# Ce qui a été fait

## Variables d'état du modèle

Tableau – Description des variables d'état du modèle utilisées dans le modèle

Variables	Description
$x_1(t)$	Densité de la Population des plantes de maïs grandissant dans la phase végétative à tout instant $t$
$x_2(t)$	Densité de la Population des plantes de maïs grandissant dans la phase de reproduction à tout instant $t$
$w(t)$	densité de la Population des œuf posés à tout instant $t$
$y(t)$	densité de la Population des chenilles à tout instant $t$
$z(t)$	de densité de la Population des mites adultes à tout instant $t$

2021-11-12

Olivier M. ADJAGBA (ENSGMM)

Modélisation des dégâts de la CLA

GTI 2021

7 / 19

Modélisation des dégâts de la CLA

Ce qui a été fait

Ce qui a été fait

Ce qui a été fait

Variables d'état du modèle

Variables	Description
$x_1(t)$	Densité de la Population des plantes de maïs grandissant dans la phase végétative à tout instant $t$
$x_2(t)$	Densité de la Population des plantes de maïs grandissant dans la phase de reproduction à tout instant $t$
$w(t)$	densité de la Population des œuf posés à tout instant $t$
$y(t)$	densité de la Population des chenilles à tout instant $t$
$z(t)$	de densité de la Population des mites adultes à tout instant $t$

# Ce qui a été fait

## Paramètres du modèle

Tableau – Descriptions des paramètres utilisés dans le modèle

Param.	Description
$\alpha$	Le taux auquel les chenilles attaquent $x_1(t)$
$\eta$	Le taux auquel les chenilles attaquent $x_2(2)$
$\rho$	Taux de fertilité des papillons adultes
$k$	Nombre maximum de plantes de maïs dans le champ à $t = 0$
$\delta$	Le taux auquel les chenilles se développent en papillon adulte
$\gamma$	Le taux auquel les œufs éclosent en chenilles
$\mu_w$	Taux de mort des œufs
$\mu_y$	Le taux de mortalité des chenilles
$\mu_z$	Le taux de mortalité des adultes
$\lambda$	Le taux auquel le maïs meurt dû à une attaque de chenille

### Modélisation des dégâts de la CLA

└ Ce qui a été fait

└ Ce qui a été fait

#### Ce qui a été fait

##### Paramètres du modèle

Tableau – Descriptions des paramètres utilisés dans le modèle

Param.	Description
$\alpha$	Le taux auquel les chenilles attaquent $x_1(t)$
$\eta$	Le taux auquel les chenilles attaquent $x_2(2)$
$\rho$	Taux de fertilité des papillons adultes
$k$	Nombre maximum de plantes de maïs dans le champ à $t = 0$
$\delta$	Le taux auquel les chenilles se développent en papillon adulte
$\gamma$	Le taux auquel les œufs éclosent en chenilles
$\mu_w$	Taux de mort des œufs
$\mu_y$	Le taux de mortalité des chenilles
$\mu_z$	Le taux de mortalité des adultes
$\lambda$	Le taux auquel le maïs meurt dû à une attaque de chenille

2021-11-12



# Ce qui a été fait

## Hypothèses du modèle

La formulation de ce modèle est soutenue par les hypothèses suivantes :

- ❶ Le semis de maïs se fait à  $t = 0$  ; par conséquent, le taux de développement de chaque plante de maïs du stade de semis au stade reproducteur est le même et continue.
- ❷ À  $t = 0$ ,  $x_1(0) = k$ .
- ❸ Supposons que la seule source de nourriture pour la chenille est le maïs, de sorte qu'en son absence, la chenille s'éteint.
- ❹ Le nombre de plantes de maïs dans un champ ne peut pas dépasser  $k \forall t \geq 0$ .

2021-11-12

### Modélisation des dégâts de la CLA

└ Ce qui a été fait

└ Ce qui a été fait

Ce qui a été fait

Hypothèses du modèle

La formulation de ce modèle est soutenue par les hypothèses suivantes

- ❶ Le semis de maïs se fait à  $t = 0$  ; par conséquent, le taux de développement de chaque plante de maïs du stade de semis au stade reproducteur est le même et continue.
- ❷ À  $t = 0$ ,  $x_1(0) = k$ .
- ❸ Supposons que la seule source de nourriture pour la chenille est le maïs, de sorte qu'en son absence, la chenille s'éteint.
- ❹ Le nombre de plantes de maïs dans un champ ne peut pas dépasser  $k \forall t \geq 0$ .

# Ce qui a été fait

Le modèle en cas de non immigration

Stade Végétative ( $0 \leq t \leq t_1$ )

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -\alpha x_1 y - \lambda x_1 \\ \frac{dy}{dt} = e_1 \alpha x_1 y + \gamma w - \delta y - \mu_y y \\ \frac{dz}{dt} = \delta y - \mu_z z \\ \frac{dw}{dt} = \rho z - \gamma w - \mu_w w \end{cases} \quad (1)$$

avec les conditions initiales suivantes :

$$\begin{cases} x_1(0) = k \\ x_2(0) = 0 \\ \{y, z, w\} \geq \{0, 0, 0\} \end{cases}$$

[Retour](#)

2021-11-12

## Modélisation des dégâts de la CLA

└ Ce qui a été fait

└ Ce qui a été fait

Ce qui a été fait

Le modèle en cas de non immigration

Stade Végétative ( $0 \leq t \leq t_1$ )

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -\alpha x_1 y - \lambda x_1 \\ \frac{dy}{dt} = e_1 \alpha x_1 y + \gamma w - \delta y - \mu_y y \\ \frac{dz}{dt} = \delta y - \mu_z z \\ \frac{dw}{dt} = \rho z - \gamma w - \mu_w w \end{cases} \quad (1)$$

avec les conditions initiales suivantes :

$$\begin{cases} x_1(0) = k \\ x_2(0) = 0 \\ \{y, z, w\} \geq \{0, 0, 0\} \end{cases}$$

# Ce qui a été fait

Le modèle en cas de non immigration

Stade reproductif ( $t_1 \leq t \leq T$ )

$$\begin{cases} \frac{dx_2}{dt} = -\eta x_2 y - \lambda x_1 \\ \frac{dy}{dt} = e_2 \eta x_2 y + \gamma w - \delta y - \mu_y y \\ \frac{dz}{dt} = \delta y - \mu_z z \\ \frac{dw}{dt} = \rho z - \gamma w - \mu_w w \end{cases} \tag{2}$$

Les conditions initiales de ce système sont données par la solution du système 1 à  $t = t_1$ .

2021-11-12

Modélisation des dégâts de la CLA

— Ce qui a été fait

— Ce qui a été fait

Olivier M. ADJAGBA (ENSGMM)

GTI 2021

11 / 19

Ce qui a été fait

Le modèle en cas de non immigration

Stade reproductif ( $t_1 \leq t \leq T$ )

$$\begin{cases} \frac{dx_2}{dt} = -\eta x_2 y - \lambda x_1 \\ \frac{dy}{dt} = e_2 \eta x_2 y + \gamma w - \delta y - \mu_y y \\ \frac{dz}{dt} = \delta y - \mu_z z \\ \frac{dw}{dt} = \rho z - \gamma w - \mu_w w \end{cases} \tag{2}$$

Les conditions initiales de ce système sont données par la solution du système 1 à  $t = t_1$ .

# Ce qui a été fait

Le modèle en cas de non immigration

## Forme matricielle

On peut écrire chacun de ces systèmes sous forme matricielle comme suit :

$$\frac{dX}{dt} = A(X)X + F \quad \text{pour le système 1} \tag{3}$$

avec

$$X = [x_1, y, z, w]^T$$

$$F = [0, 0, 0, 0]^T$$

$$A(X) = \begin{bmatrix} -(\alpha y + \lambda) & 0 & 0 & 0 \\ e_1 \alpha y & -(\delta + \mu_y) & 0 & \gamma \\ 0 & \delta & -\mu_z & 0 \\ 0 & 0 & -\rho & -(\gamma + \mu_w) \end{bmatrix}$$

2021-11-12

### Modélisation des dégâts de la CLA

└ Ce qui a été fait

└ Ce qui a été fait

Ce qui a été fait

Le modèle en cas de non immigration

Forme matricielle

On peut écrire chacun de ces systèmes sous forme matricielle comme suit :

$$\frac{dX}{dt} = A(X)X + F \quad \text{pour le système 1} \tag{3}$$

avec

$$X = [x_1, y, z, w]^T$$
$$F = [0, 0, 0, 0]^T$$
$$A(X) = \begin{bmatrix} -(\alpha y + \lambda) & 0 & 0 & 0 \\ e_1 \alpha y & -(\delta + \mu_y) & 0 & \gamma \\ 0 & \delta & -\mu_z & 0 \\ 0 & 0 & -\rho & -(\gamma + \mu_w) \end{bmatrix}$$

# Ce qui a été fait

Le modèle en cas de non immigration

## Forme matricielle

On peut écrire chacun de ces systèmes sous forme matricielle comme suit :

$$\frac{dY}{dt} = B(Y)Y + G \quad \text{pour le système 2} \tag{4}$$

avec

$$Y = [x_2, y, z, w]^T$$

$$G = [0, 0, 0, 0]^T$$

$$B(Y) = \begin{bmatrix} -(\eta y + \lambda) & 0 & 0 & 0 \\ e_2 \eta y & -(\delta + \mu_y) & 0 & \gamma \\ 0 & \delta & -\mu_z & 0 \\ 0 & 0 & -\rho & -(\gamma + \mu_w) \end{bmatrix}$$

2021-11-12

### Modélisation des dégâts de la CLA

└ Ce qui a été fait

└ Ce qui a été fait

Ce qui a été fait

Le modèle en cas de non immigration

Forme matricielle

On peut écrire chacun de ces systèmes sous forme matricielle comme suit :

$$\frac{dY}{dt} = B(Y)Y + G \quad \text{pour le système 2} \tag{4}$$

avec

$$Y = [x_2, y, z, w]^T$$

$$G = [0, 0, 0, 0]^T$$

$$B(Y) = \begin{bmatrix} -(\eta y + \lambda) & 0 & 0 & 0 \\ e_2 \eta y & -(\delta + \mu_y) & 0 & \gamma \\ 0 & \delta & -\mu_z & 0 \\ 0 & 0 & -\rho & -(\gamma + \mu_w) \end{bmatrix}$$

# Ce qui a été fait

Voir le fichier l'article pour voir les courbes de l'évolution de la population du maïs et celle du ravageur aux divers stades.  
Il y a également le cas où il y a immigration et le cas où des mesures de contrôle on été appliquées.

Pourquoi proposer un autre modèle

1

Avec le modèle, nombre de maïs décroît de façon exponentielle même en cas d'absence de ravageurs.

2

Non prise en compte du stade nymphal,

3

Non prise en compte du cannibalisme des jeunes larves.

★ Voir modèle

2021-11-12

Olivier M. ADJAGBA (ENSGMM)Modélisation des dégâts de la CLA

GTI 202114 / 19

Modélisation des dégâts de la CLA

Ce qui a été fait

Ce qui a été fait

Ce qui a été fait

Voir le fichier l'article pour voir les courbes de l'évolution de la population du maïs et celle du ravageur aux divers stades. Il y a également le cas où il y a immigration et le cas où des mesures de contrôle on été appliquées.

Pourquoi proposer un autre modèle

1

Avec le modèle, nombre de maïs décroît de façon exponentielle même en cas d'absence de ravageurs.

2

Non prise en compte du stade nymphal,

3

Non prise en compte du cannibalisme des jeunes larves.

Voir modèle

Le modèle de (DAUDI et al. 2014) présente quelques défauts :

1.
- $$\frac{dx_2}{dt} = -\eta x_2 y - \lambda x_1$$
2. En effet, à ce stade, l'insecte ne se nourrit, ni ne se reproduit. Il devient une pupe et s'enfonce dans le sol de 6 à 8cm où il reste pendant 8 à 9 jours avant d'émerger et devenir papillon adulte et le cycle recommence
3. Prendre en compte dans le modèle les deux premiers stades larvaires.

# Ce qui a été fait

Voir le fichier l'article pour voir les courbes de l'évolution de la population du maïs et celle du ravageur aux divers stades. Il y a également le cas où il y a immigration et le cas où des mesures de contrôle ont été appliquées.

## Pourquoi proposer un autre modèle

- 1 Avec le modèle, nombre de maïs décroît de façon exponentielle même en cas d'absence de ravageurs.
- 2 Non prise en compte du stade nymphal,
- 3 Non prise en compte du cannibalisme des jeunes larves.

» Voir modèle

2021-11-12

Olivier M. ADJAGBA (ENSGMM) Modélisation des dégâts de la CLA

GTI 2021 14 / 19

### Modélisation des dégâts de la CLA

└ Ce qui a été fait

└ Ce qui a été fait

Ce qui a été fait

Voir le fichier l'article pour voir les courbes de l'évolution de la population du maïs et celle du ravageur aux divers stades. Il y a également le cas où il y a immigration et le cas où des mesures de contrôle ont été appliquées.

#### Pourquoi proposer un autre modèle

- 1 Avec le modèle, nombre de maïs décroît de façon exponentielle même en cas d'absence de ravageurs.
- 2 Non prise en compte du stade nymphal,
- 3 Non prise en compte du cannibalisme des jeunes larves.

Le modèle de (DAUDI et al. 2014) présente quelques défauts :

1.

$$\frac{dx_2}{dt} = -\eta x_2 y - \lambda x_1$$

2. En effet, à ce stade, l'insecte ne se nourrit, ni ne se reproduit. Il devient une pupa et s'enfonce dans le sol de 6 à 8cm où il reste pendant 8 à 9 jours avant d'émerger et devenir papillon adulte et le cycle recommence
3. Prendre en compte dans le modèle les deux premiers stades larvaires.

# Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Ce qui a été fait
- 3 Ce que je compte faire
- 4 Bibliographie

2021-11-12

Modélisation des dégâts de la CLA

- Ce que je compte faire
  - Sommaire

Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Ce qui a été fait
- 3 Ce que je compte faire
- 4 Bibliographie



## Ce que je compte faire

Nous comptons intégrer le premier défaut qui est le défaut majeur relevés sur le modèle.

Ce que je compte faire

Nous comptons intégrer le premier défaut qui est le défaut majeur relevé sur le modèle.

## Modélisation des dégâts de la CLA

—Ce que je compte faire

└─Ce que je compte faire

Pour les autres, on peut considérer que les variations liées à ces stades en questions sont plus ou moins prises en compte dans les stades parents

2021-11-12

# Ce que je compte faire

Formulation du modèle

## Spécifications du modèle

Nous développons un modèle structuré par étape à la fois sur la population du maïs et celle de la CLA.

2021-11-12

### Modélisation des dégâts de la CLA

└─ Ce que je compte faire

└─ Ce que je compte faire

Ce que je compte faire

Formulation du modèle

Spécifications du modèle

Nous développons un modèle structuré par étape à la fois sur la population du maïs et celle de la CLA.

# Ce que je compte faire

## Formulation du modèle

### Spécifications du modèle

Nous développons un modèle structuré par étape à la fois sur la population du maïs et celle de la CLA.

Nous considérons trois stades de développement pour le maïs :

- 1 le stade de semis,
- 2 le stade végétatif,
- 3 le stade de reproduction.

2021-11-12

## Modélisation des dégâts de la CLA

└ Ce que je compte faire

└ Ce que je compte faire

### Ce que je compte faire

Formulation du modèle

#### Spécifications du modèle

Nous développons un modèle structuré par étape à la fois sur la population du maïs et celle de la CLA.

Nous considérons trois stades de développement pour le maïs :

- 1 le stade de semis,
- 2 le stade végétatif,
- 3 le stade de reproduction.

# Ce que je compte faire

Formulation du modèle

## Spécifications du modèle

Nous développons un modèle structuré par étape à la fois sur la population du maïs et celle de la CLA.

Concernant la CLA, nous avons quatre stades de développement :

- 1 le stade fœtal,
- 2 le stade larvaire,
- 3 le stade nymphal,
- 4 le stade adulte

2021-11-12

## Modélisation des dégâts de la CLA

└ Ce que je compte faire

└ Ce que je compte faire

Ce que je compte faire

Formulation du modèle

### Spécifications du modèle

Nous développons un modèle structuré par étape à la fois sur la population du maïs et celle de la CLA.

Concernant la CLA, nous avons quatre stades de développement :

- 1 le stade fœtal,
- 2 le stade larvaire,
- 3 le stade nymphal,
- 4 le stade adulte

# Ce que je compte faire

Formulation du modèle

## Variables du modèle

Nous admettons les variables du modèle de DAUDI et al. 2014 sauf que pour notre modèle,  $\lambda$ ,  $\alpha$  et  $\eta$  ne sont pas constant, amis dépendent du temps.

2021-11-12

### Modélisation des dégâts de la CLA

- └ Ce que je compte faire
- └ Ce que je compte faire

Ce que je compte faire

Formulation du modèle

Variables du modèle

Nous admettons les variables du modèle de DAUDI et al. 2014 sauf que pour notre modèle,  $\lambda$ ,  $\alpha$  et  $\eta$  ne sont pas constant, amis dépendent du temps.

# Ce que je compte faire

## Formulation du modèle

### Variables du modèle

Nous admettons les variables du modèle de DAUDI et al. 2014 sauf que pour notre modèle,  $\lambda$ ,  $\alpha$  et  $\eta$  ne sont pas constant, amis dépendent du temps.

Nous estimerons ces paramètres à l'aide des de fonctions linéaire, exponentielle et logarithmique.

2021-11-12

Olivier M. ADJAGBA (ENSGMM)

Modélisation des dégâts de la CLA

GTI 2021

17 / 19

Modélisation des dégâts de la CLA

Ce que je compte faire

Ce que je compte faire

Ce que je compte faire

Formulation du modèle

Variables du modèle

Nous admettons les variables du modèle de DAUDI et al. 2014 sauf que pour notre modèle,  $\lambda$ ,  $\alpha$  et  $\eta$  ne sont pas constant, amis dépendent du temps.

Nous estimerons ces paramètres à l'aide des de fonctions linéaire, exponentielle et logarithmique.

# Ce que je compte faire

## Formulation du modèle

### Variables du modèle

Nous admettons les variables du modèle de DAUDI et al. 2014 sauf que pour notre modèle,  $\lambda$ ,  $\alpha$  et  $\eta$  ne sont pas constant, amis dépendent du temps.

Nous estimerons ces paramètres à l'aide des de fonctions linéaire, exponentielle et logarithmique.

$\lambda$  sera sous forme d'une fonction périodique retardée comme suit :

$$\lambda(t) = \sum_{k=0}^N f(t - t_{4k+1})u(t - t_{4k+1}) - f(t - t_{4k+2})u(t - t_{4k+2}) \quad (5)$$

où  $f(t)$  prend l'une des formes pré-citées et  $u(t)$ , a fonction retardée.  $N$  représente le nombre de générations de la CLA sur la période considérée

2021-11-12

Modélisation des dégâts de la CLA

└ Ce que je compte faire

└ Ce que je compte faire

Ce que je compte faire

Formulation du modèle

Variables du modèle

Nous admettons les variables du modèle de DAUDI et al. 2014 sauf que pour notre modèle,  $\lambda$ ,  $\alpha$  et  $\eta$  ne sont pas constant, amis dépendent du temps.

Nous estimerons ces paramètres à l'aide des de fonctions linéaire, exponentielle et logarithmique.

$\lambda$  sera sous forme d'une fonction périodique retardée comme suit :

$$\lambda(t) = \sum_{k=0}^N f(t - t_{4k+1})u(t - t_{4k+1}) - f(t - t_{4k+2})u(t - t_{4k+2}) \quad (5)$$

où  $f(t)$  prend l'une des formes pré-citées et  $u(t)$ , a fonction retardée.

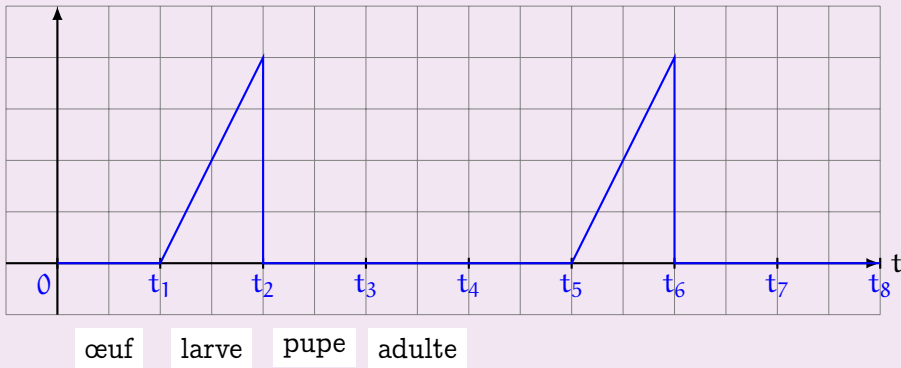
$N$  représente le nombre de générations de la CLA sur la période considérée

# Ce que je compte faire

## Formulation du modèle

### Variables du modèle

La représentation graphique de  $\lambda$  pour une fonction  $f$  linéaire est la suivante :  
degats



2021-11-12

### Modélisation des dégâts de la CLA

- └ Ce que je compte faire
- └ Ce que je compte faire

Ce que je compte faire

Formulation du modèle

Variables du modèle

La représentation graphique de  $\lambda$  pour une fonction  $f$  linéaire est la suivante :  
degats

œuf larve pupa adulte



# Ce que je compte faire

## Formulation du modèle

### Variables du modèle

Au stade nymphal, nous notons  $\beta$  le taux auquel les chenilles se développent en pupe (supposé constant) et donc  $\delta$  de vient donc le taux auquel les pupes se transforment en paillon et  $\mu_v$ , son taux de mortalité. L'équation différentielle de la variation de la population donne :

$$\frac{dv}{dt} = \beta y - \mu_v v \tag{5}$$

avec  $v$  la population de pupe.

2021-11-12

### Modélisation des dégâts de la CLA

└ Ce que je compte faire

└ Ce que je compte faire

Ce que je compte faire

Formulation du modèle

Variables du modèle

Au stade nymphal, nous notons  $\beta$  le taux auquel les chenilles se développent en pupe (supposé constant) et donc,  $\delta$  de vient donc le taux auquel les pupes se transforment en paillon et  $\mu_v$ , son taux de mortalité. L'équation différentielle de la variation de la population donne :

$$\frac{dv}{dt} = \beta y - \mu_v v \tag{5}$$

avec  $v$  la population de pupe.

# Ce que je compte faire

## Formulation du modèle

### Variables du modèle

Au stade nymphal, nous notons  $\beta$  le taux auquel les chenilles se développent en pupe (supposé constant) et donc  $\delta$  de vient donc le taux auquel les pupes se transforment en paillon et  $\mu_v$  son taux de mortalité. L'équation différentielle de la variation de la population donne :

$$\frac{dv}{dt} = \beta y - \mu_v v \tag{5}$$

avec  $v$  la population de pupe.  
Nous notons également  $\theta$ , le taux de germination du maïs,  $t_0$ , la durée du stade de semis ( $[0, t_0]$ ) qui est la date à partir de laquelle la plante est supposée avoir de feuilles afin que le processus de dégâts dû à la CLA pourrait commencer.  $t_1$

2021-11-12

### Modélisation des dégâts de la CLA

└ Ce que je compte faire

└ Ce que je compte faire

#### Ce que je compte faire

##### Formulation du modèle

##### Variables du modèle

Au stade nymphal, nous notons  $\beta$  le taux auquel les chenilles se développent en pupe (supposé constant) et donc  $\delta$  de vient donc le taux auquel les pupes se transforment en paillon et  $\mu_v$  son taux de mortalité. L'équation différentielle de la variation de la population donne :

$$\frac{dv}{dt} = \beta y - \mu_v v \tag{5}$$

avec  $v$  la population de pupe.

Nous notons également  $\theta$ , le taux de germination du maïs,  $t_0$ , la durée du stade de semis ( $[0, t_0]$ ) qui est la date à partir de laquelle la plante est supposée avoir de feuilles afin que le processus de dégâts dû à la CLA pourrait commencer.  $t_1$

# Ce que je compte faire

## Formulation du modèle

Tableau – Description des variables d'état ajoutées ou modifiées dans notre modèle

Variab <span></span> les	Description
$x_0(t)$	Densité de la Population des semis/plantes de maïs lors de la phase de semis à tout instant $t$
$v(t)$	densité de la Population des pupes à tout instant $t$

2021-11-12

### Modélisation des dégâts de la CLA

- └ Ce que je compte faire
- └ Ce que je compte faire

Ce que je compte faire

Formulation du modèle

Tableau – Description des variables d'état ajoutées ou modifiées dans notre modèle

Variab <span></span> les	Description
$x_0(t)$	Densité de la Population des semis/plantes de maïs lors de la phase de semis à tout instant $t$
$v(t)$	densité de la Population des pupes à tout instant $t$

# Ce que je compte faire

## Formulation du modèle

Tableau – Descriptions des paramètres ajoutées ou modifiées dans notre modèle

Param.	Description
$\alpha(t)$	Le taux auquel les chenilles attaquent $x_1(t)$
$\eta(t)$	Le taux auquel les chenilles attaquent $x_2(2)$
$\beta$	Le taux auquel les chenilles se développent en papillon adulte
$\delta$	Le taux auquel les pupes se développent en papillon adulte
$\lambda(t)$	Le taux auquel le maïs meurt dû à une attaque de chenille
$\theta$	Le taux de germination du maïs
$\mu_v$	Le taux de mortalité des pupes

### Modélisation des dégâts de la CLA

└ Ce que je compte faire

└ Ce que je compte faire

#### Ce que je compte faire

##### Formulation du modèle

Tableau – Descriptions des paramètres ajoutées ou modifiées dans notre modèle

Param.	Description
$\alpha(t)$	Le taux auquel les chenilles attaquent $x_1(t)$
$\eta(t)$	Le taux auquel les chenilles attaquent $x_2(2)$
$\beta$	Le taux auquel les chenilles se développent en papillon adulte
$\delta$	Le taux auquel les pupes se développent en papillon adulte
$\lambda(t)$	Le taux auquel le maïs meurt dû à une attaque de chenille
$\theta$	Le taux de germination du maïs
$\mu_v$	Le taux de mortalité des pupes

# Ce que je compte faire

Formulation du modèle

## Hypothèses du modèle

Nous admettons les hypothèses du modèle de DAUDI et al. 2014.

2021-11-12

### Modélisation des dégâts de la CLA

- └ Ce que je compte faire
  - └ Ce que je compte faire

Ce que je compte faire

Formulation du modèle

#### Hypothèses du modèle

Nous admettons les hypothèses du modèle de DAUDI et al. 2014.

# Ce que je compte faire

## Formulation du modèle

### Le modèle

Stade de semis ( $0 \leq t \leq t_0$ )

$$\begin{cases} \frac{dx_0}{dt} = (1 - \theta)x_0 \\ \frac{dy}{dt} = 0 \\ \frac{dv}{dt} = 0 \\ \frac{dz}{dt} = 0 \\ \frac{dw}{dt} = 0 \end{cases} \quad (5)$$

avec les conditions initiales suivantes :  $\begin{cases} x_0(0) = k, \quad x_2(0) = 0 \\ x_1(0) = 0 \quad \forall t < t_0 \\ \{y, v, z, w\} \geq \{0, 0, 0, 0\} \end{cases}$

### Modélisation des dégâts de la CLA

└ Ce que je compte faire

└ Ce que je compte faire

#### Ce que je compte faire

Formulation du modèle

##### Le modèle

Stade de semis ( $0 \leq t \leq t_0$ )

$$\begin{cases} \frac{dx_0}{dt} = (1 - \theta)x_0 \\ \frac{dy}{dt} = 0 \\ \frac{dv}{dt} = 0 \\ \frac{dz}{dt} = 0 \\ \frac{dw}{dt} = 0 \end{cases} \quad (5)$$

avec les conditions initiales suivantes :  $\begin{cases} x_0(0) = k, \quad x_2(0) = 0 \\ x_1(0) = 0 \quad \forall t < t_0 \\ \{y, v, z, w\} \geq \{0, 0, 0, 0\} \end{cases}$

# Ce que je compte faire

## Formulation du modèle

### Le modèle

Stade Végétative ( $t_0 \leq t \leq t_1$ )

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -\alpha(t)x_1y - \lambda(t)x_1 \\ \frac{dy}{dt} = e_1\alpha(t)x_1y + \gamma w - \theta y - \mu_y y \\ \frac{dv}{dt} = \theta y - \mu_v v \\ \frac{dz}{dt} = \delta v - \mu_z z \\ \frac{dw}{dt} = \rho z - \gamma w - \mu_w w \end{cases} \quad (5)$$

avec les conditions initiales suivantes : 
$$\begin{cases} x_1(t_0) = x_0(t_0), \quad x_2(t_0) = 0 \\ x_0(t_0) = 0 \quad \forall t > t_0 \\ \{y, v, z, w\} \geq \{0, 0, 0, 0\} \end{cases}$$

### Modélisation des dégâts de la CLA

└ Ce que je compte faire

└ Ce que je compte faire

Ce que je compte faire  
Formulation du modèle

Le modèle  
Stade Végétative ( $t_0 \leq t \leq t_1$ )

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -\alpha(t)x_1y - \lambda(t)x_1 \\ \frac{dy}{dt} = e_1\alpha(t)x_1y + \gamma w - \theta y - \mu_y y \\ \frac{dv}{dt} = \theta y - \mu_v v \\ \frac{dz}{dt} = \delta v - \mu_z z \\ \frac{dw}{dt} = \rho z - \gamma w - \mu_w w \end{cases} \quad (5)$$

avec les conditions initiales suivantes : 
$$\begin{cases} x_1(t_0) = x_0(t_0), \quad x_2(t_0) = 0 \\ x_0(t_0) = 0 \quad \forall t > t_0 \\ \{y, v, z, w\} \geq \{0, 0, 0, 0\} \end{cases}$$

# Ce que je compte faire

## Formulation du modèle

### Le modèle

Stade de reproduction ( $t_0 \leq t \leq t_1$ )

$$\begin{cases} \frac{dx_2}{dt} = -\eta(t)x_2y - \lambda(t)x_2 \\ \frac{dy}{dt} = e_1\eta(t)x_2y + \gamma w - \theta y - \mu_y y \\ \frac{dv}{dt} = \theta y - \mu_v v \\ \frac{dz}{dt} = \delta v - \mu_z z \\ \frac{dw}{dt} = \rho z - \gamma w - \mu_w w \end{cases} \quad (5)$$

avec les conditions initiales suivantes :  $\begin{cases} x_2(t_0) = x_1(t_0), x_0(t_1) = 0 \\ x_1(t_0) = 0 \quad \forall t > t_1 \\ \{y, v, z, w\} \geq \{0, 0, 0, 0\} \end{cases}$

### Modélisation des dégâts de la CLA

└ Ce que je compte faire

└ Ce que je compte faire

Ce que je compte faire  
Formulation du modèle

Le modèle

Stade de reproduction ( $t_0 \leq t \leq t_1$ )

$$\begin{cases} \frac{dx_2}{dt} = -\eta(t)x_2y - \lambda(t)x_2 \\ \frac{dy}{dt} = e_1\eta(t)x_2y + \gamma w - \theta y - \mu_y y \\ \frac{dv}{dt} = \theta y - \mu_v v \\ \frac{dz}{dt} = \delta v - \mu_z z \\ \frac{dw}{dt} = \rho z - \gamma w - \mu_w w \end{cases} \quad (5)$$

avec les conditions initiales suivantes :  $\begin{cases} x_2(t_0) = x_1(t_0), x_0(t_1) = 0 \\ x_1(t_0) = 0 \quad \forall t > t_1 \\ \{y, v, z, w\} \geq \{0, 0, 0, 0\} \end{cases}$



# Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Ce qui a été fait
- 3 Ce que je compte faire
- 4 Bibliographie

2021-11-12


Modélisation des dégâts de la CLA


- Bibliographie
- Sommaire


Sommaire

- Introduction
- Ce qui a été fait
- Ce que je compte faire
- Bibliographie**

# Bibliographie

 DAUDI, S., L. LUBOOBI, M. KGOSIMORE et D. KUZNETSOV (mars 2014). "Modelling the Control of the Impact of Fall Armyworm (Spodoptera frugiperda) Infestations on Maize Production". In : *International Journal of Differential Equations* 2021. Sous la dir. de J. Yu.

 DAY, R., P. ABRAHAMS, M. BATEMAN, T. BEALE, V. CLOTTEY, M. COCK, Y. COLMENAREZ, N. CORNIANI, R. EARLY, J. GODWIN et al. (2017). "Fall armyworm : impacts and implications for Africa". In : *Outlooks on Pest Management* 28.5, p. 196-201.

 GOERGEN, G., P. L. KUMAR, S. B. SANKUNG, A. TOGOLA et M. TAMÒ (2016). "First report of outbreaks of the fall armyworm Spodoptera frugiperda (JE Smith)(Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa". In : *PloS one* 11.10, e0165632.