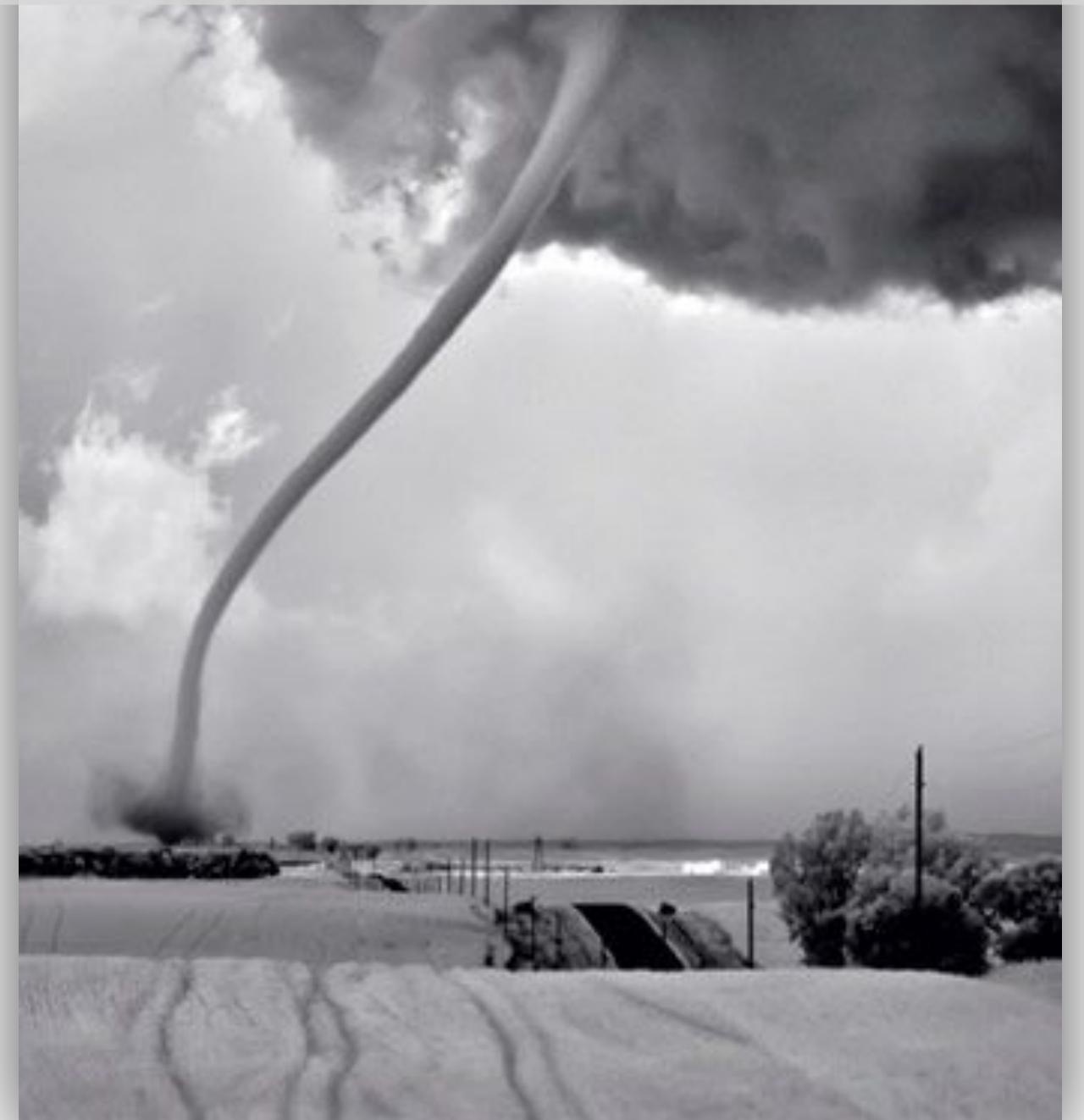


SIMULER LA RÉACTION HUMAINE EN CAS DE DÉSASTRE

MOHAMMED AKRAM LRHORFI
SCEI : 15272

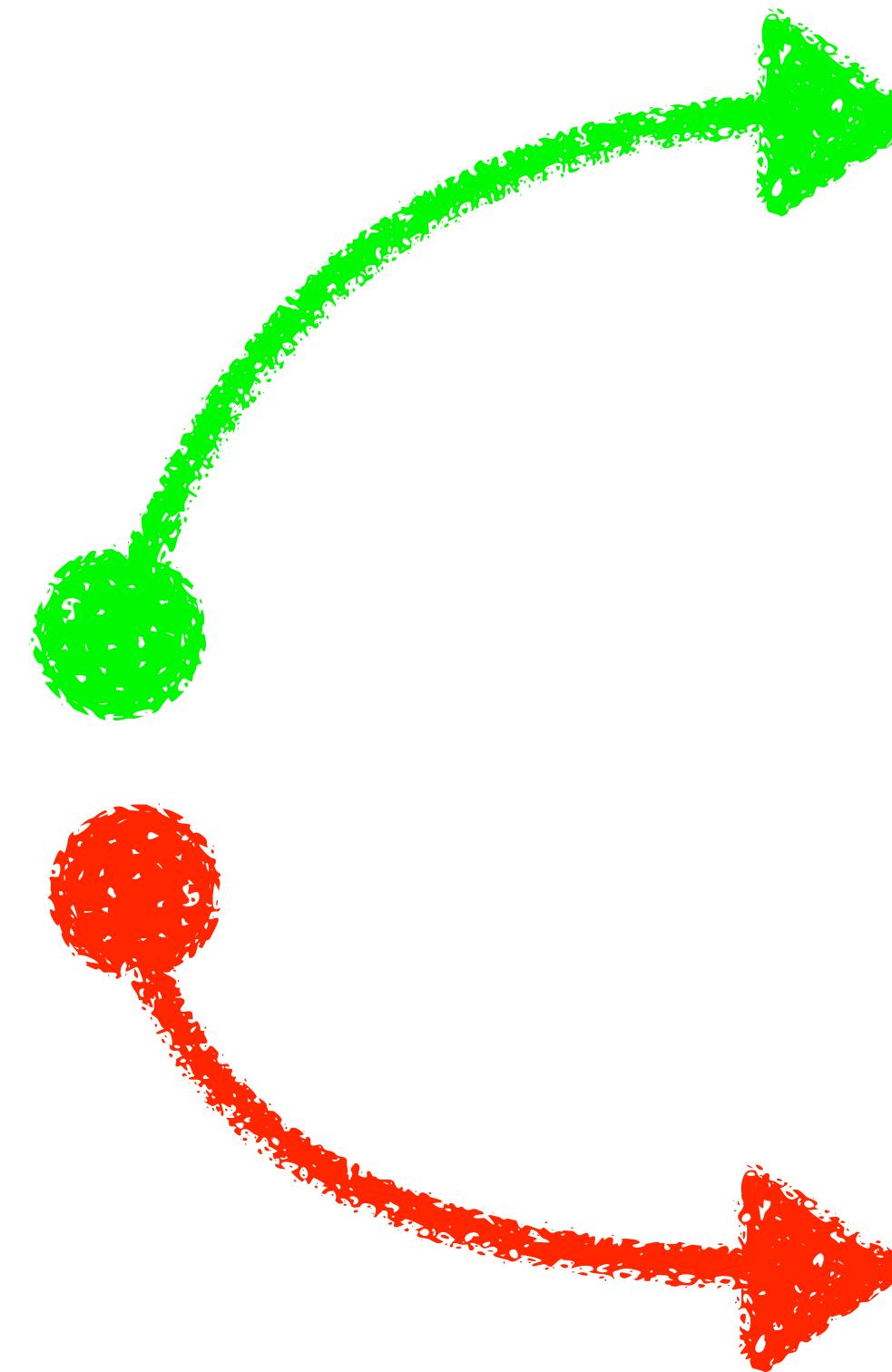


Sommaire:

- 1. Motivation*
- 2. Panorama des comportements humains en catastrophe*
- 3. L'évolution spatio-temporel de ce comportement*
- 4. L'expérience in-silice de l'évolution*
- 5. Conclusion*



Motivation:



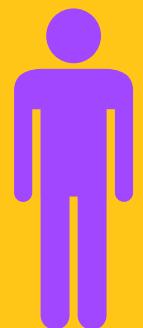
- Concerne un aléa qui n'évolue pas au courant du temps .
- Individus dans un état psychologique stable .
- Groupe de personnes possédant une culture d'intervention en urgence .

- L'aléa évolue constamment (effet domino) .
- Le comportement individuel change au cours du temps .
- L'individu subit l'influence du groupe autour de lui (imitation) .

“Il est plus efficace de concevoir un plan d'évacuation à partir de la réaction des gens que d'établir un plan et s'attendre à ce que les gens le suivent .”

Erik Auf der Heide

Panorama des comportements humains en catastrophe :



Comportement de panique :

- état de stress
- réaction incontrôlée
- constitue une 'nuisance' à l'entourage



Comportement par réflexe :

- état de doute
- réaction instinctive
- représente le premier comportement humain face au désastre



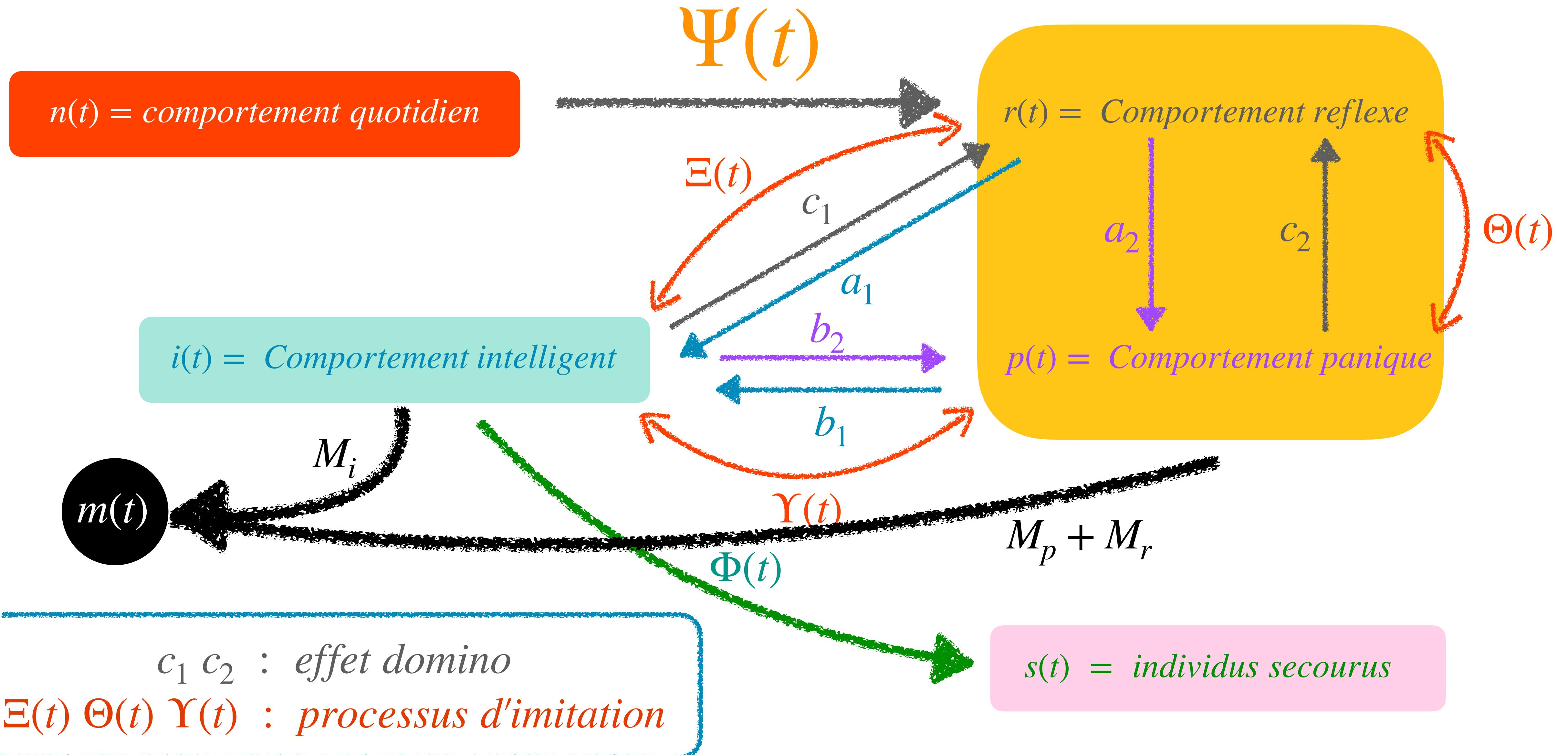
Comportement intelligent :

- état de réflexion
- réaction contrôlée
- capable d'aider soi et autrui

L'évolution spatio-temporel de ce comportement:

- On modélise l'interactions entre ces différents comportement à travers la théorie évolutive du jeu (afin d'approcher la prise de décision de chaque individus).
- Hypothèses de cette modélisation :
 - La population dans la zone affectée est constante au cours du temps .
 - La perturbation (aléa) est de nature soudaine sans prévention précoce .
 - L'échange entre individus se limite à la contagion émotionnelle (pas d'échange d'informations par SMS ou internet ...) .
 - Le déplacement des personnes concernées se fait uniquement par pied .

• L'évolution temporelle :



Les fonctions d'imitation :

$$\Xi(r(t), i(t)) = -\alpha_1 \Delta \left(\frac{i(t)}{r(t) + \epsilon} \right) \frac{1}{n(0)} + \alpha_2 \Delta \left(\frac{r(t)}{i(t) + \epsilon} \right) \frac{1}{n(0)}$$

• $\Delta(x) = \frac{x^2}{1+x^2}$: cette fonction modelise l'influence de la majorité sur la minorité

• modelise le fait que chaque individu n'imiter que le groupe autour de lui

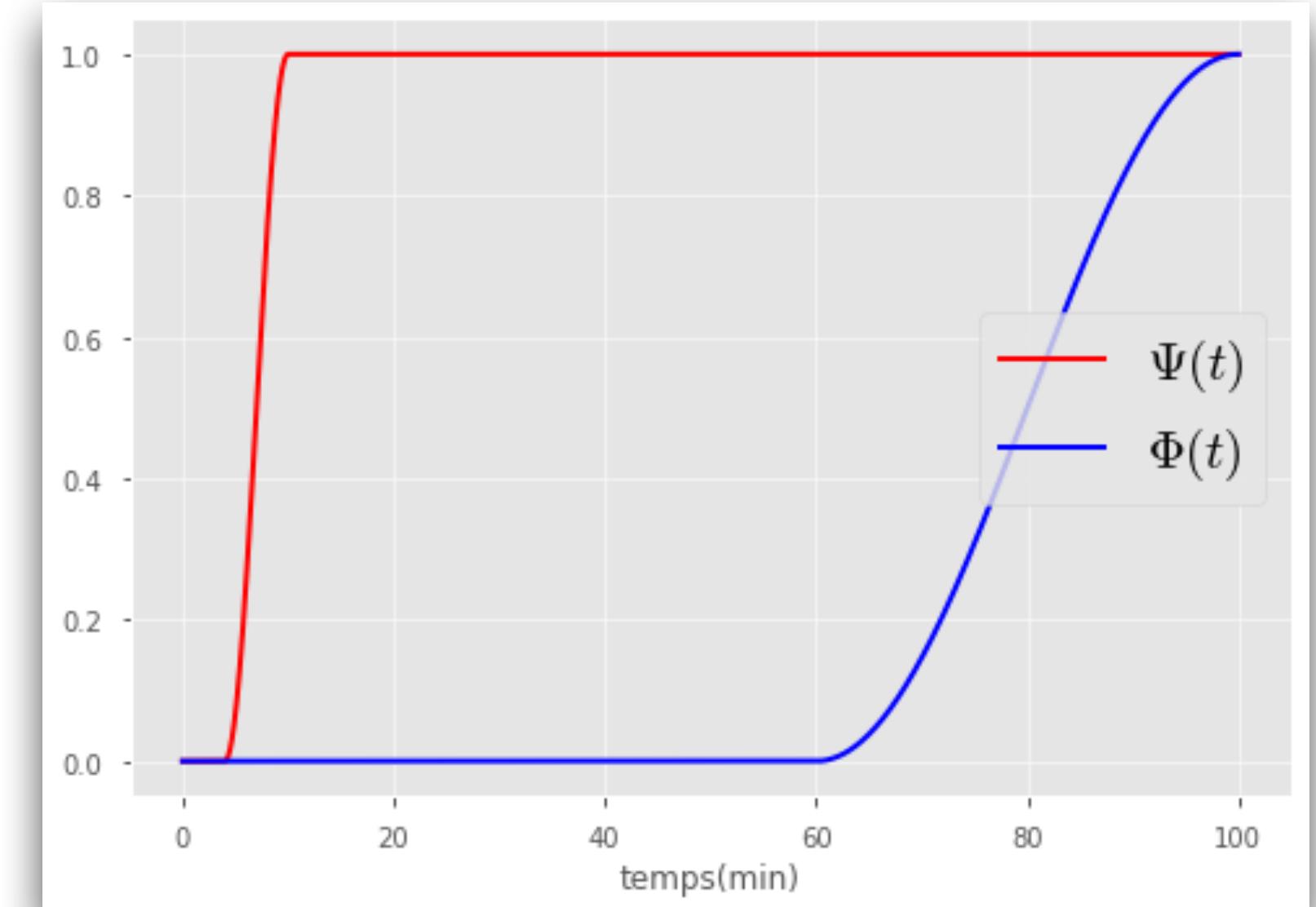
• α représente l'importance de cette influence

$$\Theta(r(t), p(t)) = -\beta_1 \Delta \left(\frac{p(t)}{r(t) + \epsilon} \right) \frac{1}{n(0)} + \beta_2 \Delta \left(\frac{r(t)}{p(t) + \epsilon} \right) \frac{1}{n(0)}$$

$$\Upsilon(i(t), p(t)) = -\gamma_1 \Delta \left(\frac{p(t)}{i(t) + \epsilon} \right) \frac{1}{n(0)} + \gamma_2 \Delta \left(\frac{i(t)}{p(t) + \epsilon} \right) \frac{1}{n(0)}$$

Les fonctions du temps :

$$F(t, \tau_0, \tau_1) = \begin{cases} 0, & t < \tau_0 \\ 1, & t > \tau_1 \\ \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos \left(\frac{t - \tau_0}{\tau_1 - \tau_0} \pi \right), & \tau_0 \leq t \leq \tau_1 \end{cases}$$



- La fonction de forçage : $\Psi(t) = F(t, \tau_0, \tau_1)$
- La fonction de passage : $\Phi(t) = F(t, \tau_2, \tau_3)$

• Le système d'évolution temporel:

$$\frac{dr}{dt} = \Psi(t)n(t) + c_1 i(t) + c_2 p(t) - (a_1 + a_2 + M_r)r(t) + \Xi(r(t), i(t))i(t)r(t) + \Theta(t)(r(t), p(t))p(t)r(t)$$

$$\frac{di}{dt} = a_1 r(t) + b_1 p(t) - (c_1 + b_2 + M_i)i(t) - \Phi(t)i(t) - \Xi(r(t), i(t))r(t)i(t) + \Upsilon(t)(i(t), p(t))p(t)i(t)$$

$$\frac{dp}{dt} = b_2 i(t) + a_2 r(t) - (b_1 + c_2 + M_p)p(t) - \Upsilon(t)(i(t), p(t))i(t)p(t) - \Theta(t)(r(t), p(t))r(t)p(t)$$

$$\boxed{\frac{dn(t)}{dt} = -\Psi(t)n(t)}$$

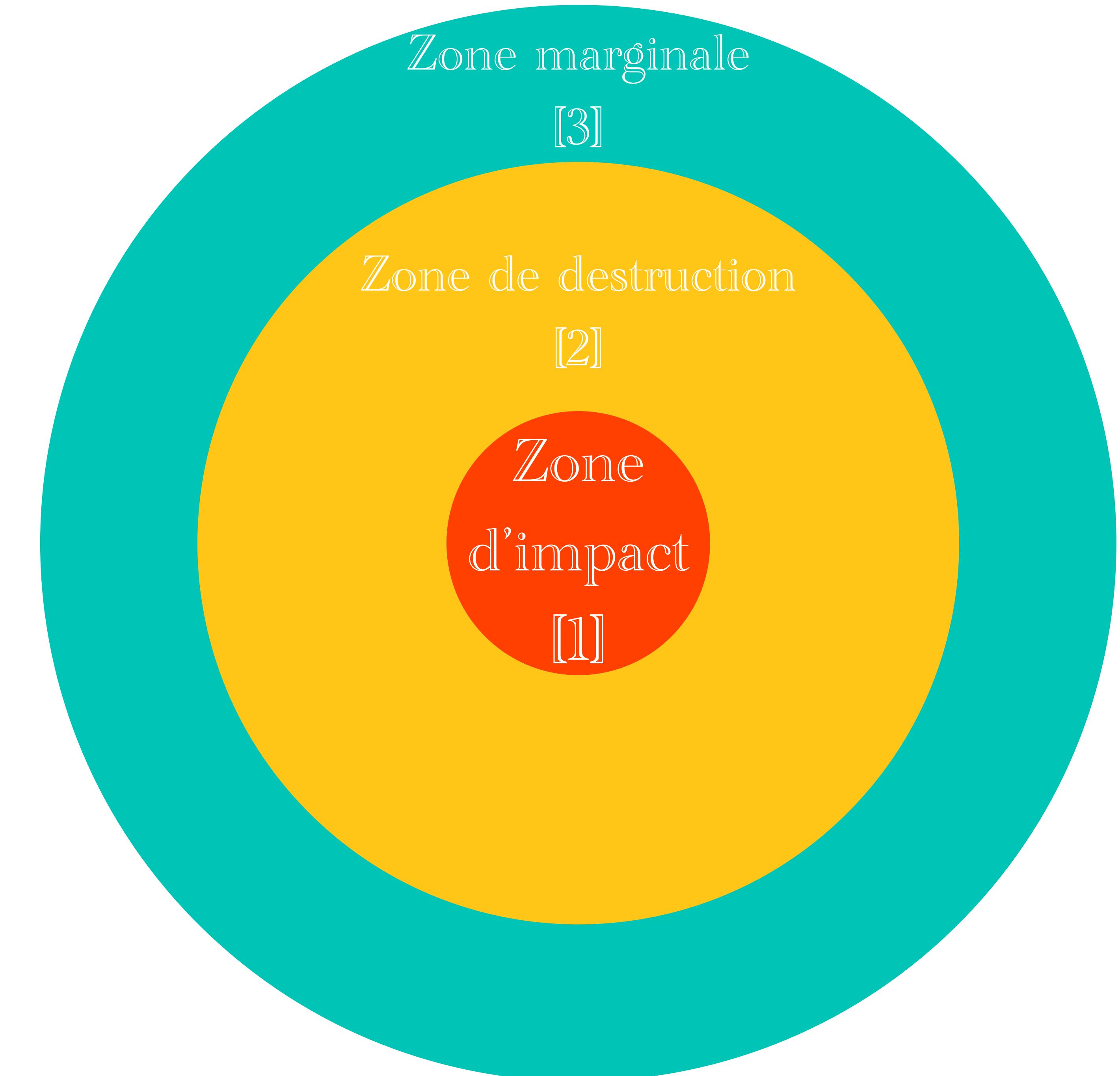
$$\boxed{\frac{dm(t)}{dt} = M_r r(t) + M_i i(t) + M_p p(t)}$$

$$\boxed{\frac{ds(t)}{dt} = \Phi(t)i(t)}$$

L'évolution spatiale :

On considère dans le déplacement des individus 3 facteurs :

- *Leur vitesse de déplacement*
- *La surface de chaque zone*
- *La frontière ouverte séparant deux zones*



Les fonctions du flux de mouvement :

$$\sum_{k \in \mathcal{P}^-(j)} \left(1 - \frac{N_j}{N_j^{\max}} \right) \rho_{kj}^r r_k$$



$$\rho_{kj}^r r_k - \sum_{k \in \mathcal{P}^+(j)} \left(1 - \frac{N_k}{N_k^{\max}} \right) \rho_{jk}^r r_j$$



Le flux d'individus entrant à la zone $[j]$. Le flux d'individus sortant de la zone $[j]$.

$$\rho_{kj}^r = \frac{V_r L_{kj}}{S_k} : \text{représente la proportion d'individus capable de changer de zone}$$



On rajoute le terme en haut aux E.D. de $r(t)$, $i(t)$ et $p(t)$

L'expérience in-silice :

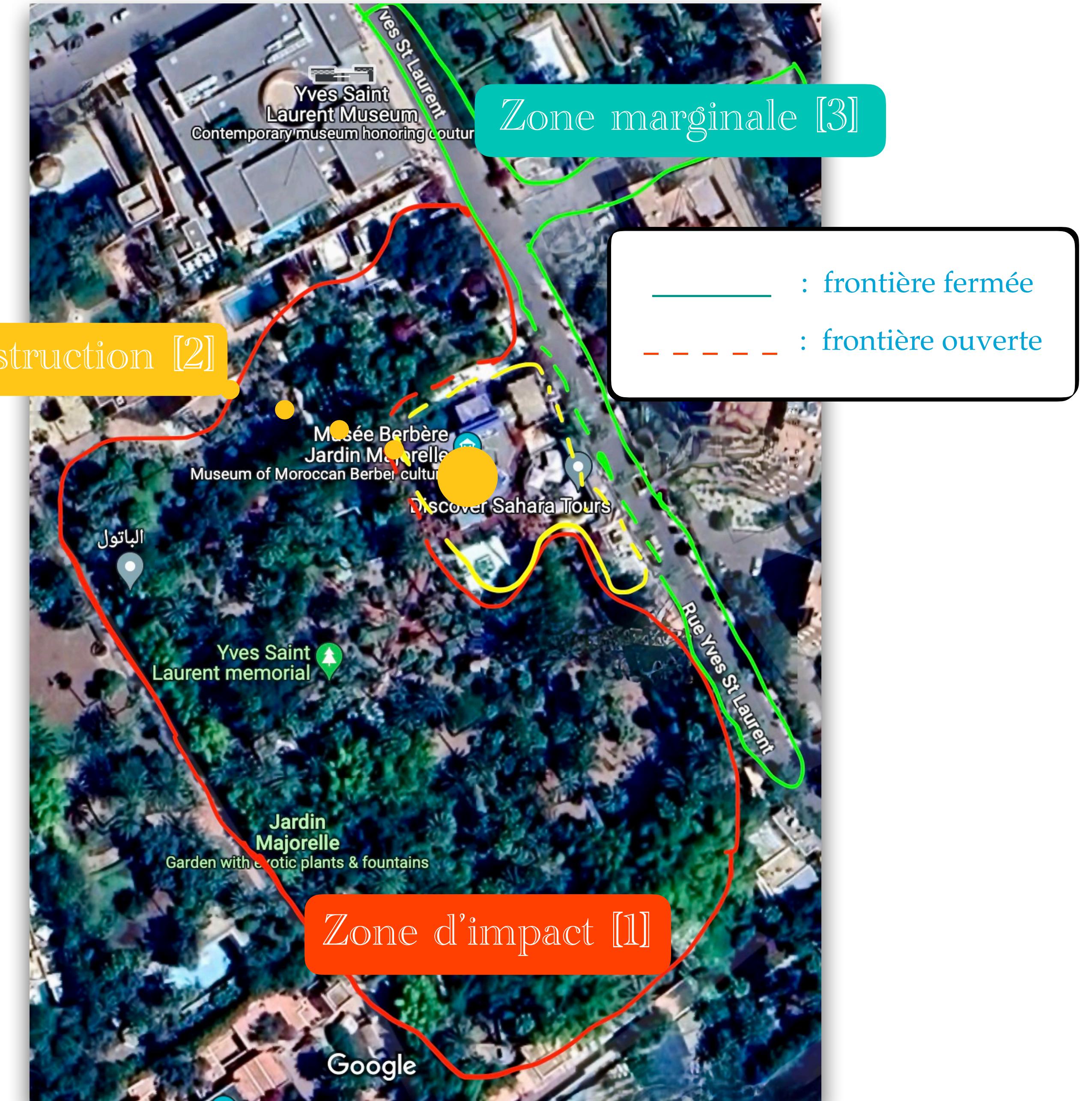
On applique ce modèle d'évolution à travers la simulation d'un incendie qui touche les Jardins de Majorelle à Marrakech . À l'instant t=0 , des fumées se propagent dans l'air , cela pousse les gens stressés à fuir , on envisagera par la suite 3 scénarios possibles :

I.Le premier scénario : on suppose que la vitesse d'évacuation est normal avec une grande présence de la population au niveau des jardins de Majorelle (300 personnes) .

II.Le deuxième scénario : on suppose que la vitesse d'évacuation est normal avec une petite densité de la population sur les jardins de Majorelle (500 personnes) .

III.Le troisième scénario : on suppose que la vitesse d'évacuation est rapide avec une répartition normal (une personne par mètre carré) de la densité de gens (1200 personnes) .

Vue par satellite de la zone autour des 'Jardin Majorelle' :



La schéma hypothétique de cette zone :

- *La surface de chaque zone en mètre carré :*

[1] : 8000

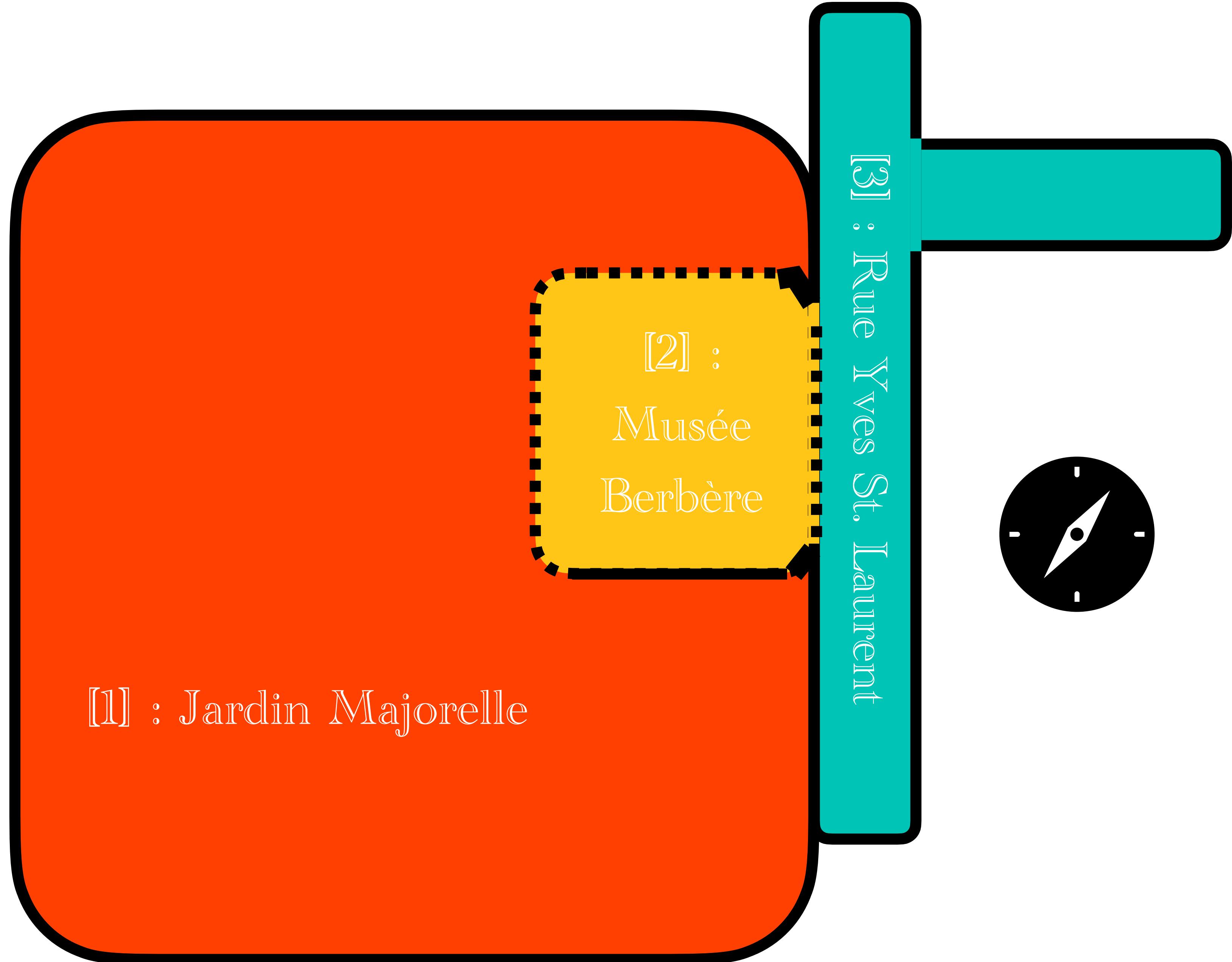
[2] : 2000

[3] : 3500

- *La frontière ouverte entre chaque zone en mètre :*

[1]-[2] : 50

[2]-[3] : 30



Les valeurs des paramètres prises pour cette expérience :

- *Paramètres d'évolution psychologique :*

$$a1=0,2 \quad , \quad a2=0,25 \quad , \quad b1=0,1 \quad , \quad b2=0,15$$

- *Paramètres de contagion et d'imitation :*

$$c1=0,005 \quad , \quad c2=0,005$$

- *Taux de mortalité :*

$$Mr=0,001 \quad , \quad Mi=0,001 \quad , \quad Mp=0,001$$

- *Paramètres temporel :*

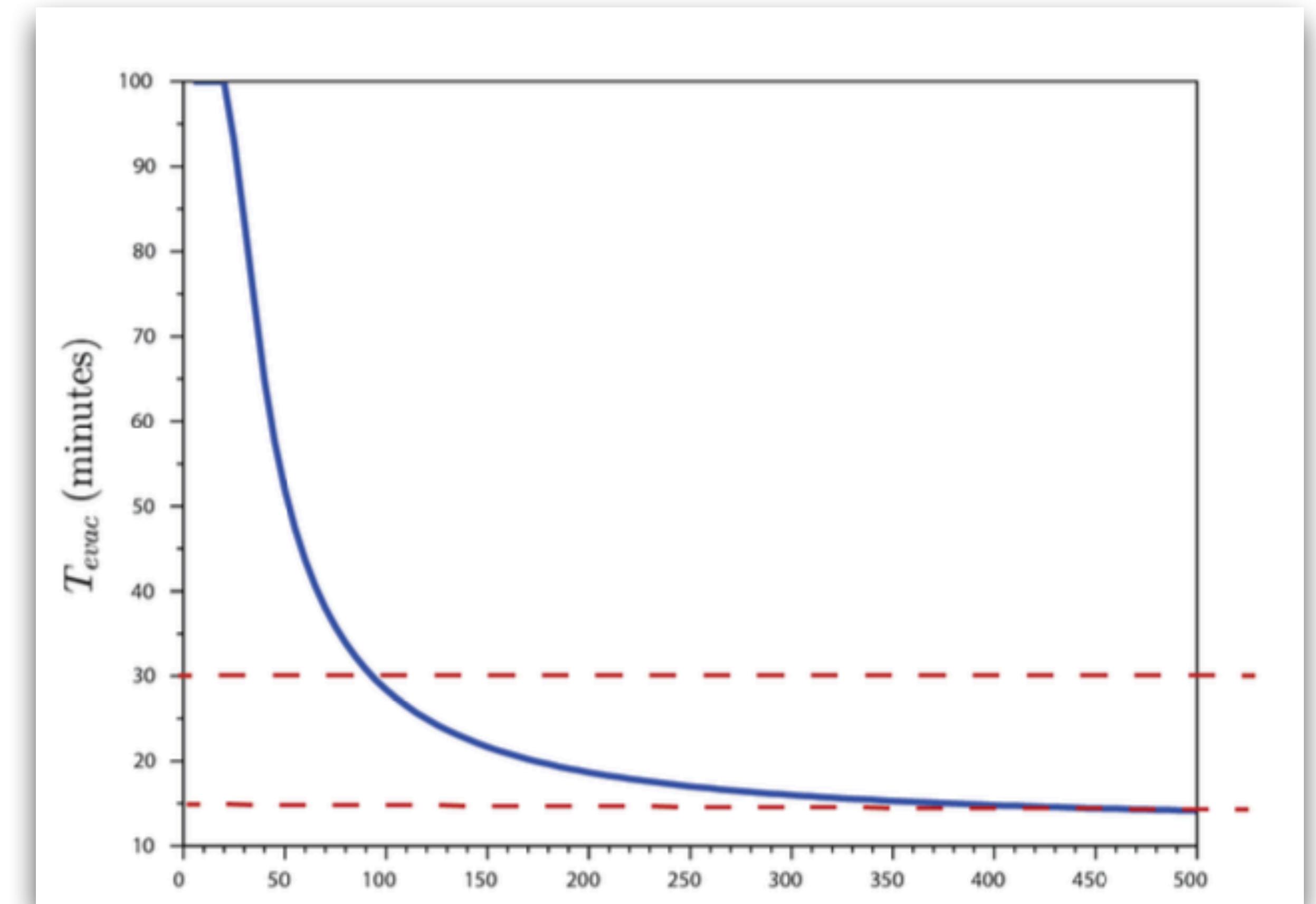
$$t0=4 \text{ min} \quad , \quad t1=10 \text{ min} \quad , \quad t2=60 \text{ min} \quad , \quad t3=100 \text{ min}$$

- *Vitesse de déplacement :*

$$Vr=5 \text{ m/s} \quad , \quad Vi=4 \text{ m/s} \quad , \quad Vp=3 \text{ m/s}$$

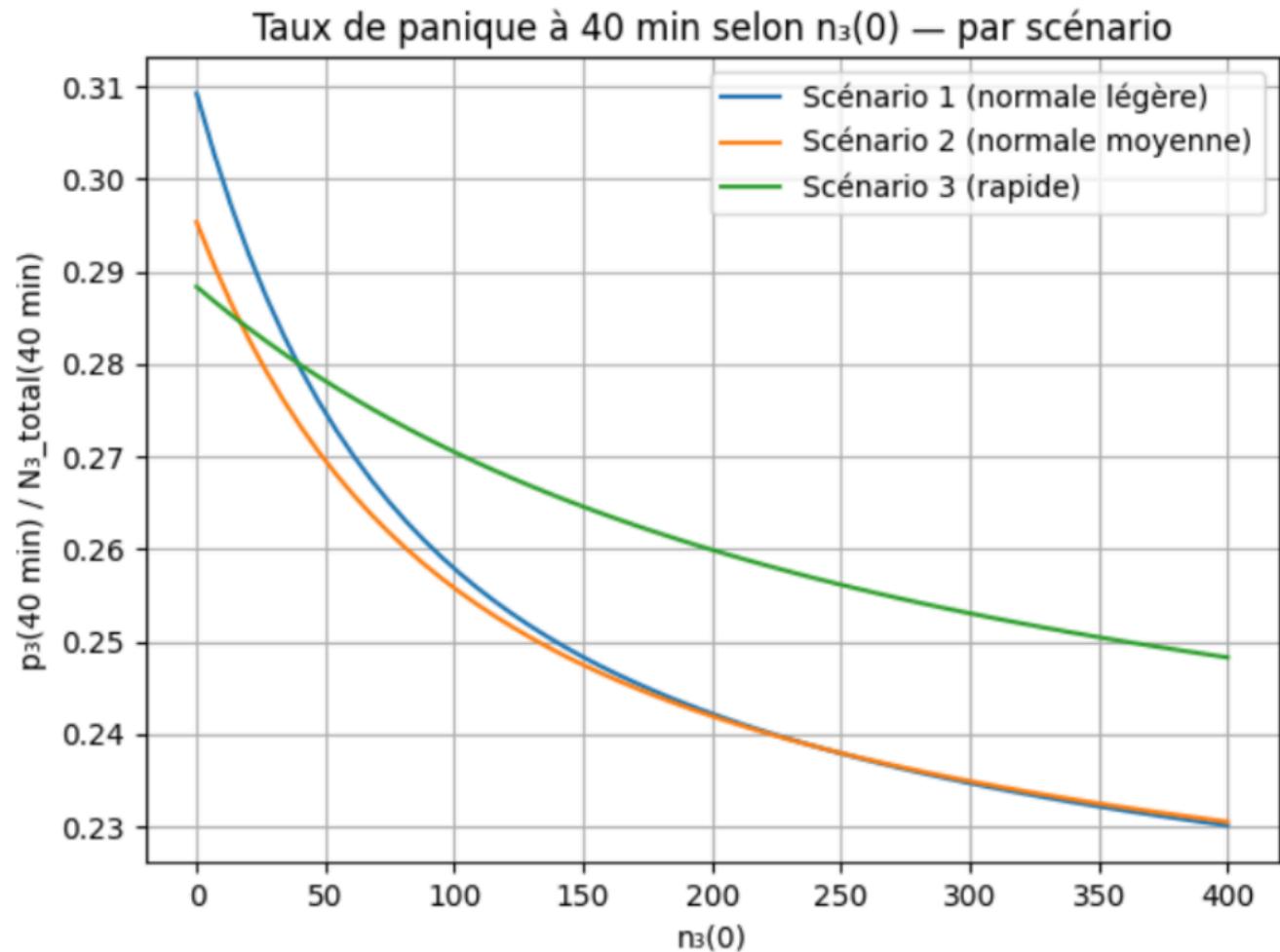
Conclusion :

$$T_{evac} = \inf\{t \in]0 ; 30 \text{ min}] \mid r_1(t) + p_1(t) + i_1(t) < 10 \% n_1(0)\}$$

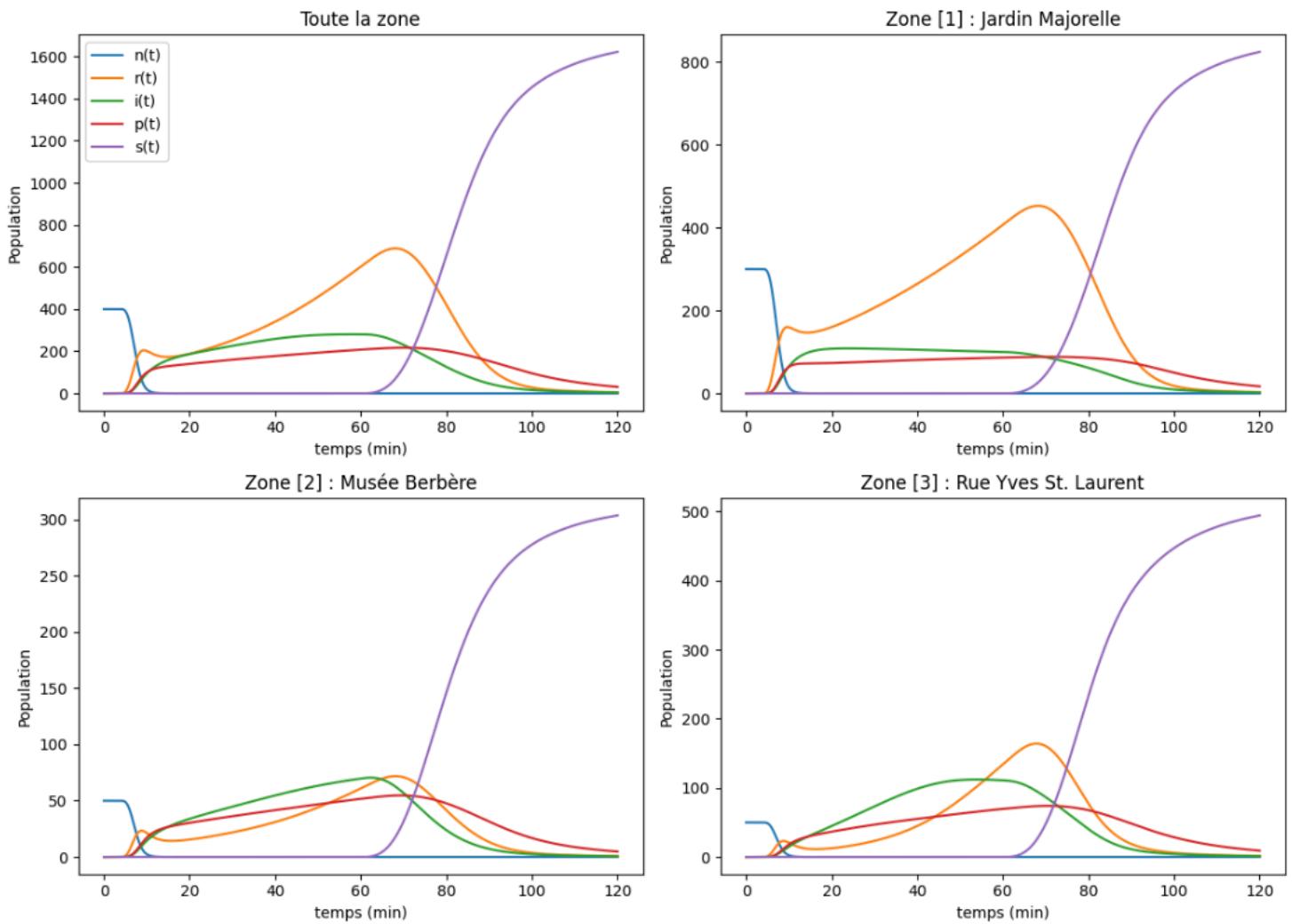


$n_3(0)$

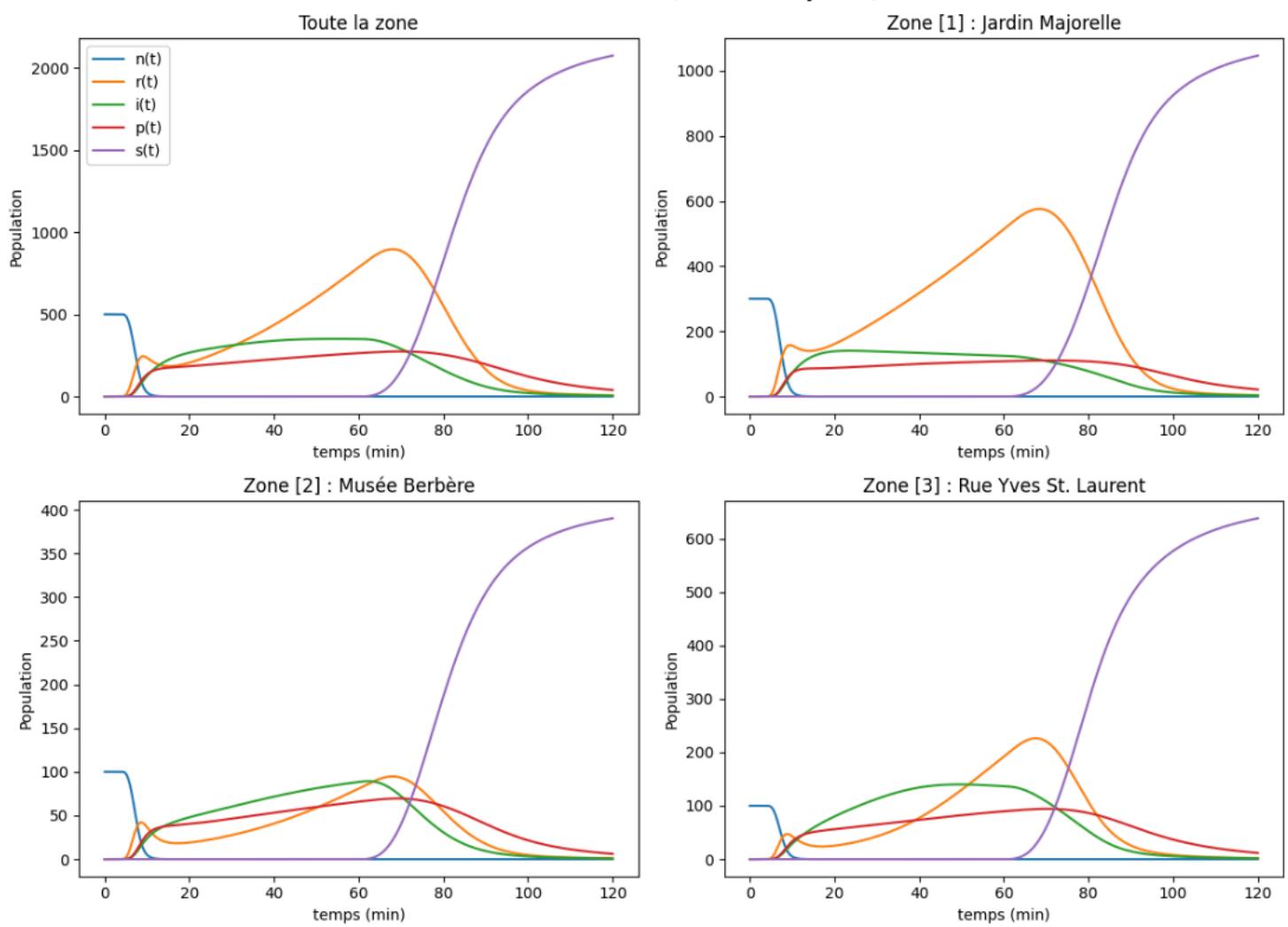
$$\frac{p_3(40\text{min})}{n_3(40\text{min})}$$



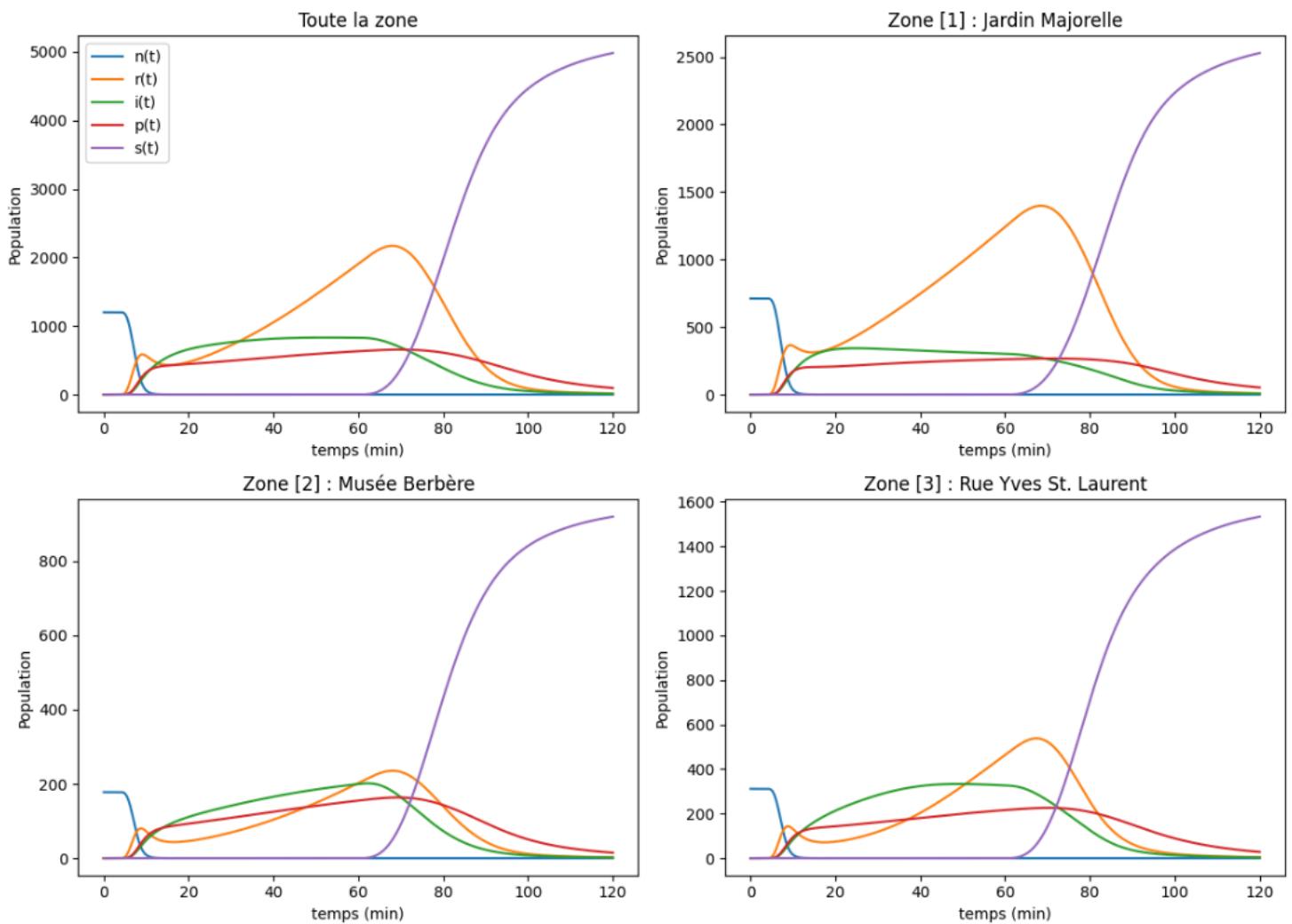
Simulation - Scénario 1 (normale légère)



Simulation - Scénario 2 (normale moyenne)



Simulation - Scénario 3 (rapide)



Annexe :

La preuve mathématique de l'existence d'une solution maximale, unique et positive à notre système différentielle :

- Notre système différentielle sera représenté par le vecteur :

$$X = (r, i, p, n, s)^T$$

On n'a pas mentionné $m(t)$ car : $n(t) = r(t) + i(t) + p(t) + n(t) + s(t) + m(t)$
dès, $\boxed{m(t) = - (r(t) + i(t) + p(t) + n(t) + s(t))}$

- On pose : $\Lambda = (a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2, d_1, d_2, \beta_1, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2)$ notre vecteur de paramètres
de domaine de définition $D = (\mathbb{R}^{+*})^2 \times (\mathbb{R}^{+})^{10}$

- 1^{er} proposition : $\forall \Lambda \in D ; \exists ! X \text{ tq } X = \max \text{ (solution du système E.D.)}$

→ preuve : On a $X(t)$ représente une fonction régulière, de d'après le théorème fondamental de Cauchy-Lipschitz, on prouve l'existence et l'unicité de cette solution maximal.

• 2^{ème} proposition: X admet des composantes positives et à l'intérieur compact $[0, n(0)]$.

→ meilleur: • On prend par exemple $n(t)$; on a $\boxed{n(t) = n(0) \cdot e^{-\int_0^t q(s) \cdot r(s) ds}}$

de: $n(t) > 0; \forall t \geq 0 \quad (\text{car } n(0) > 0)$

soit: $t_1 = \inf\{\theta > 0; X(\theta) \notin [0, +\infty[^\circ\}$

si: $X(t_1) = (0, \bar{x}, \bar{p}, n(t_1), \bar{s})$ avec $\bar{x}, \bar{p}, n(t_1), \bar{s} \in]0, +\infty[$

de: $r(t_1) = f(n(t_1), s(t_1), x(t_1), p(t_1), m(t_1)) > 0$

alors, on conclut à moins de la positivité de la solution.

• On a: $(r + v + p + s + m)(t) = n(0)$, alors

on peut dire que les composantes de X

sont bornées et $\in [0, n(0)]$.