



Analyse interactive d'un modèle  
représentant la dynamique des adventices  
pour la conception et l'évaluation de  
systèmes de culture innovants

**Nathalie COLBACH**

*INRA*

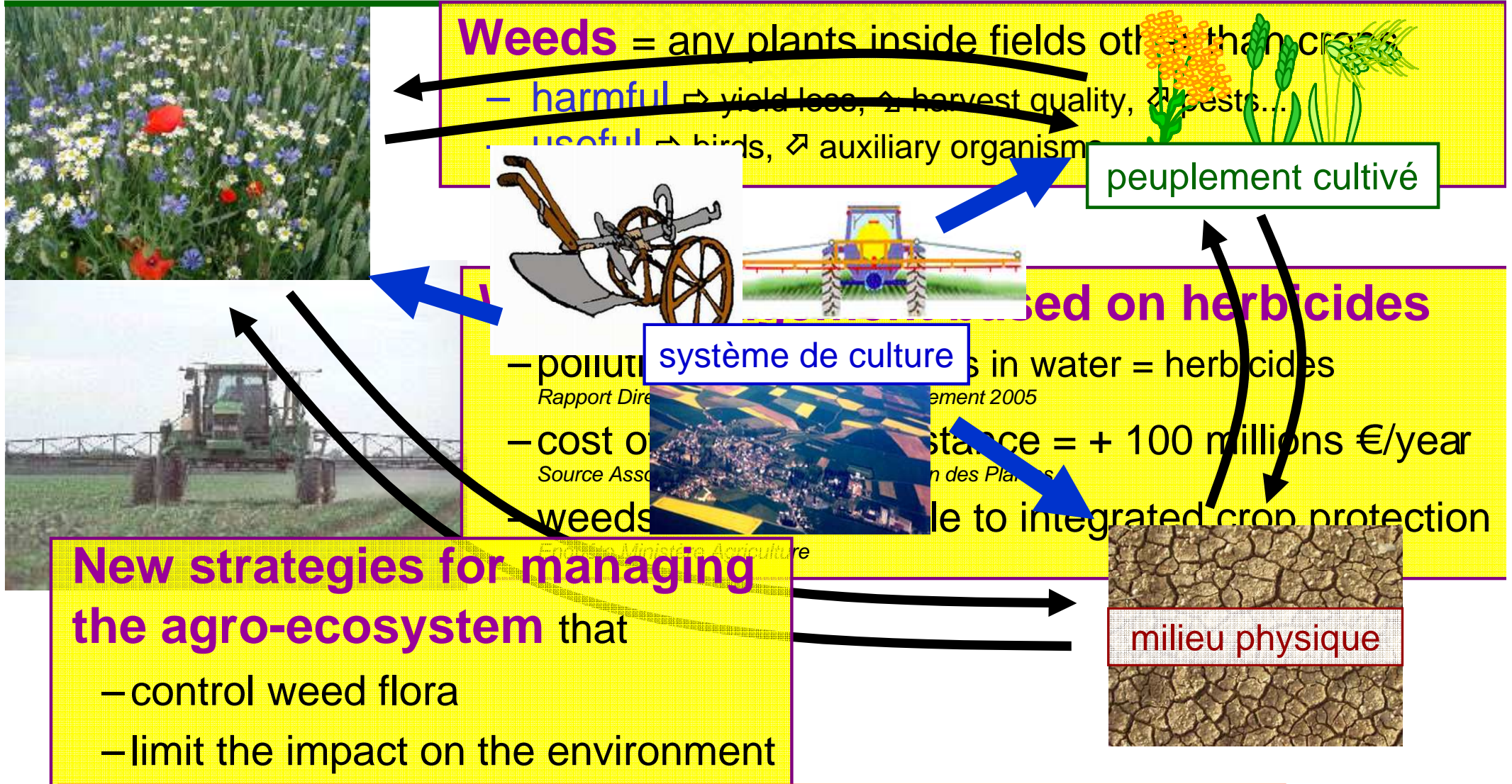
*UMR 1210 Biologie et Gestion des Adventices*

*BP 86510 – 21065 DIJON Cedex – France*

*Nathalie.Colbach@dijon.inra.fr*



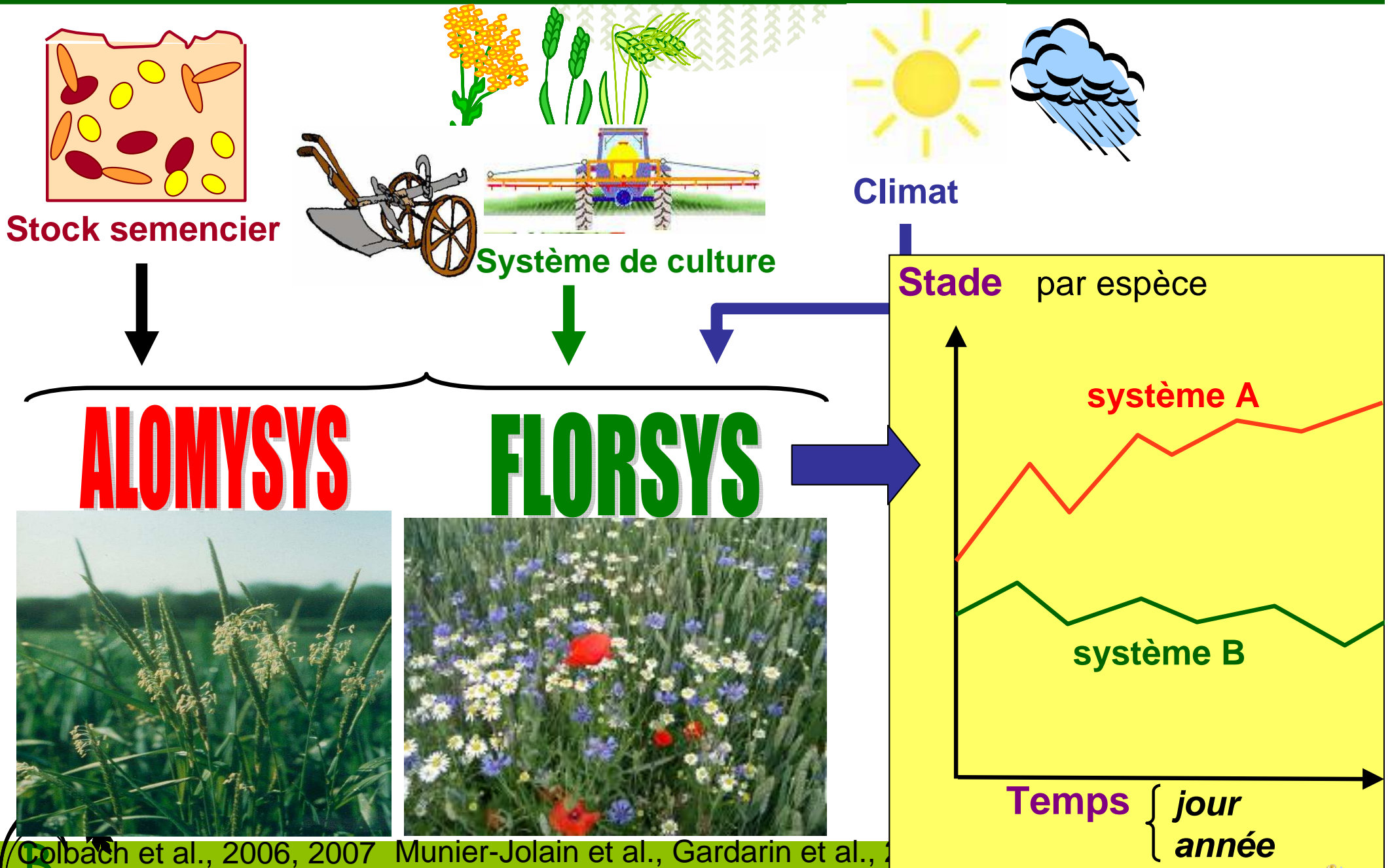
# Context



**Models cropping system ⇒ weed flora**

**Simulation methodology to design cropping systems**

# Les modèles développés



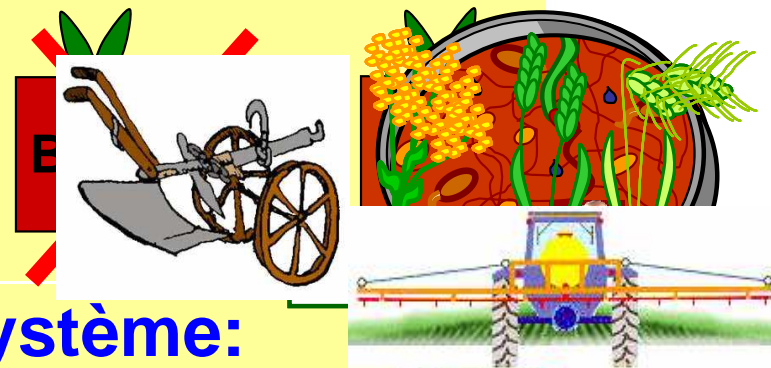
Colbach et al., 2006, 2007 Munier-Jolain et al., Gardarin et al.,



# Que faut-il dans les modèles SDC ⇒ adventices?

## Modèles pour la compréhension et la prédiction dans une large gamme de situations

- mécaniste
  - pour les effets systèmes de culture
  - au niveau du champ cultivé



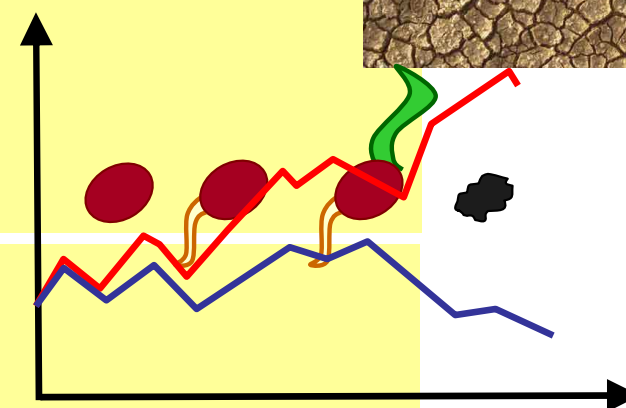
## Intégrer les trois composantes du système:

- les effets du système de culture  
(mouvements de semences, structure du sol, pénétration de la lumière...)
- les états intermédiaires  
(température, humidité, structure du sol)
- les processus biologiques  
(survie, dormance, germination, croissance pré-levée...)



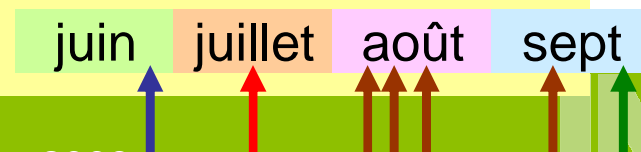
## Effets cumulatifs du système de culture

- pluri-annuel



## Choix des techniques culturales x états du milieu

- pas-de-temps journalier



# ALOMYSYS *Structure du modèle*



Soil structure

Tillage etc.  
Weather  
Soil texture

emerged seedlings

plant mortality

death

germinated seeds

Soil moisture & temperature

Weather  
Soil texture  
Tillage  
Crop

crop-weed competition

Tillage  
Seed characteristics  
Season

seed production

	non-dormant	dormant
shallow	seeds	
...	seed bank	
deep		

Tillage

Daily time-step

death

(Colbach et al., 2006a, b)

# ALOMYSYS *Structure du modèle*



Tillage etc.  
Weather  
Soil texture

Soil structure

death

emerged seedlings

plant mortality

germinated seeds

Soil moisture & temperature

Weather  
Soil texture  
Tillage  
Crop

crop-weed competition

Tillage  
Seed characteristics  
Season

seed production


	non-dormant	dormant
shallow		
...	seed bank	
deep		

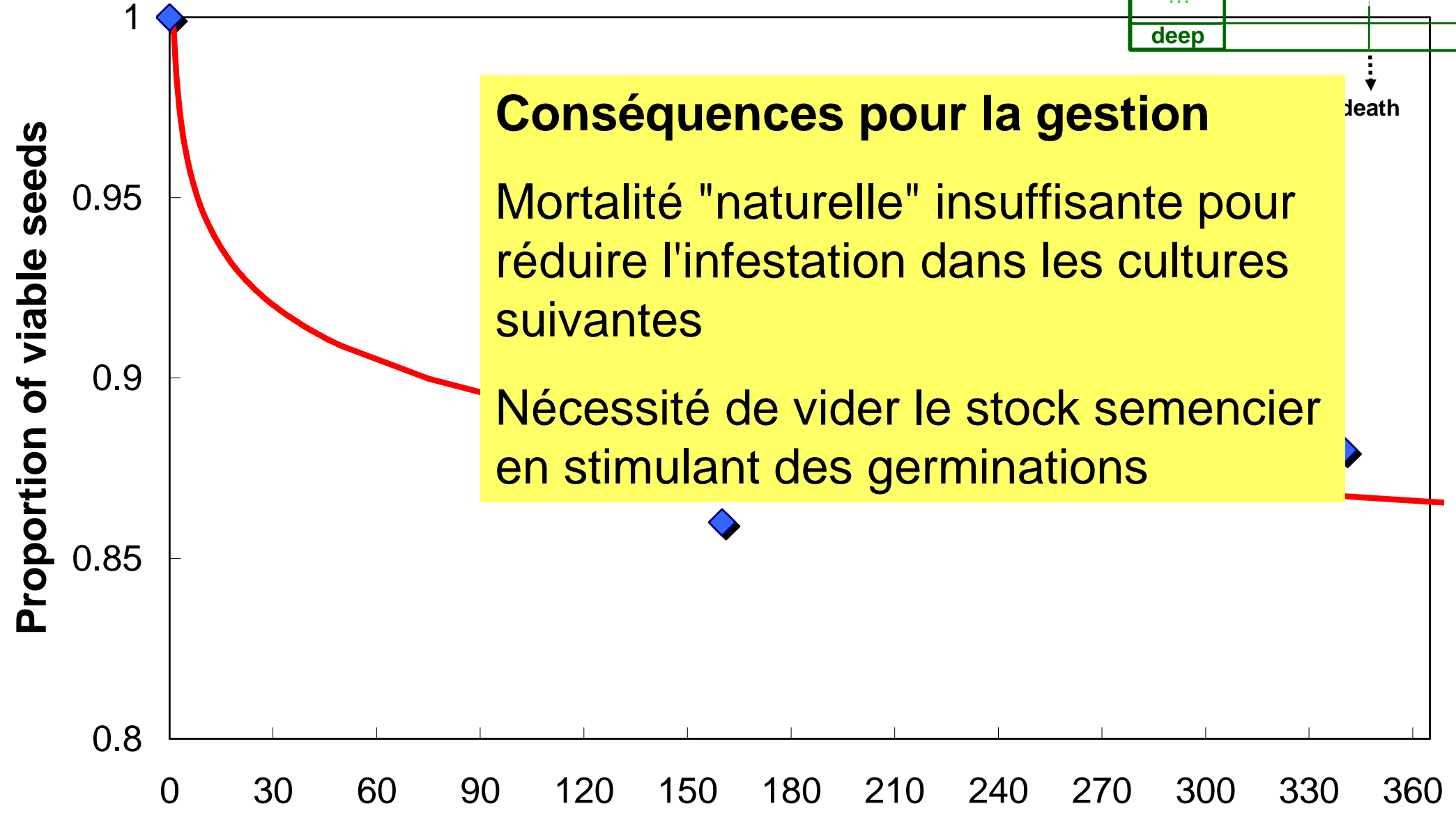
Tillage

death

(Colbach et al., 2006a, b)

# Mortalité *in situ* des semences

	non-dormant	dormant
shallow	seeds	
...	seed bank	
deep		



(Lonchamp et al 1984,  
Colbach et al. 2006a)

# ALOMYSYS *Structure du modèle*



Soil structure

Tillage etc.  
Weather  
Soil texture

emerged seedlings

plant mortality

death

germinated seeds

Soil moisture & temperature

Weather  
Soil texture  
Tillage  
Crop

crop-weed competition

Tillage  
Seed characteristics  
Season

seed production

	non-dormant	dormant
shallow		
...	seed bank	
deep		

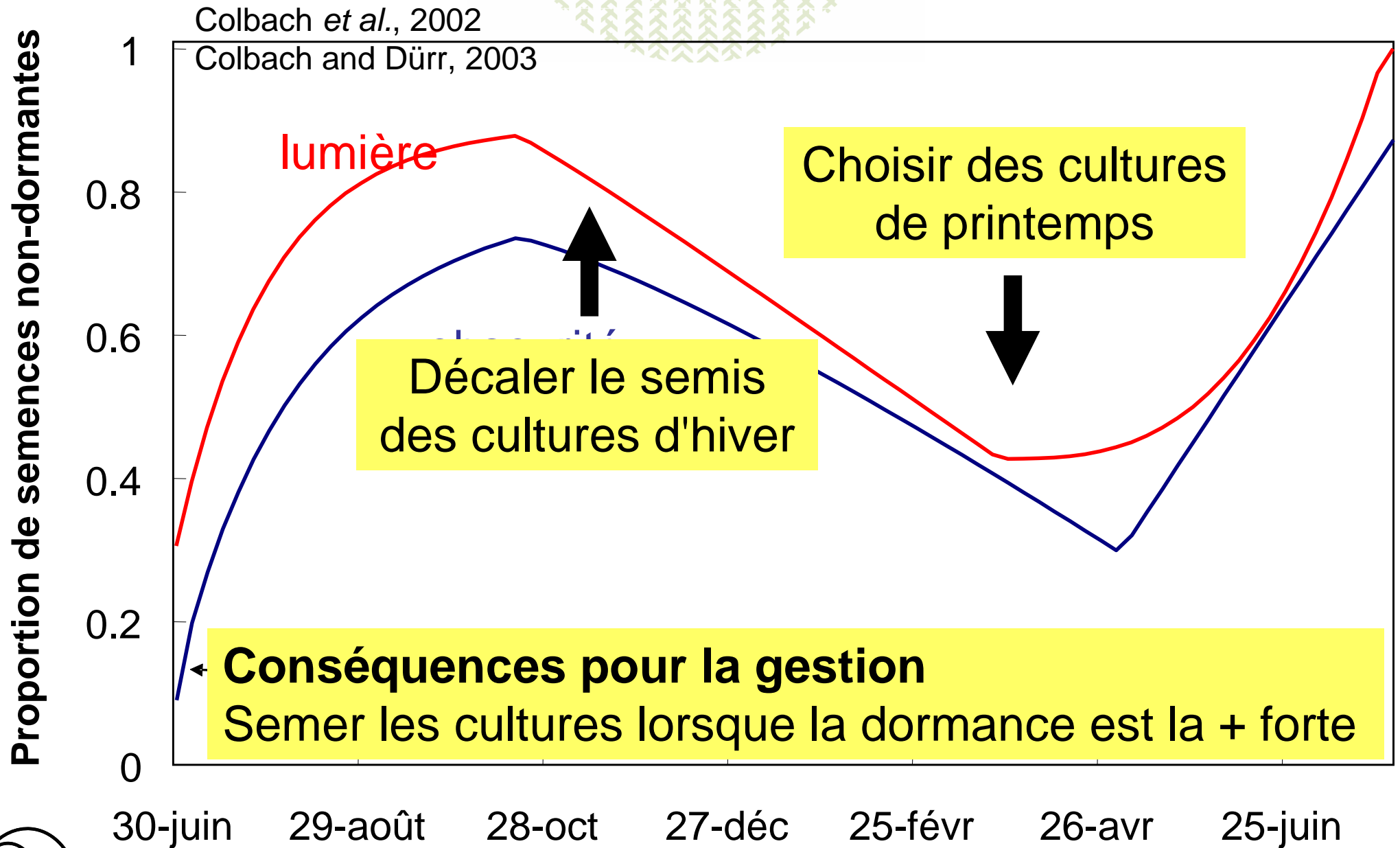
Tillage

death

(Colbach et al., 2006a, b)



# Conséquences pour la gestion du vulpin



# ALOMYSYS *Structure du modèle*



Soil structure

Tillage etc.  
Weather  
Soil texture

emerged seedlings

plant mortality

death

germinated seeds

Soil moisture & temperature

Weather  
Soil texture  
Tillage  
Crop

crop-weed competition

Tillage  
Seed characteristics  
Season

seed production

	non-dormant	dormant
shallow		
...	seed bank	
deep		

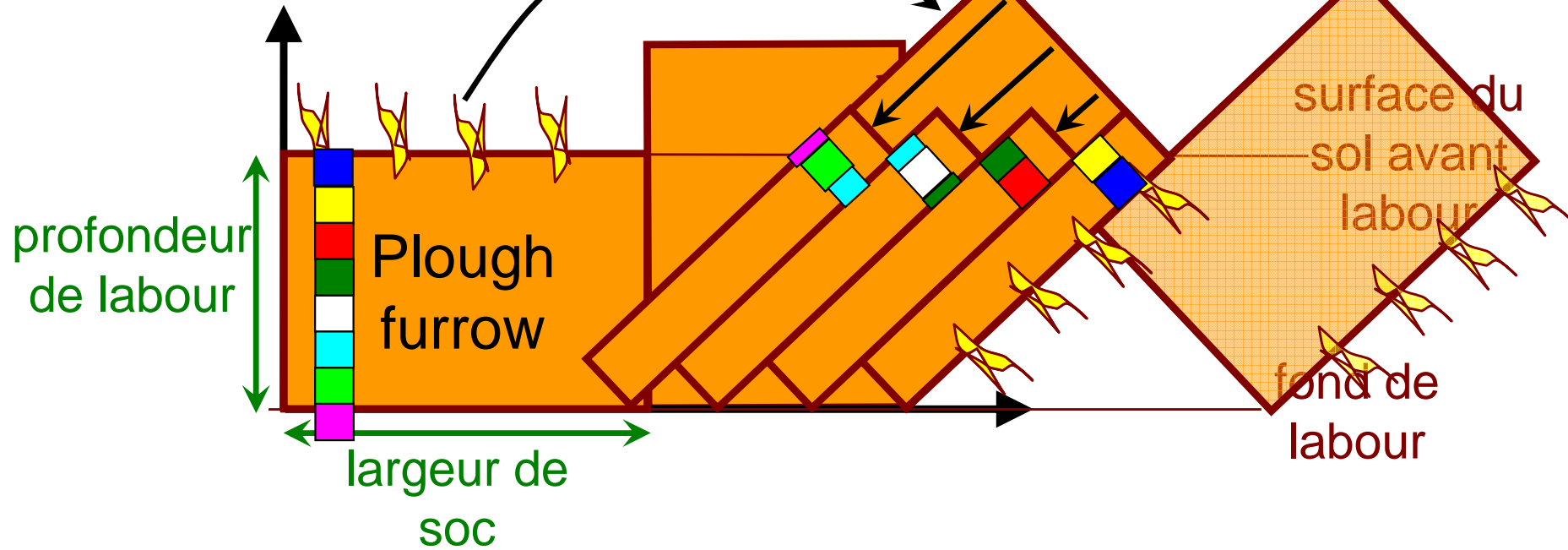
death

(Colbach et al., 2006a, b)

# Labour ⇒ mouvements de semences

Rotation

Translation

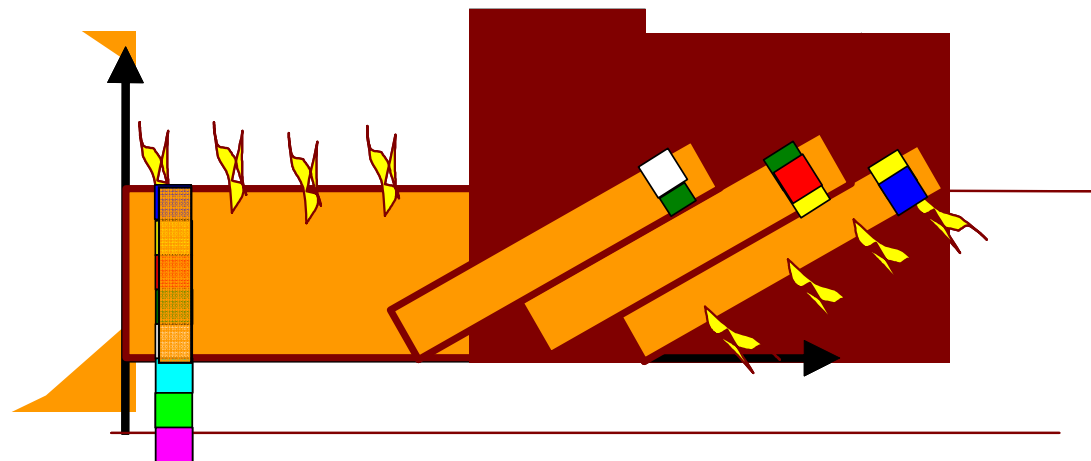
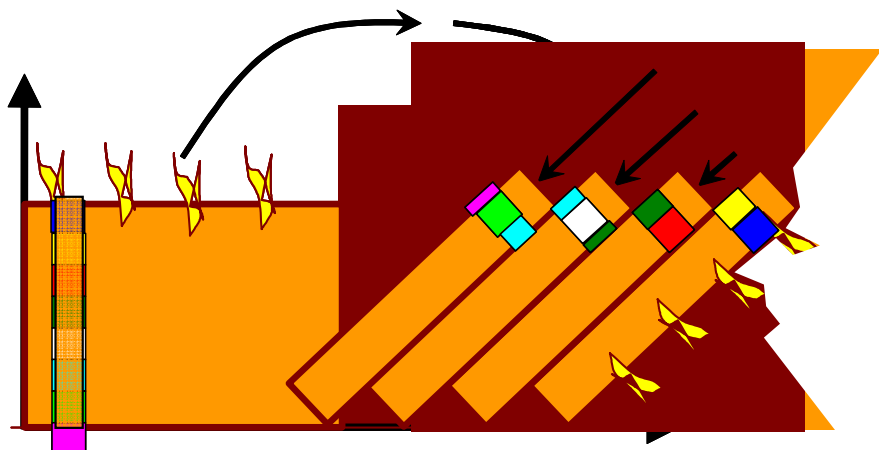


+ structure du sol

(coupe perpendiculaire à l'avancée du tracteur)

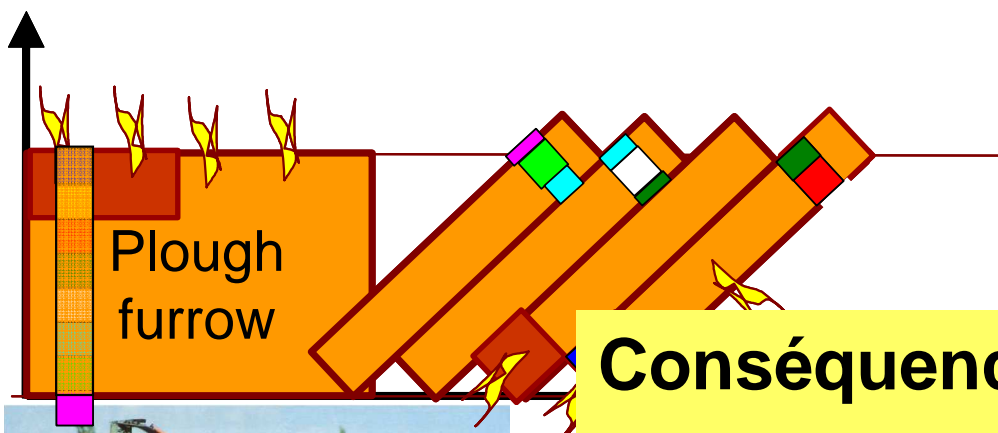
Colbach et al., 2000, Roger-Estrade et al., 2000, 2001

# Labour ⇒ mouvements de semences



## Labour moins profond:

- graines profondes non remontées
- graines superficielles



## Addition d'une rasette:

- graines superficielles mieux
- graines intermédiaires plus

## Conséquences pour la gestion

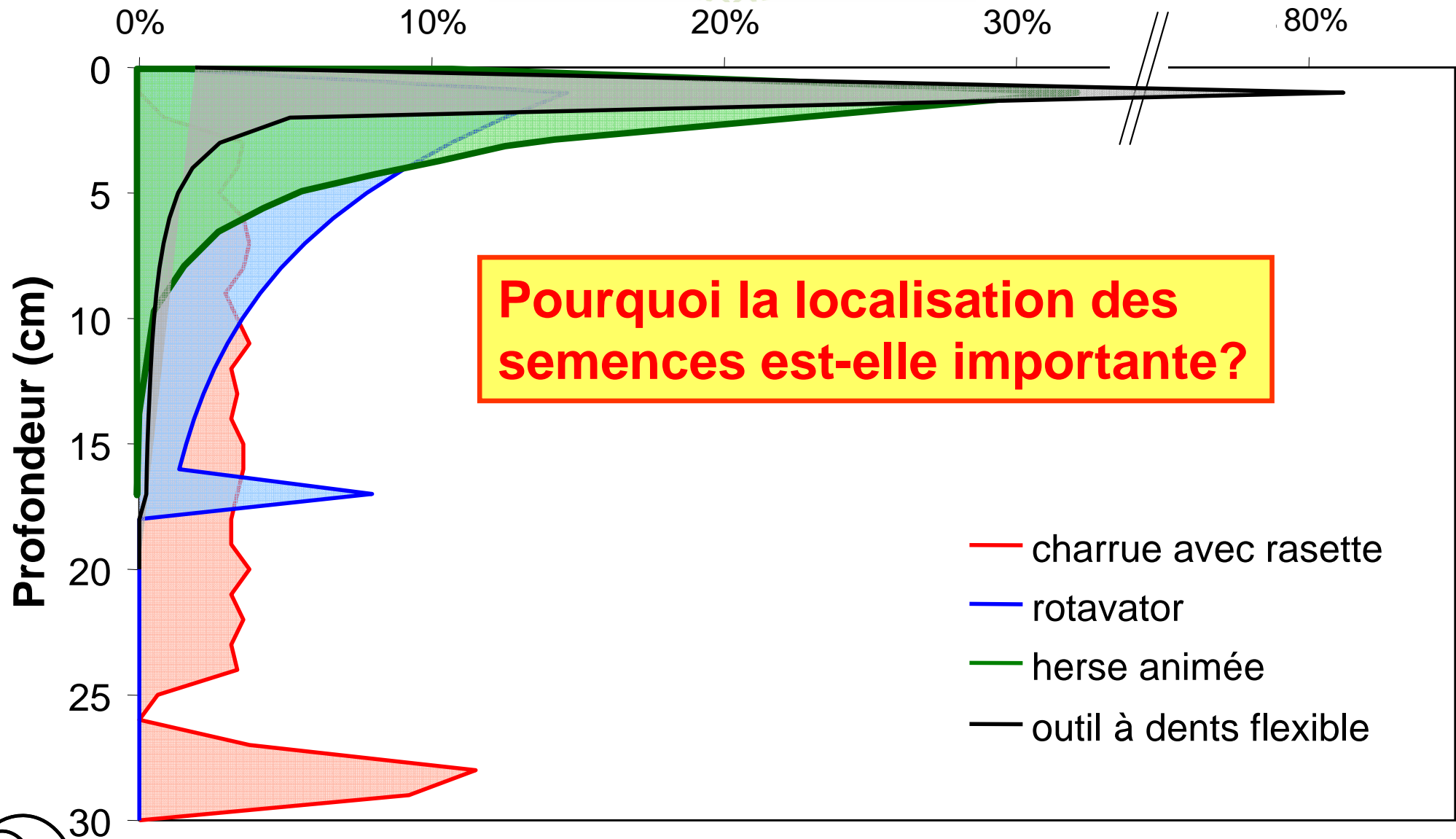
- Choisir outil et profondeur de travail en fonction
- du précédent: localisation des graines
- du suivant: que faut-il en faire?



# Travail du sol ⇒ mouvements de semences

Semences enfouies

Colbach et al., 2006



# ALOMYSYS *Structure du modèle*



Soil structure

Tillage etc.  
Weather  
Soil texture

emerged seedlings

plant mortality

death

germinated seeds

Soil moisture & temperature

Weather  
Soil texture  
Tillage  
Crop

crop-weed competition

Tillage  
Seed characteristics  
Season

seed production

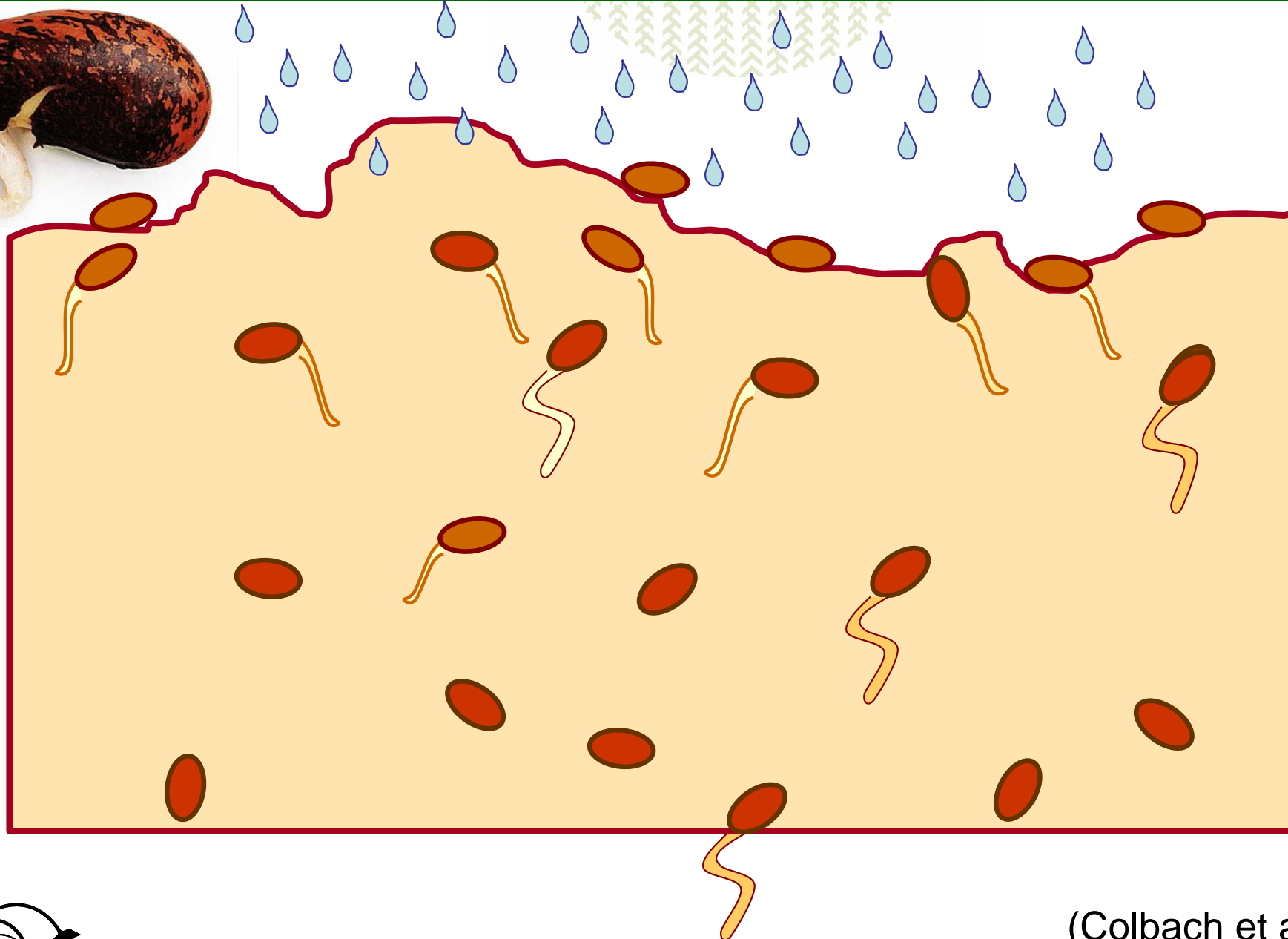
	non-dormant	dormant
shallow		
...	seed bank	
deep		

Tillage

death

(Colbach et al., 2006a, b)

# Profondeur des semences ⇒ germination



**Mauvais  
contact  
terre-  
semence**

**Poids terre  
Excès CO2  
....**

(Colbach et al., 2006a, b)

# ALOMYSYS *Structure du modèle*



Tillage etc.  
Weather  
Soil texture

Soil structure

death

emerged seedlings

germinated seeds

Soil moisture & temperature

plant mortality

Weather  
Soil texture  
Tillage  
Crop

crop-weed competition

Tillage  
Seed characteristics  
Season

seed production

	non-dormant	dormant
shallow		
...	seed bank	
deep		

death

(Colbach et al., 2006a, b)

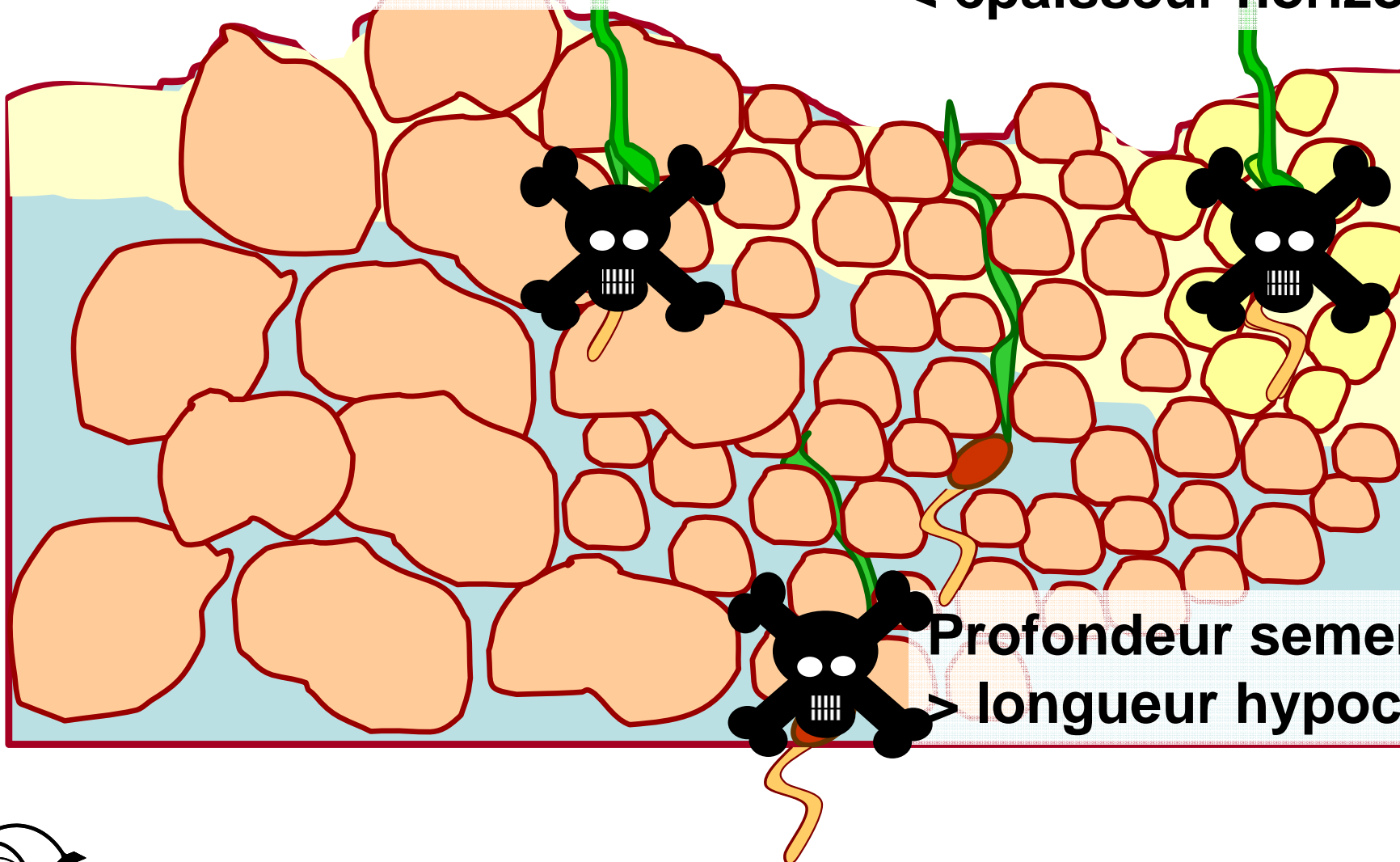


# Profondeur des semences $\Rightarrow$ levée

Basé sur Dürr et al. 2001

**Croissance bloquée  
par motte de terre**

**Longueur racine  
< épaisseur horizons secs**



**Profondeur semence  
> longueur hypocotyle**

# Des équations et du code

---

```
//LE JOUR DE LA GERMINATION
```

```
for (iA=0; iA<NB_AGES; iA++)
```

```
for(iH =0; iH<NB_HORIZONS; iH++)
```

```
{
```

```
//localisation des graines: au fond de l'horizon et passage de cm en mm
```

```
iHH = 10*(iH+1);
```

```
//détermination de la classe de structure du sol
```

```
classeMortalite = correspondanceStructureSIMPLE_DECIBBLE();
```

```
//proportion de plantules restant bloquées sous des mottes avant levée
```

```
tauxMortaliteMottes = 1.0 - exp(-log(2)*
```

```
pow(iHH/x50mort[classeMortalite],bmort[classeMortalite]));
```

```
stockSemencier[iA][iH].germees[jour].nombre *= (1.0- tauxMortaliteMottes);
```

```
//chemin jusqu'à la surface en contournant les mottes
```

```
//pour les graines de surface, on exige une longueur minimale de 1cm
```

```
distance = max(10.0,tortuositeMottes(iHH));
```



# Des équations et du code

---

```
//paramètres de levée
```

```
pm = fonctionM (age, poids, azote, densité);
```

```
px50 = fonctionX (pm);
```

```
pb = fonctionB (poids);
```

```
pa = log(2.0)/pow(px50,pb);
```

```
//mortalité des plantes trop loin de la surface
```

```
if (pm <= distance)
```

```
{
```

```
    stockSemencier[iA][iH].germees [jour].nombre = 0;
```

```
    stockSemencier[iA][iH].germees [jour].tempsLevee = JAMAIS;
```

```
}
```

```
else
```

```
    stockSemencier[iA][iH].germees[jour].tempsLevee
```

```
        = pow( -log(1.0-distance/pm) / pa, 1.0/pb);
```

```
//mortalité des plantes germées depuis trop longtemps
```

```
if (stockSemencier[iA][iH].germees[jour].tempsLevee >  
    DUREE_MAX_SURVIE_PRELEVEE)
```

```
{
```

```
    stockSemencier[iA][iH].germees [jour].nombre = 0;
```

```
    stockSemencier[iA][iH].germees [jour].tempsLevee = JAMAIS;
```

```
}
```



---

## //TOUS LES JOURS

//calcul du jour jusqu'où il faut remonter pour analyser les graines germées

```
dateDebutCalcul = calculDateDebut(jour);
```

```
for (iA=0; iA<NB_AGES; iA++)  
for(iH =0; iH<NB_HORIZONS; iH++)  
for(iJ= dateDebutCalcul; iJ!=jour; iJ++)  
{
```

//calcul du temps écoulé depuis la germination

```
stockSemencier[iA][iH].tempsDepuisGermination[iJ]  
+= max( climatSol[jour][iH].tmoy - TEMPERATURE_BASE , 0);
```

//élongation racinaire et mortalité liée à la sécheresse

```
x = stockSemencier[iA][iH].tempsDepuisGermination[iJ];  
longueurRacine = stockSemencier[iA].poids  
* MAX_RACINE * (1.0 - exp(-racA*pow(x,RACINE_B)));
```



---

//on regarde si la racine passe par au moins un horizon humide

mort = OUI;

for(hh= iH; hh< iH + *longueurRacine*; hh++)

{

if (climatSol[jour][hh].potHyd > SEUIL\_POTENTIEL\_HYDRIQUE)

mort = NON;

}

if (mort == OUI)

    stockSemencier[iA][iH].germees[iJ].nombre = 0;

//sinon si le temps depuis la germination > temps nécessaire à la levée

else if (stockSemencier[iA][iH].tempsDepuisGermination[iJ] >  
        stockSemencier[iA][iH].germees[iJ].tempsLevee)

{

    plantules[jour].nbJour +=stockSemencier[iA][iH].germees[iJ].nombre;

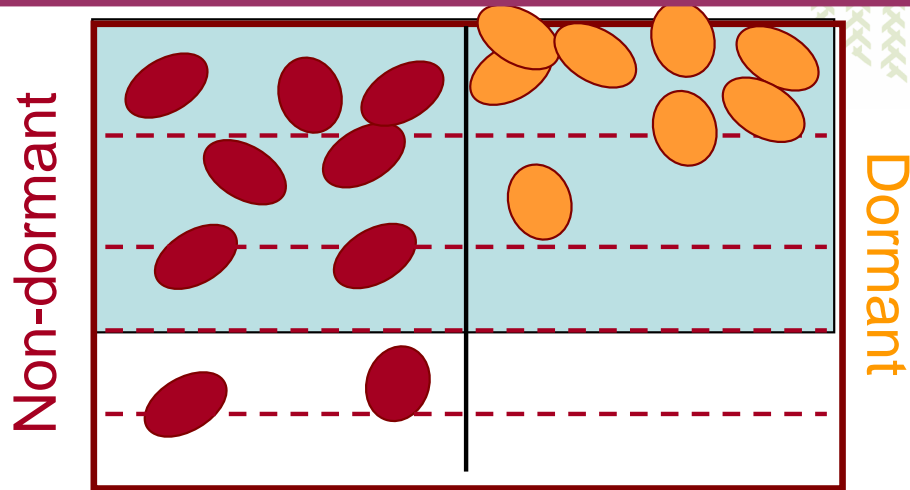
    stockSemencier[iA][iH].germees[iJ].nombre = 0;

}



# Travail du sol ⇒ germination des semences

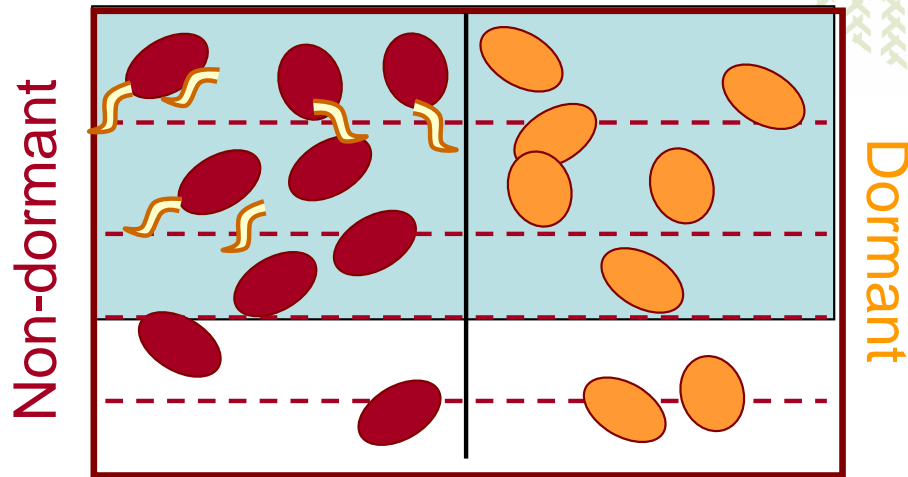
(Colbach et al., 2006a, b)



**Travail du sol en conditions humides**  
- mouvements de semences

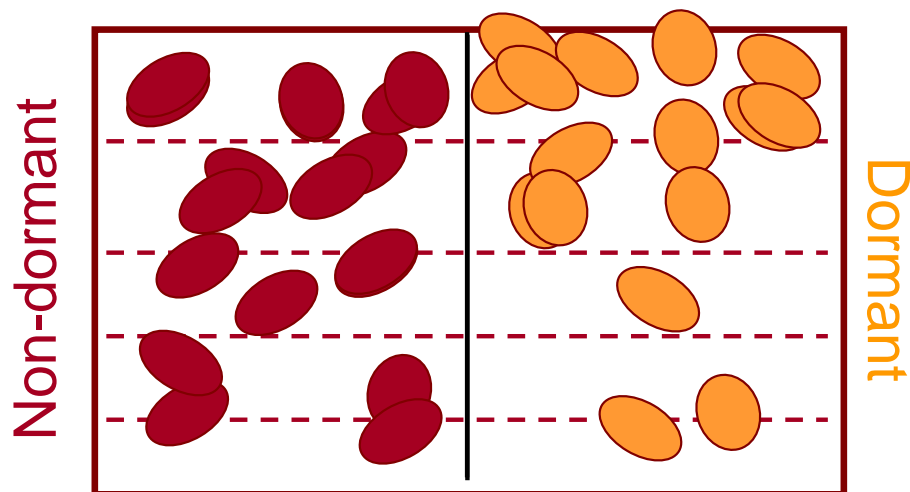
# Travail du sol ⇒ germination des semences

(Colbach et al., 2006a, b)



## Travail du sol en conditions humides

- mouvements de semences
- lève des dormances
- stimule des germinations
- germination ⇔ avec la profondeur



## Travail du sol en conditions sèches

- mouvements de semences seulement

# Raisonner le travail du sol

## Pour gérer des adventices nuisibles

- Choisir la **date** de travail

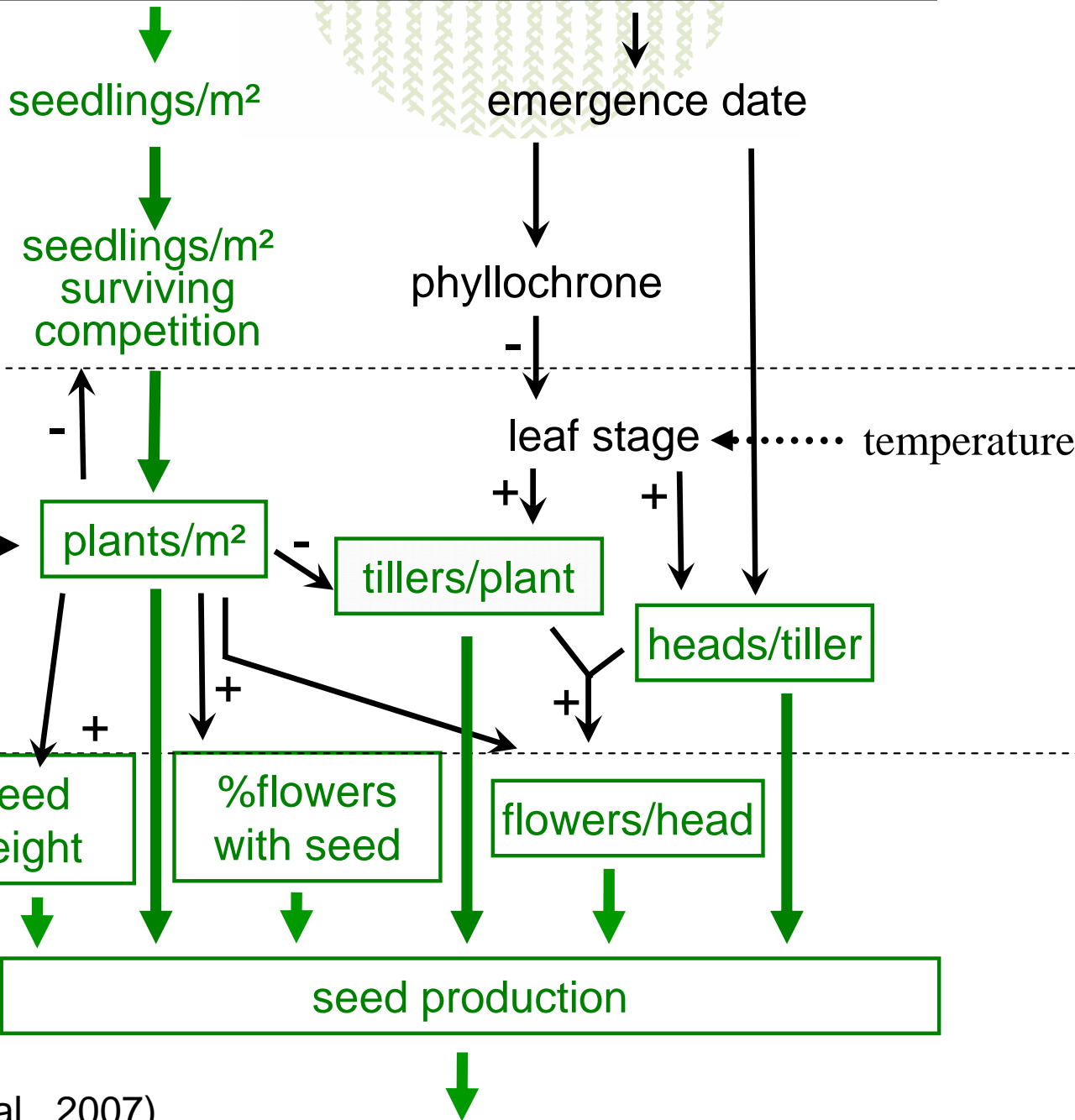
- faux semis  $\Rightarrow$  vider le stock semencier  
 $\Rightarrow$  travailler en conditions humides
- préparer le sol avant le semis  $\Rightarrow$  limiter la levée  
 $\Rightarrow$  travailler en conditions sèches

- Choisir la **profondeur** de travail

- faux semis  $\Rightarrow$  vider le stock semencier  
 $\Rightarrow$  travailler très superficiellement
- préparer le sol avant le semis  $\Rightarrow$  limiter la levée  
 $\Rightarrow$  travailler profondément/en enfouissant



EMERGENCE model



(Colbach et al., 2007)



EMERGENCE model

↓  
seedlings/m<sup>2</sup>

↓  
seedlings/m<sup>2</sup>

sowing date  
crop density

→ surviving competition

EMERGENCE AT EACH DAY

herbicide  
tillage  
désherbage  
mécanique  
harvest

↓  
plants/m<sup>2</sup>

← crop herbicide

tillers/plant

heads/tiller

← crop

↓  
Seed weight

↓  
%flowers with seed

← crop

flowers/head

← nitrogen crop

↓  
seed production

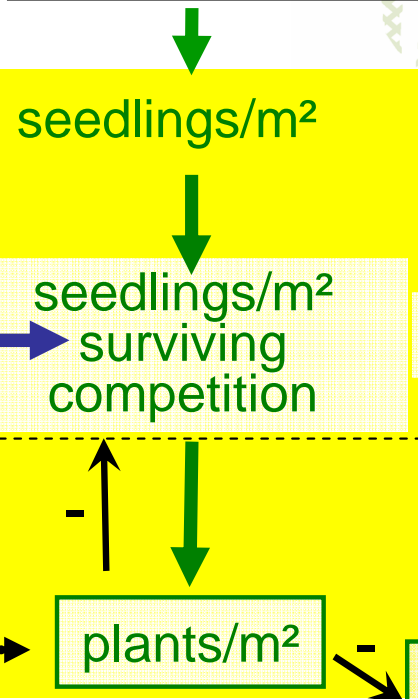
HARVEST AT

↓  
return to SEED BANK

(Colbach et al., 2007)



EMERGENCE model



sowing date  
crop density

emergence date

phyllochrone

leaf stage

temperature

tillers/plant

heads/tiller

Seed weight

%flowers with seed

flowers/head

seed production

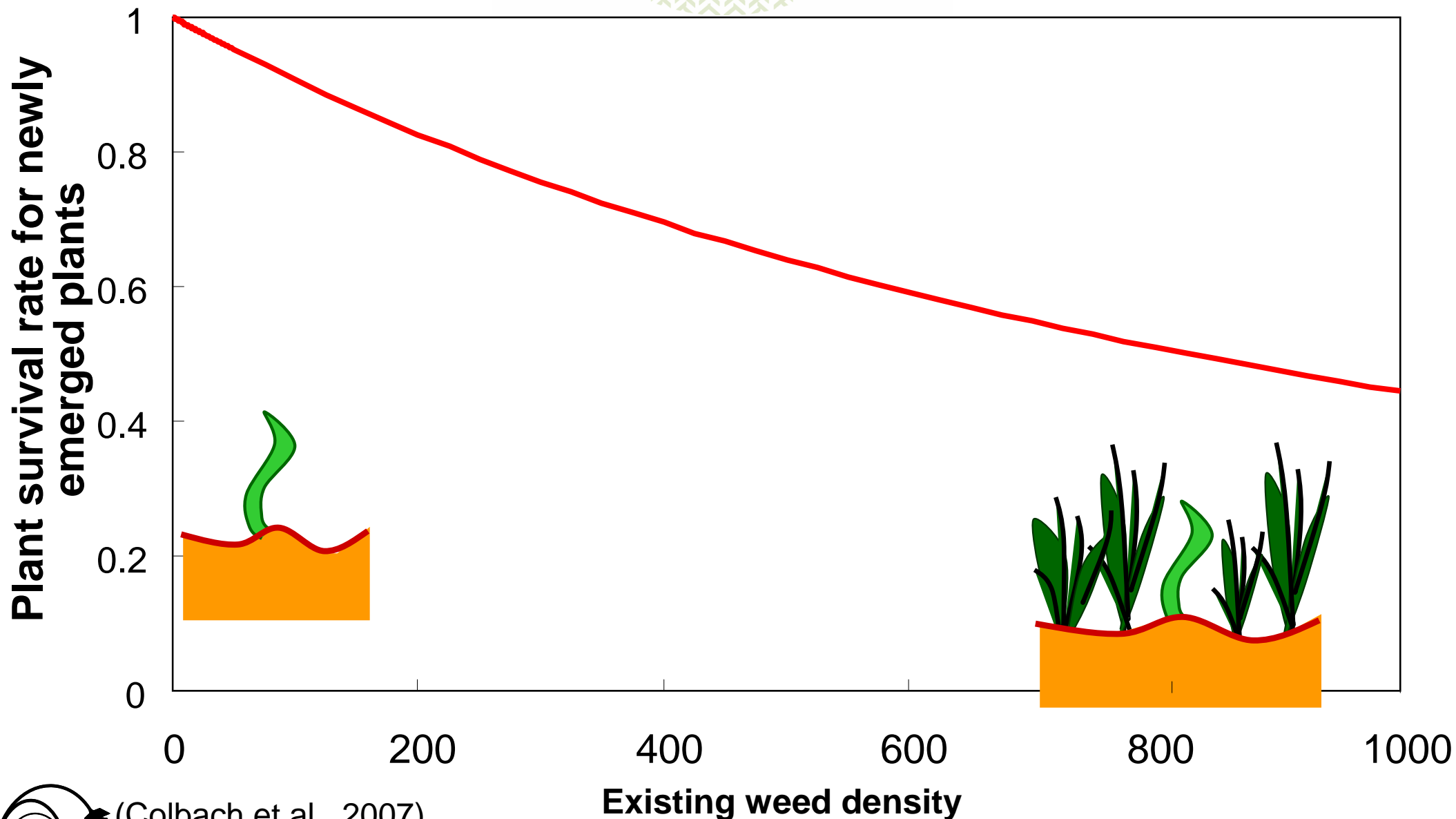
return to SEED BANK

EMERGENCE AT EACH DAY HARVEST AT

(Colbach et al., 2007)

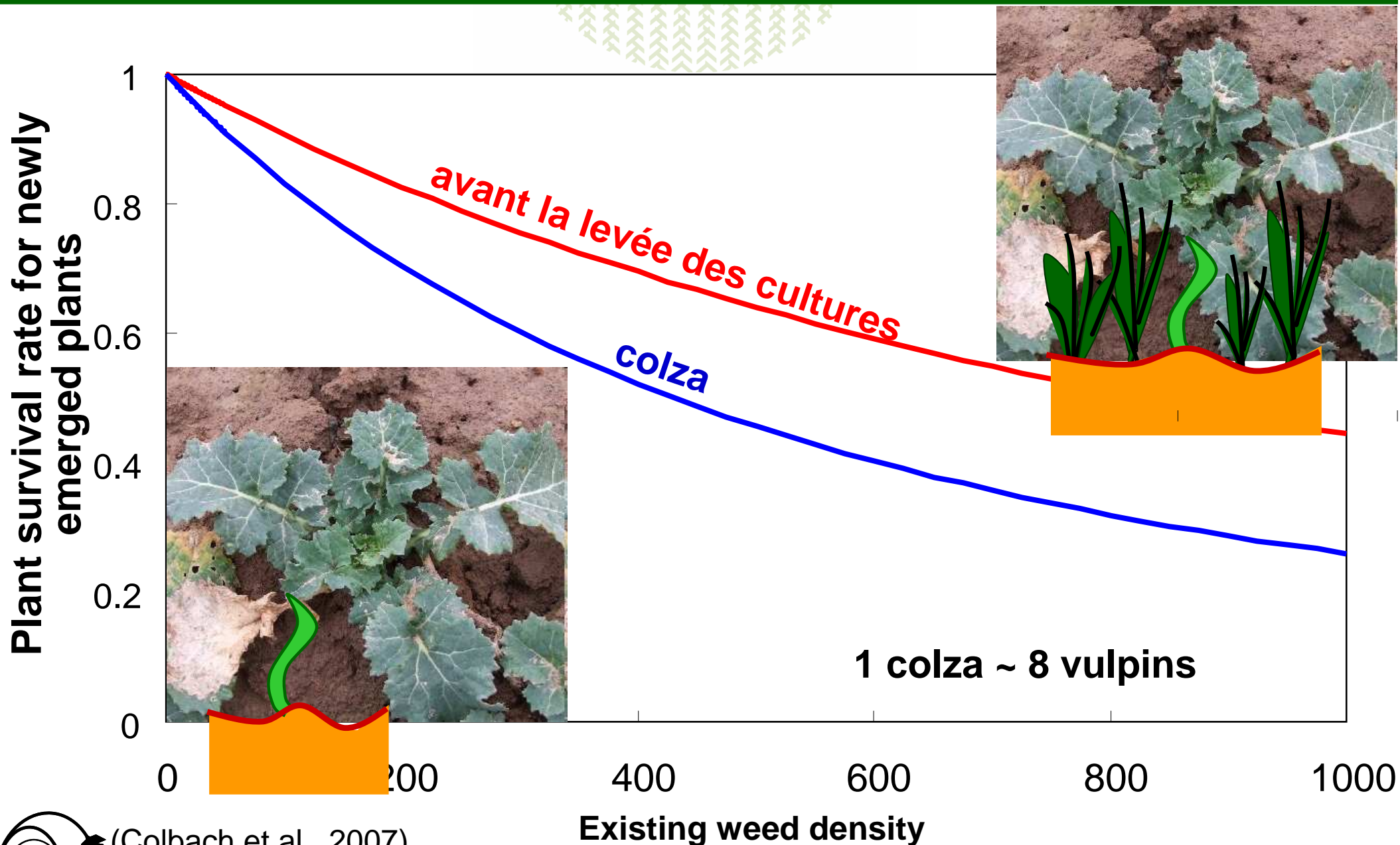


# Survie à la levée: effet densité x culture



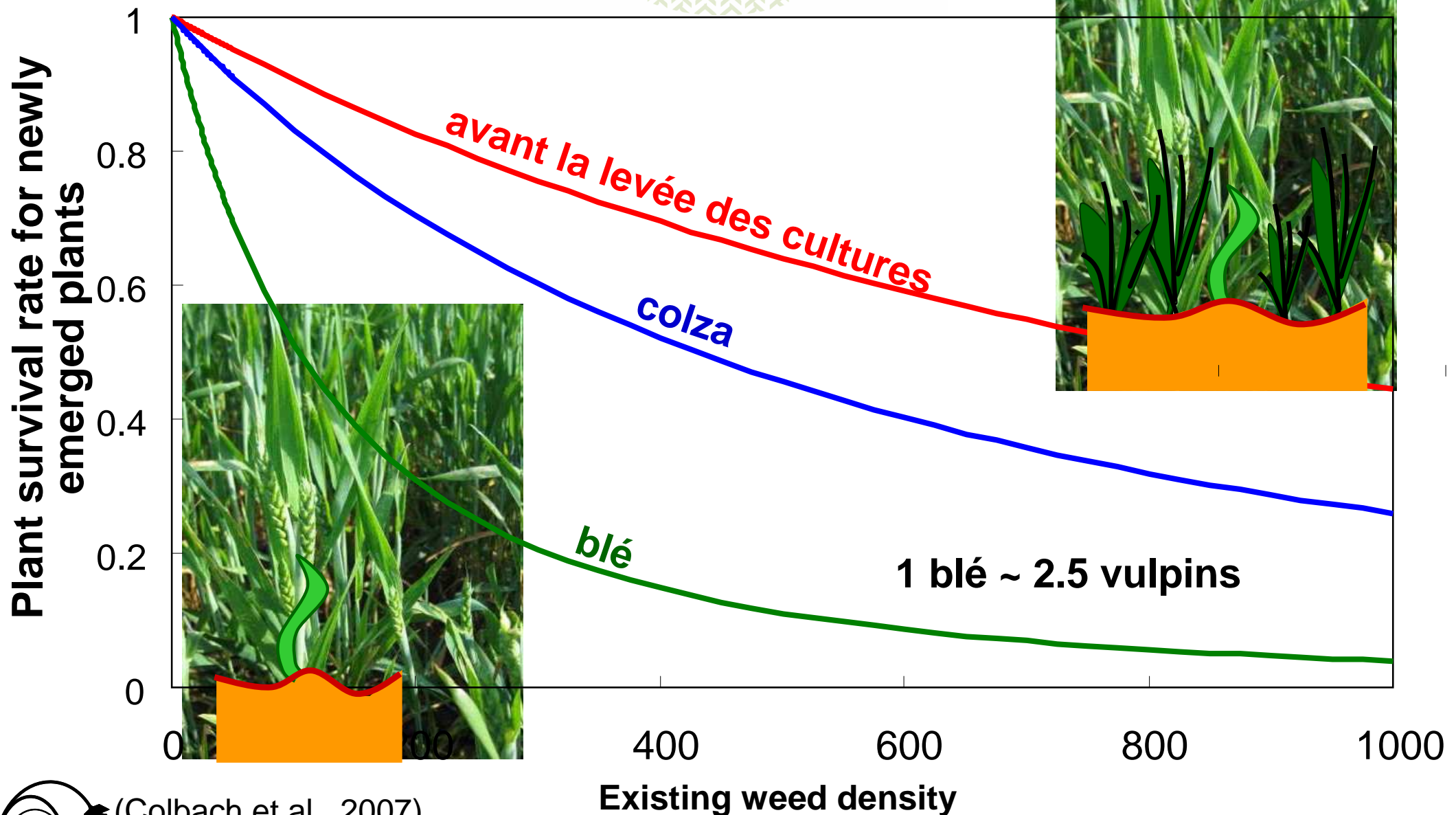
(Colbach et al., 2007)

# Survie à la levée: effet densité x culture



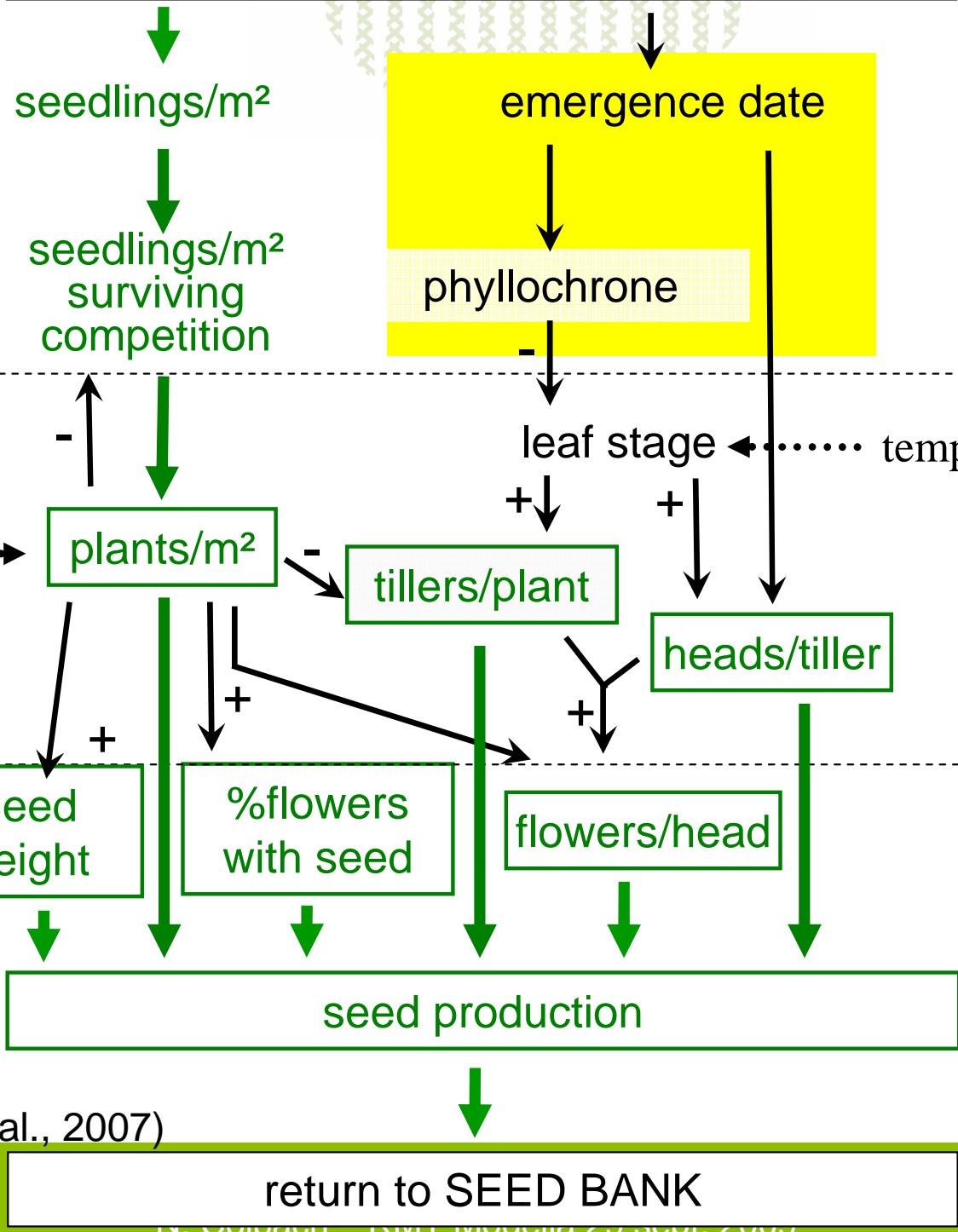
(Colbach et al., 2007)

# Survie à la levée: effet densité x culture



(Colbach et al., 2007)

EMERGENCE model



EMERGENCE AT EACH DAY

HARVEST AT

(Colbach et al., 2007)

