

# **Analyse de données multidimensionnelles**

**De nouveaux développements provenant  
de l'écologie des communautés**

F. Guillaume Blanchet



UNIVERSITÉ DE  
**SHERBROOKE**

# En collaboration avec...



Otso Ovaskainen



Anna Norberg



Tomas Roslin



Leo Duan



Nerea Abrego



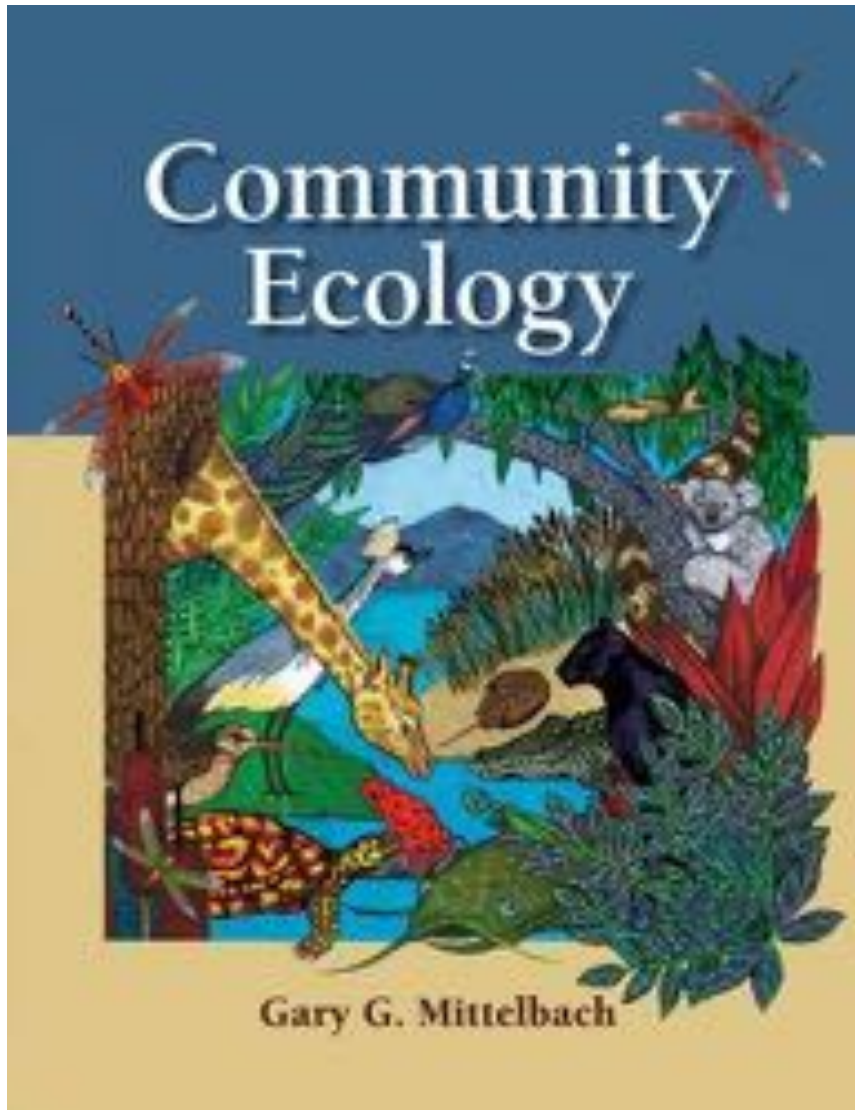
Gleb Tikhonov



David B. Dunson



# Qu'est-ce que l'écologie des communautés ?



« Une communauté est un groupe d'espèces qui se trouvent au même endroit au même moment. »

# Qu'est-ce qui structure une communauté ?

Dispersion



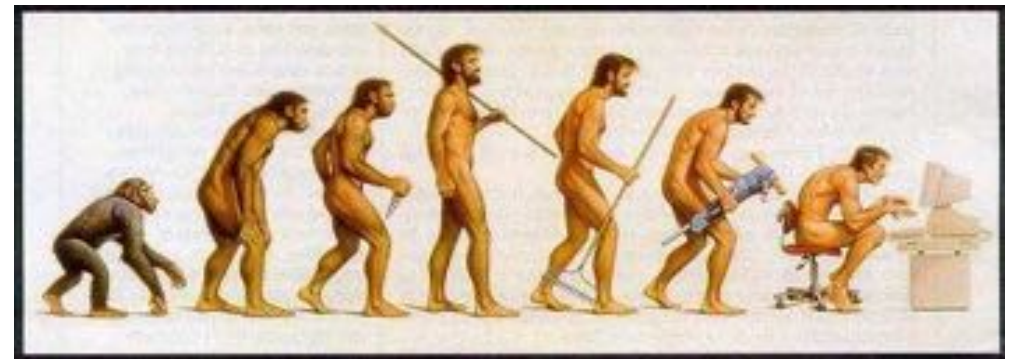
Environnement



Interactions écologiques



Évolution (Génétique)





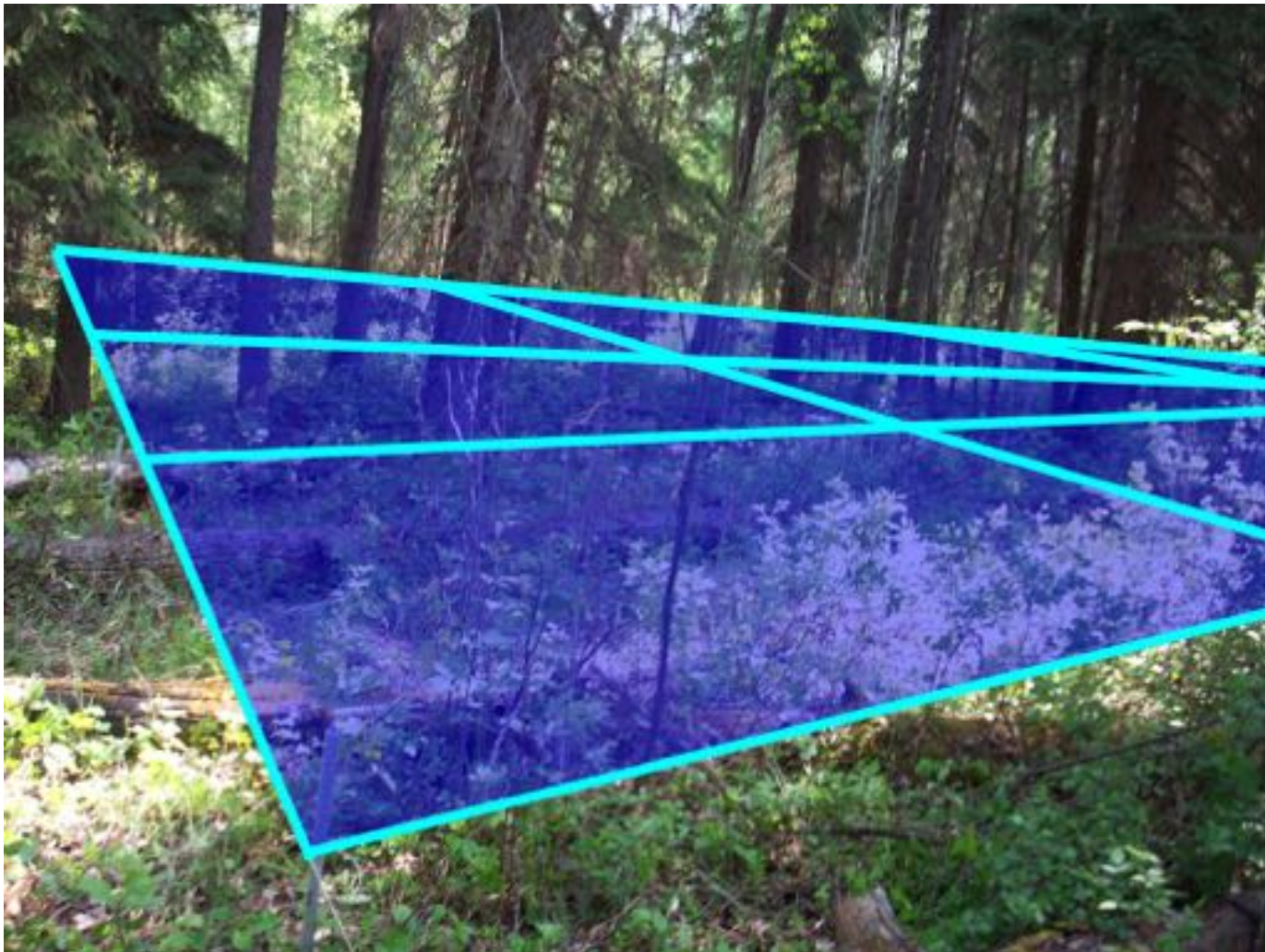
# Comment peut-on mieux comprendre les communautés ?

On va sur le terrain...



# Comment peut-on mieux comprendre les communautés ?

... et on ramasse des choses





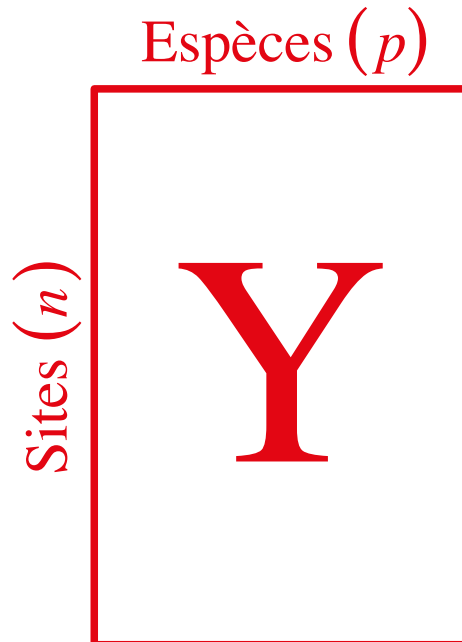
# Comment peut-on mieux comprendre les communautés ?

... et on ramasse des choses

Des choses vivantes



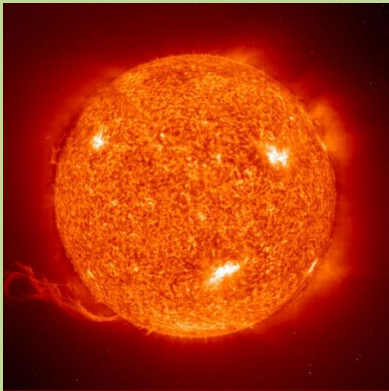
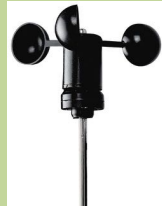
	Espèce A	Espèce B	Espèce C
Site 1	0	1	0
Site 2	1	0	0
Site 3	0	0	1



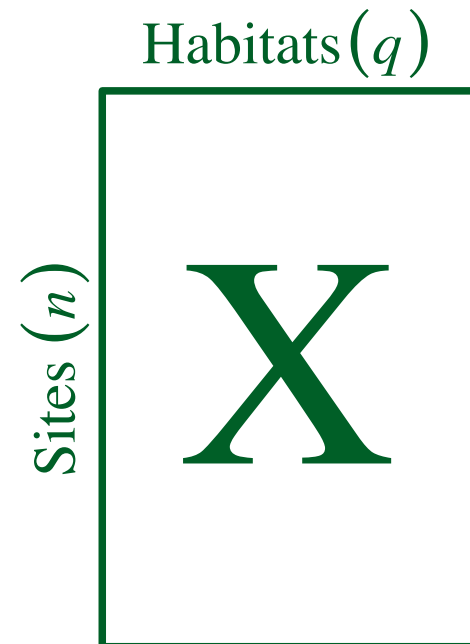
# Comment peut-on mieux comprendre les communautés ?

... et on ramasse des choses

Des choses qui ne vivent pas



	Covariable a	Covariable b	Covariable c
Site 1	0.3	3.66	54.2
Site 2	1.5	8.02	13.5
Site 3	2.4	2.56	21.4





# Comment peut-on mieux comprendre les communautés ?

Et on va au laboratoire...



# Comment peut-on mieux comprendre les communautés ?

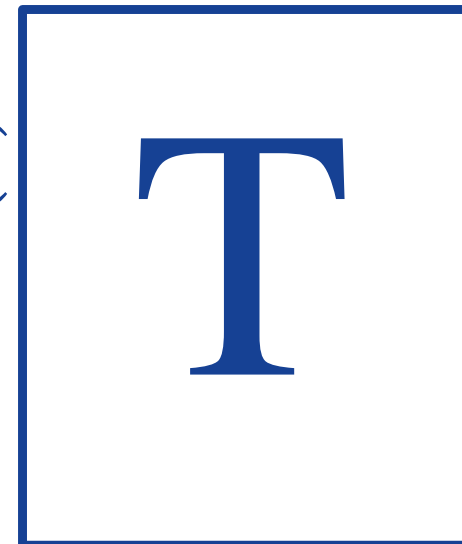
... et on mesure les choses vivantes



	Espèce A	Espèce B	Espèce C
Trait 1	2.3	1.4	0.8
Trait 2	1.4	2.6	3.5
Trait 3	200.3	356.2	153.5

Espèces ( $p$ )

Traits ( $m$ )



# Comment peut-on mieux comprendre les communautés ?

... et on considère les interactions



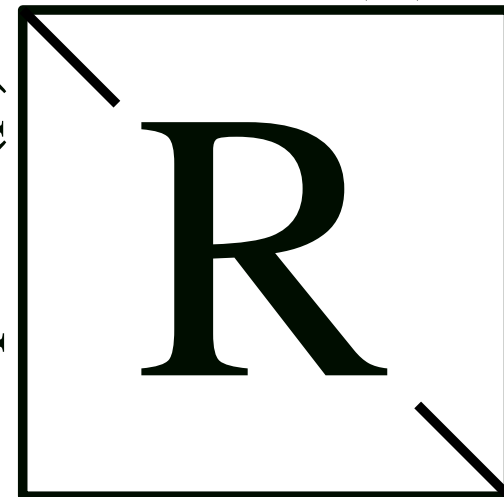
+



	Espèce A	Espèce B	Espèce C
Espèce A	1	0.3	0.9
Espèce B	0.3	1	-0.1
Espèce C	0.9	-0.1	1

Espèces ( $p$ )

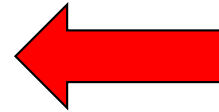
Espèces ( $p$ )



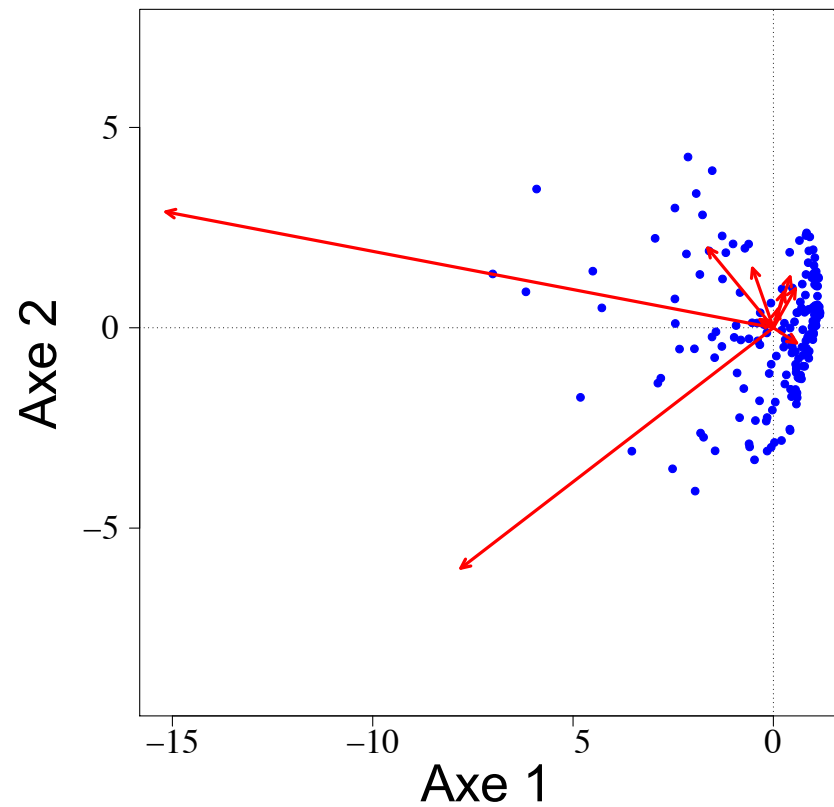


# Un peu d'histoire

	Espèce A	Espèce B	Espèce C
Site 1	0	2	5
Site 2	0	0	200
Site 3	500	100	300



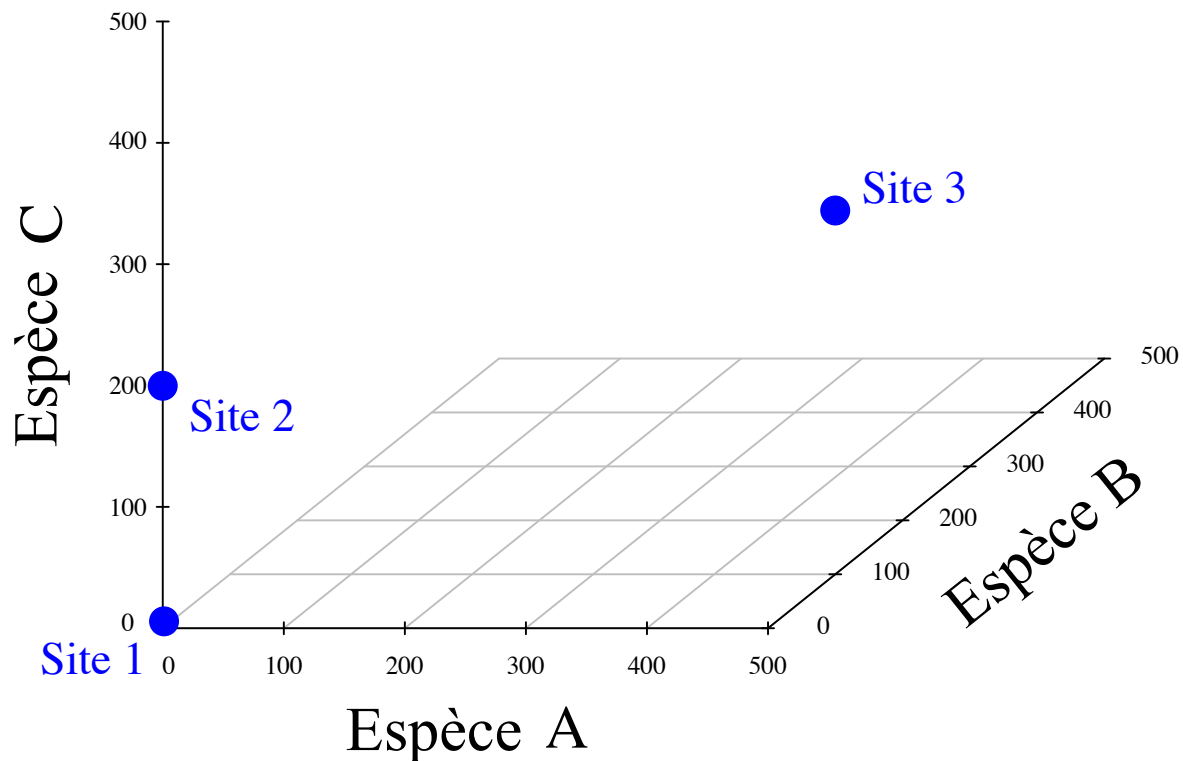
**Matrice de communauté**



**Ordinations**

# Un peu d'histoire

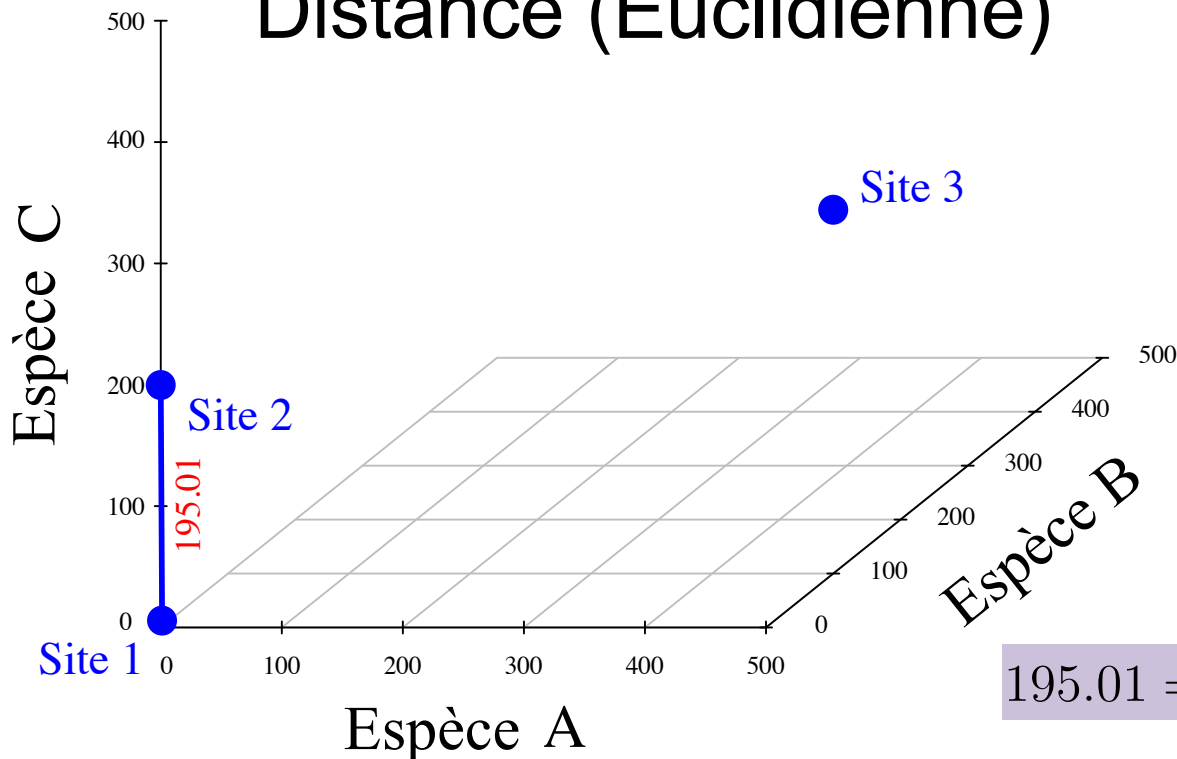
	Espèce A	Espèce B	Espèce C
Site 1	0	2	5
Site 2	0	0	200
Site 3	500	100	300



# Un peu d'histoire

	Espèce A	Espèce B	Espèce C
Site 1	0	2	5
Site 2	0	0	200
Site 3	500	100	300

## Distance (Euclidienne)



$$195.01 = \sqrt{(0 - 0)^2 + (2 - 0)^2 + (5 - 200)^2}$$

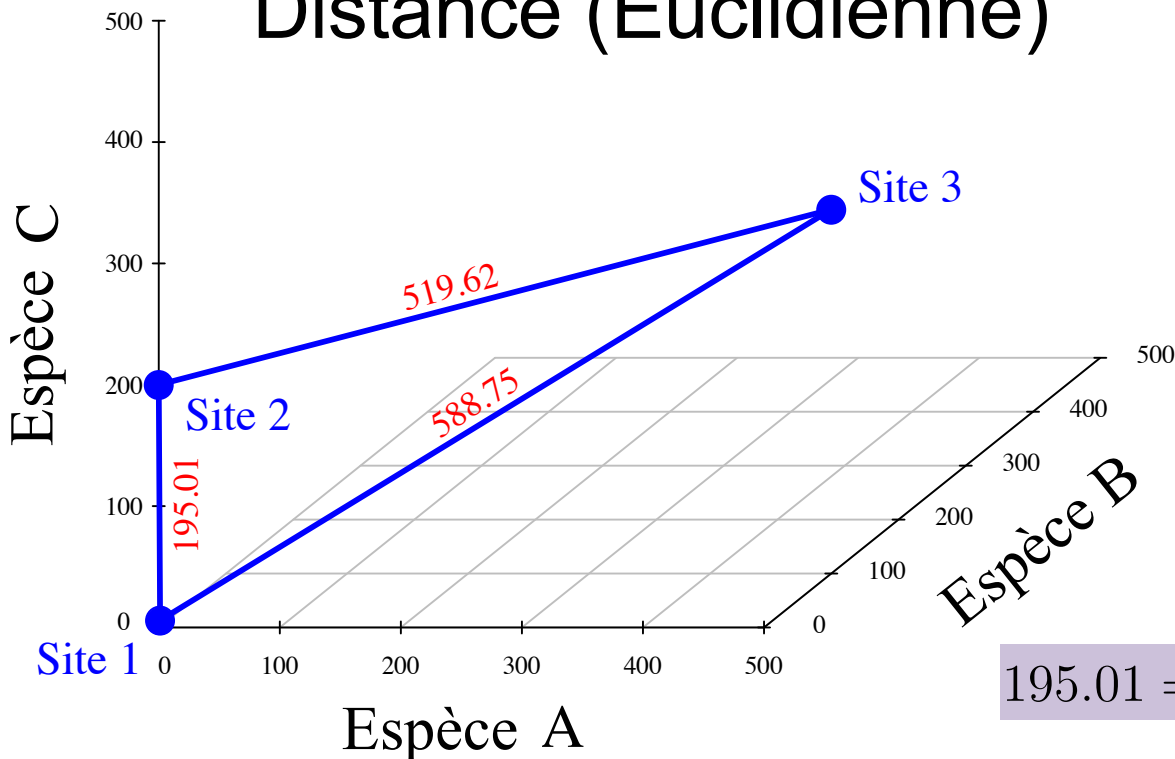


# Un peu d'histoire

	Espèce A	Espèce B	Espèce C
Site 1	0	2	5
Site 2	0	0	200
Site 3	500	100	300

	Site 1	Site 2	Site 3
Site 1	0	195.01	588.75
Site 2	195.01	0	519.62
Site 3	588.75	519.62	0

Distance (Euclidienne)



**Matrice  
ressemblance**

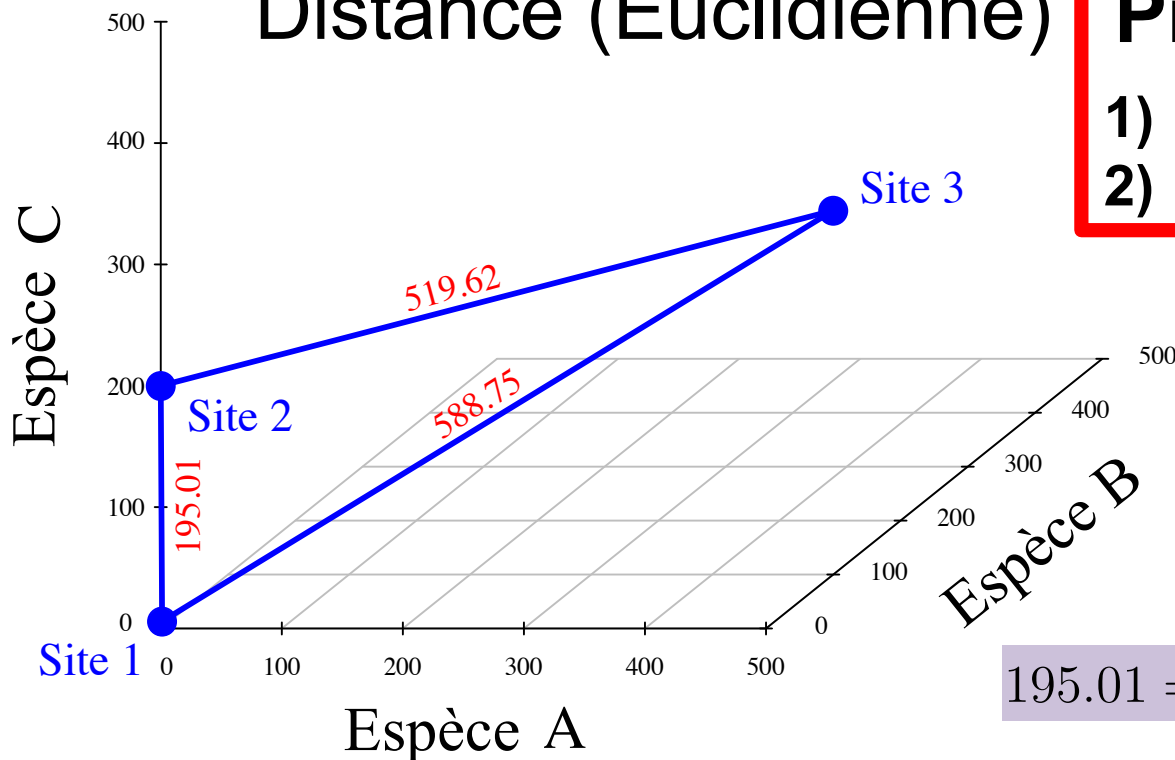
$$195.01 = \sqrt{(0 - 0)^2 + (2 - 0)^2 + (5 - 200)^2}$$

# Un peu d'histoire

	Espèce A	Espèce B	Espèce C
Site 1	0	2	5
Site 2	0	0	200
Site 3	500	100	300

	Site 1	Site 2	Site 3
Site 1	0	195.01	588.75
Site 2	195.01	0	519.62
Site 3	588.75	519.62	0

Distance (Euclidienne)



## Problèmes

- 1) Pas de prédictions possibles
- 2) Peu flexible

$$195.01 = \sqrt{(0 - 0)^2 + (2 - 0)^2 + (5 - 200)^2}$$

# Développement méthodologique

Modèle Bayésien hiérarchique

$$P(\text{Modèle}|\text{Données}) \propto \underbrace{P(\text{Données}|\text{Modèle})}_{\text{Vraisemblance}} \underbrace{P(\text{Modèle})}_{\text{Prior}}$$

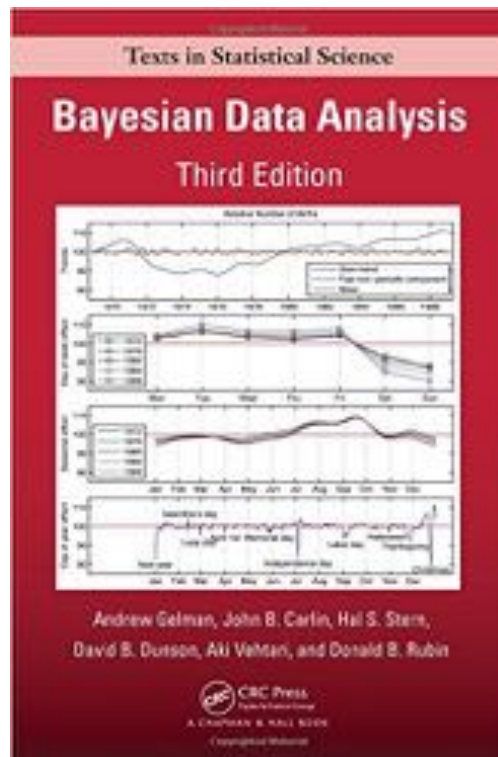


# Développement méthodologique

## Modèle Bayésien hiérarchique

$$P(\text{Modèle}|\text{Données}) \propto \underbrace{P(\text{Données}|\text{Modèle})}_{\text{Vraisemblance}} \underbrace{P(\text{Modèle})}_{\text{Prior}}$$

## Estimation via des lois *a priori* conjuguées naturelles



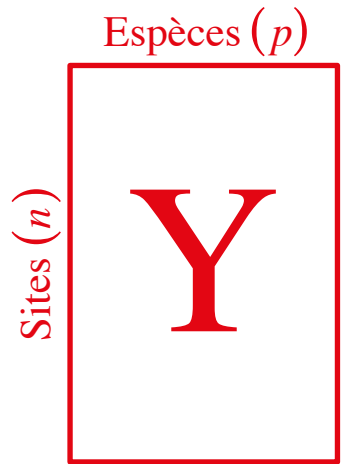
### Loi *a priori* conjuguées naturelles

La loi *a priori* a la même forme fonctionnelle que la loi associée à la vraisemblance

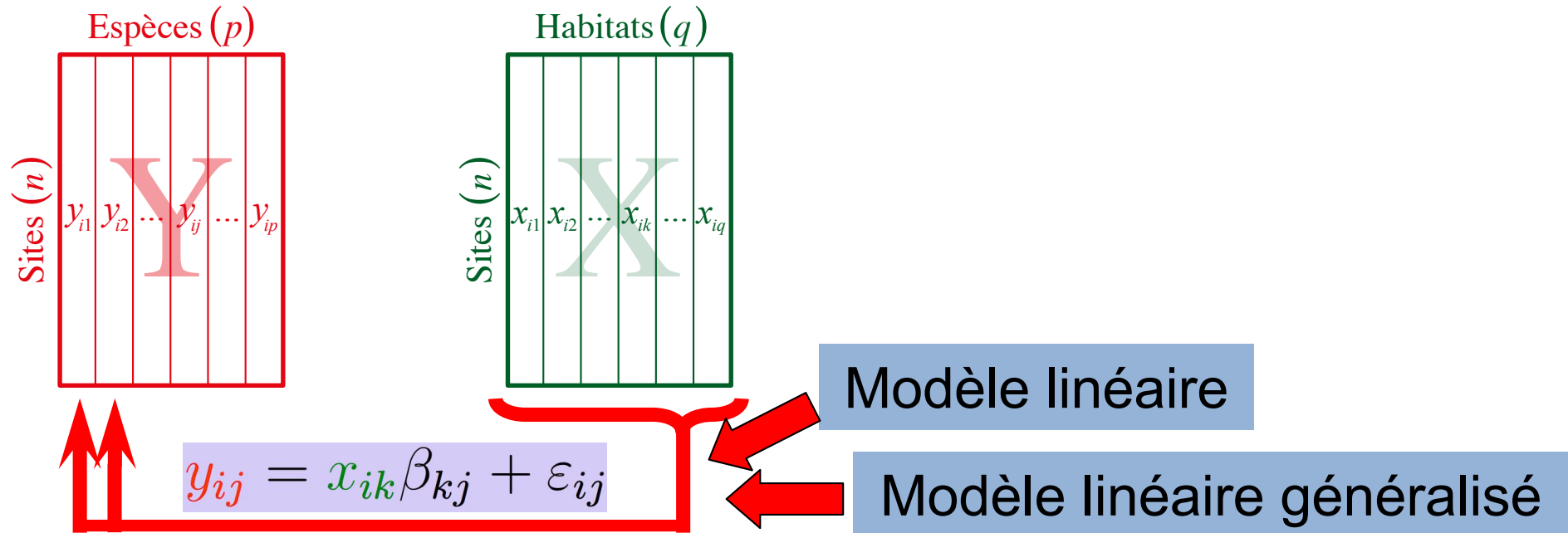
### Avantage

Estimation plus rapide (avec MCMC)

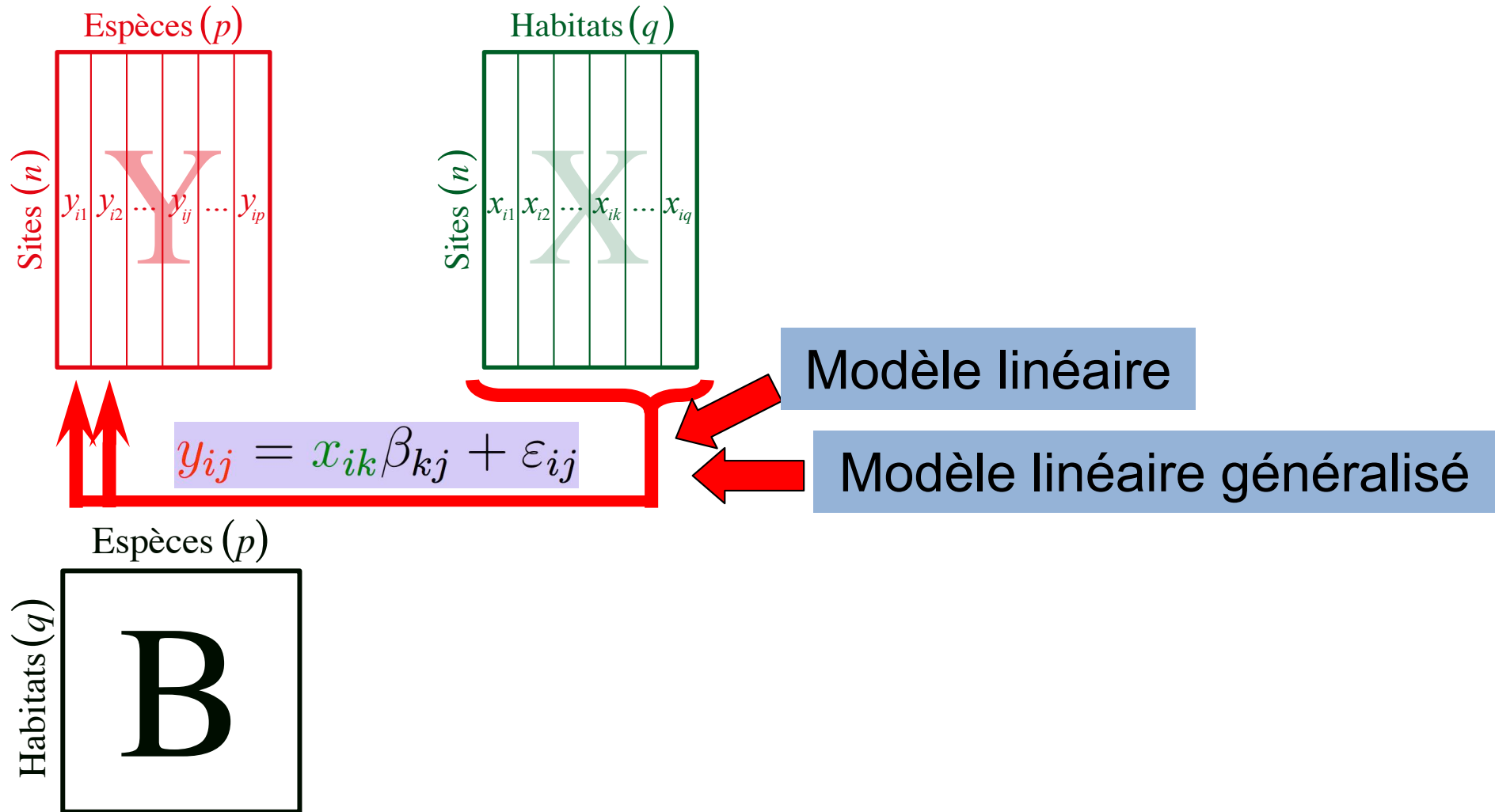
# Développement méthodologique



# Développement méthodologique

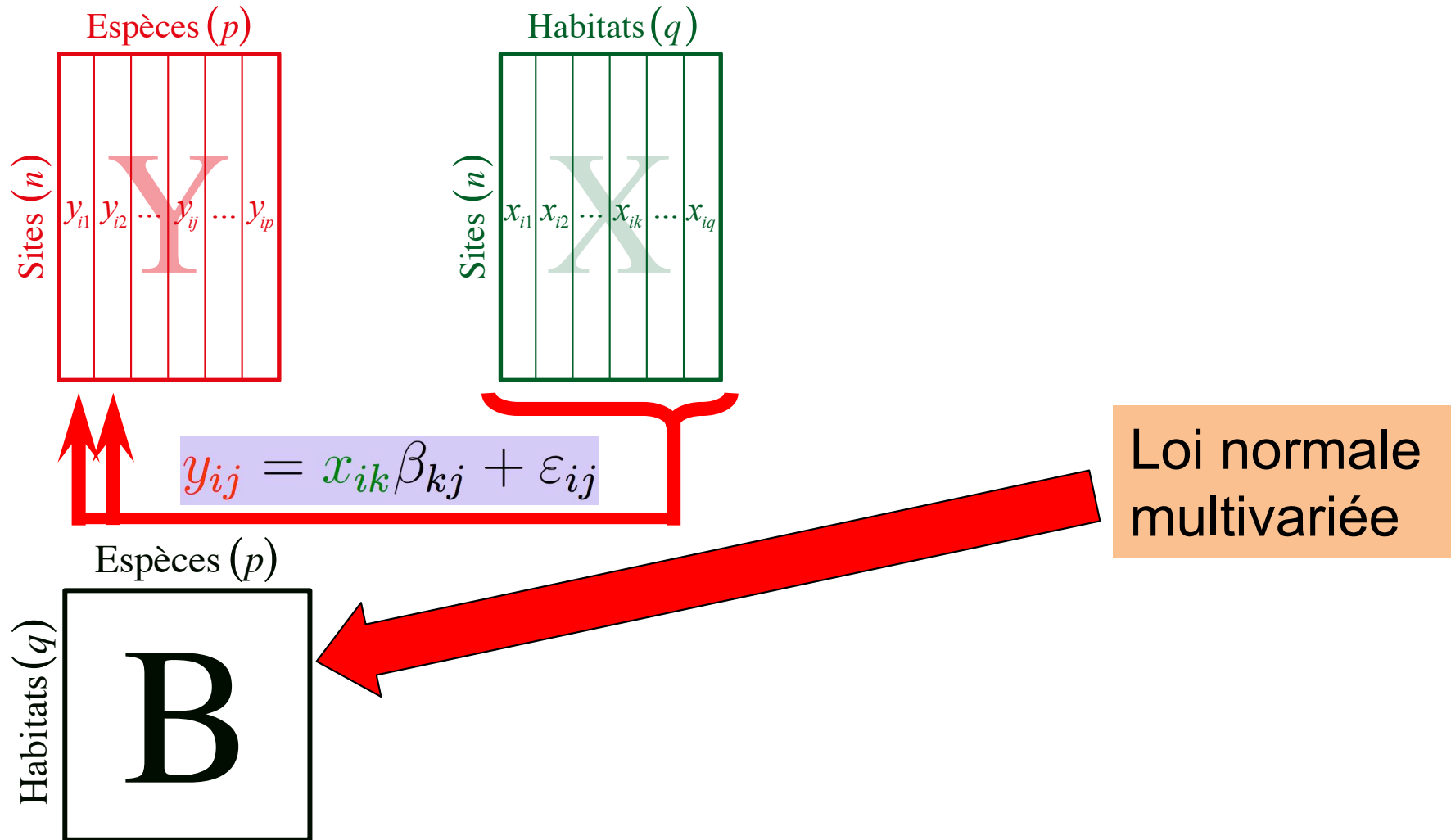


# Développement méthodologique

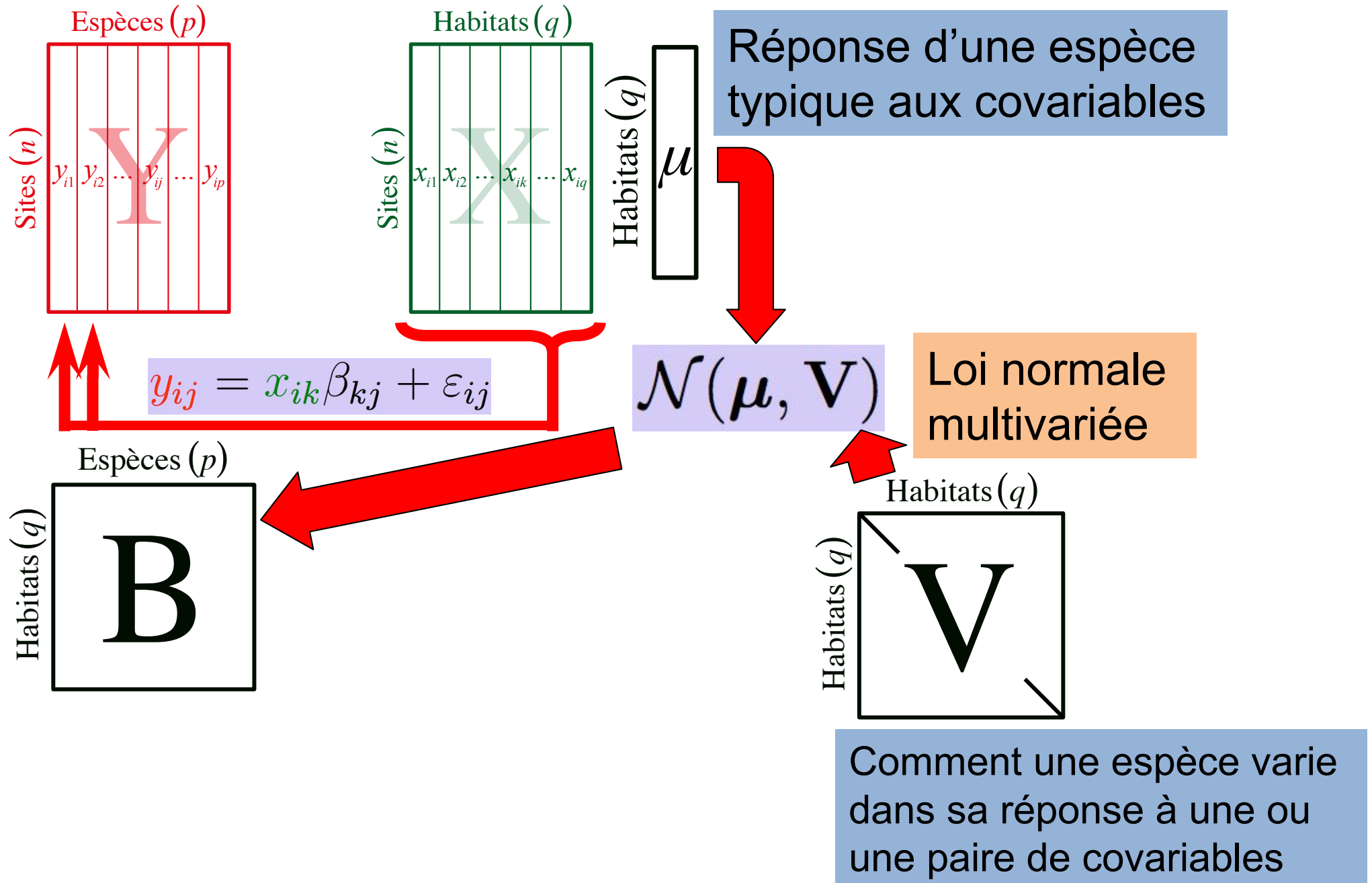




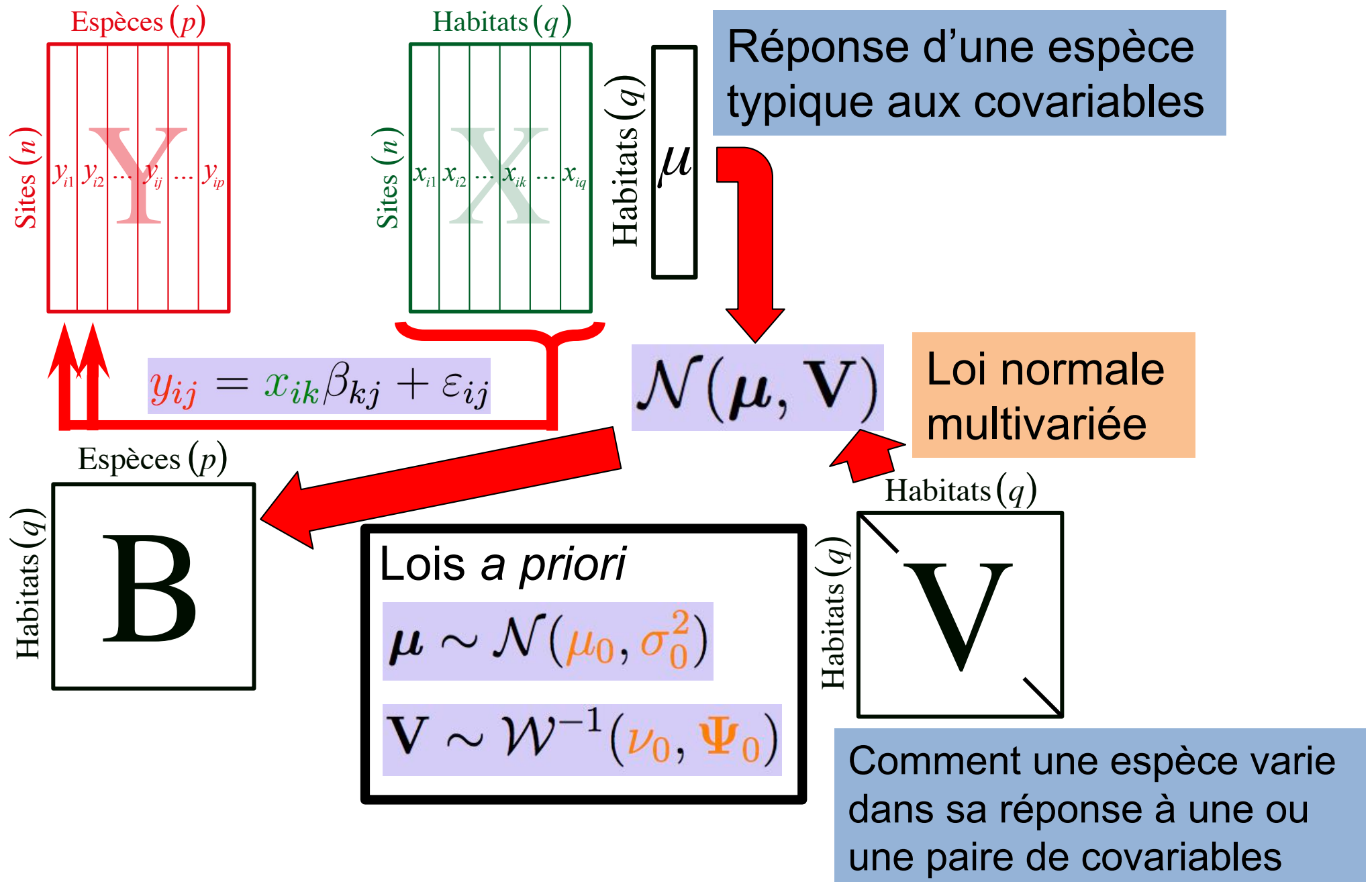
# Développement méthodologique



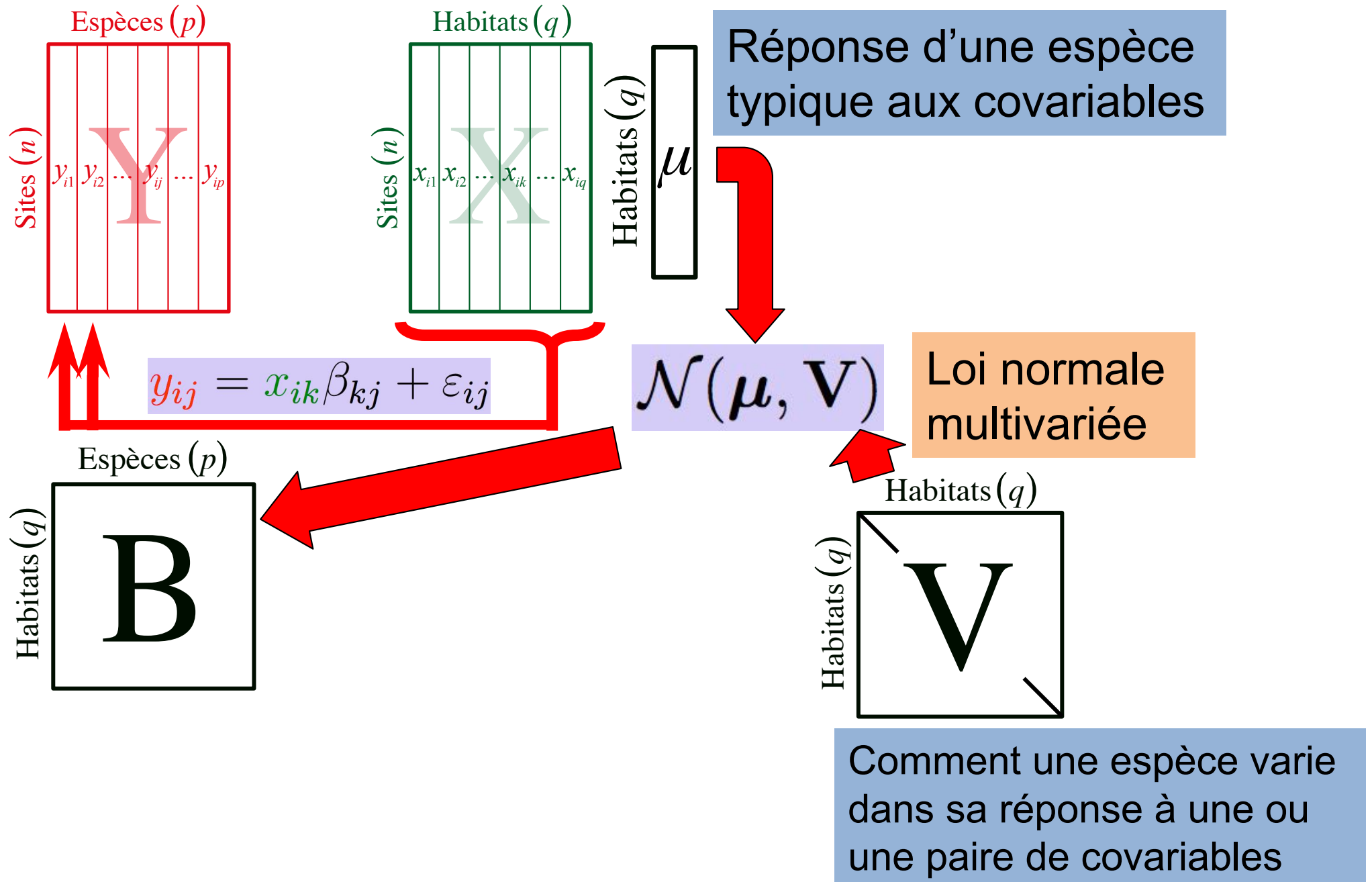
# Développement méthodologique



# Développement méthodologique

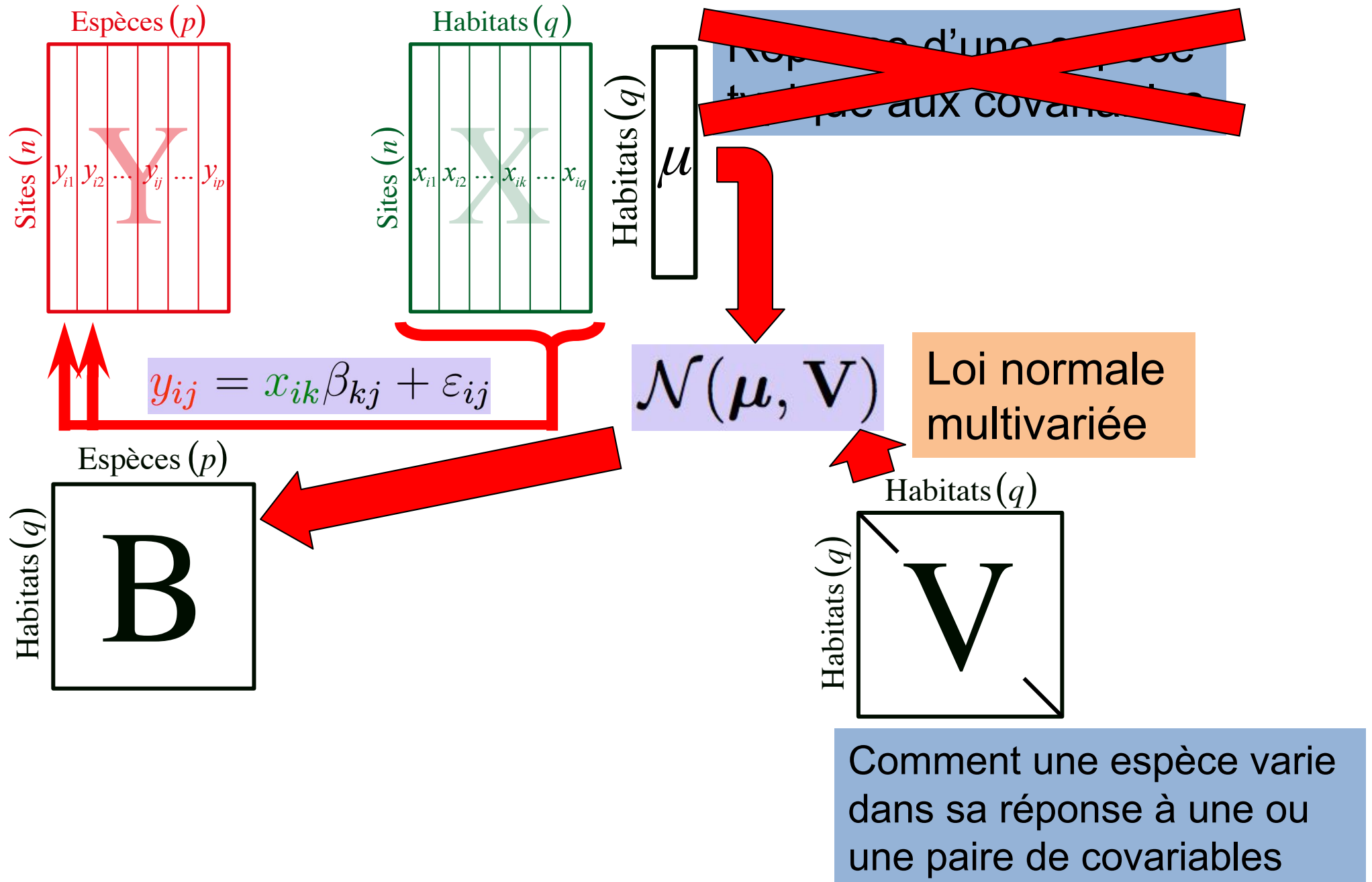


# Développement méthodologique

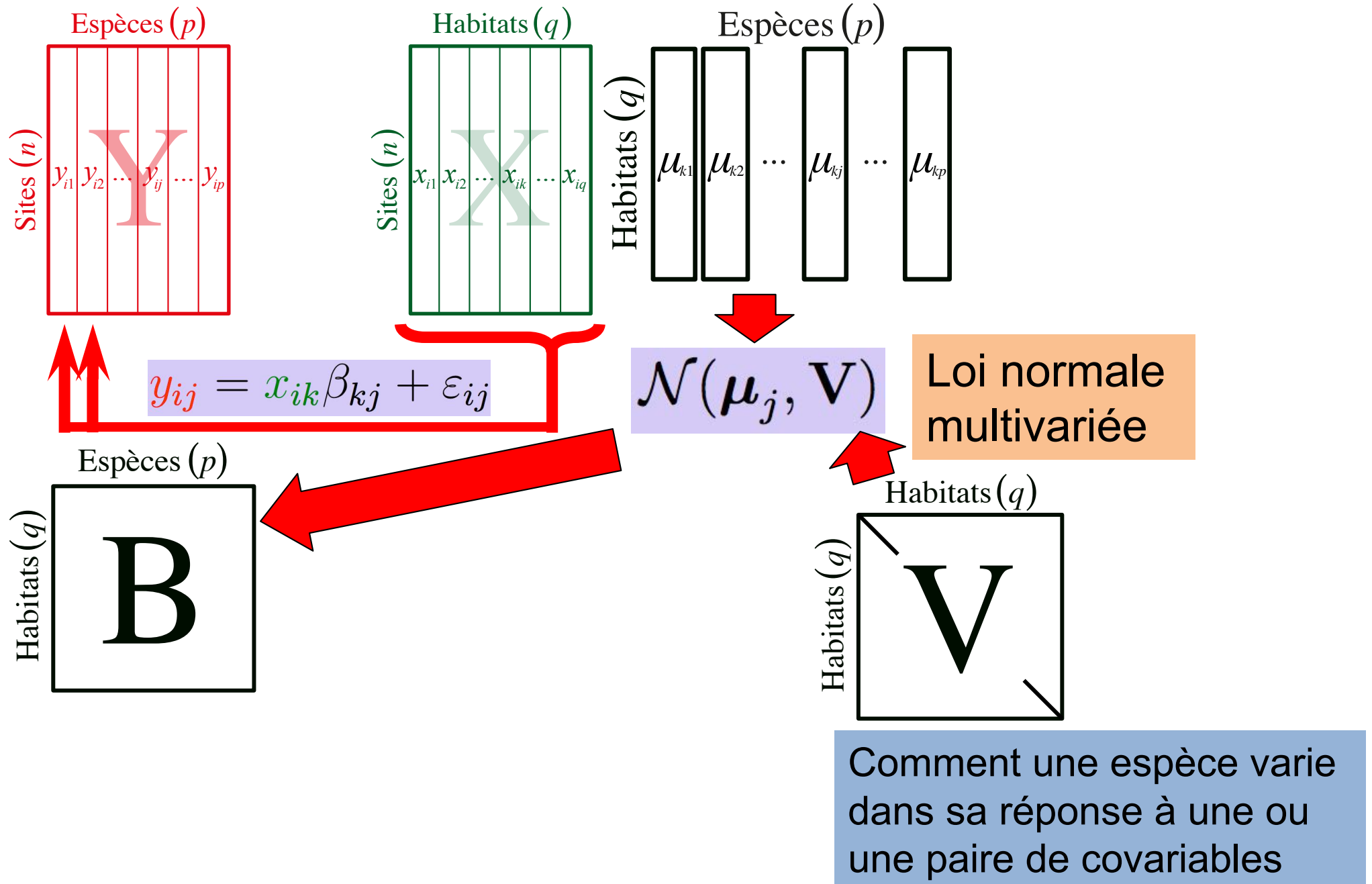




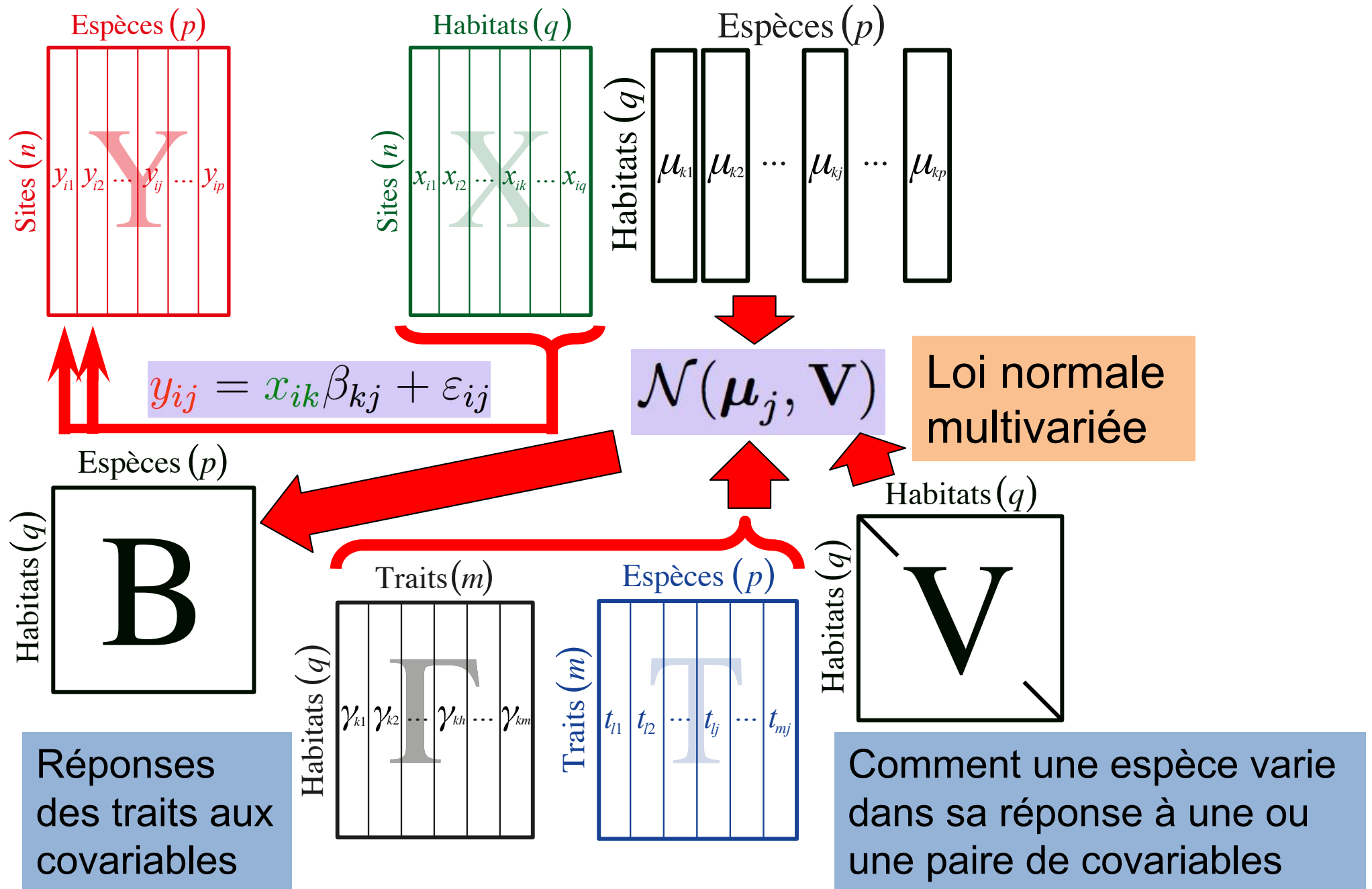
# Développement méthodologique



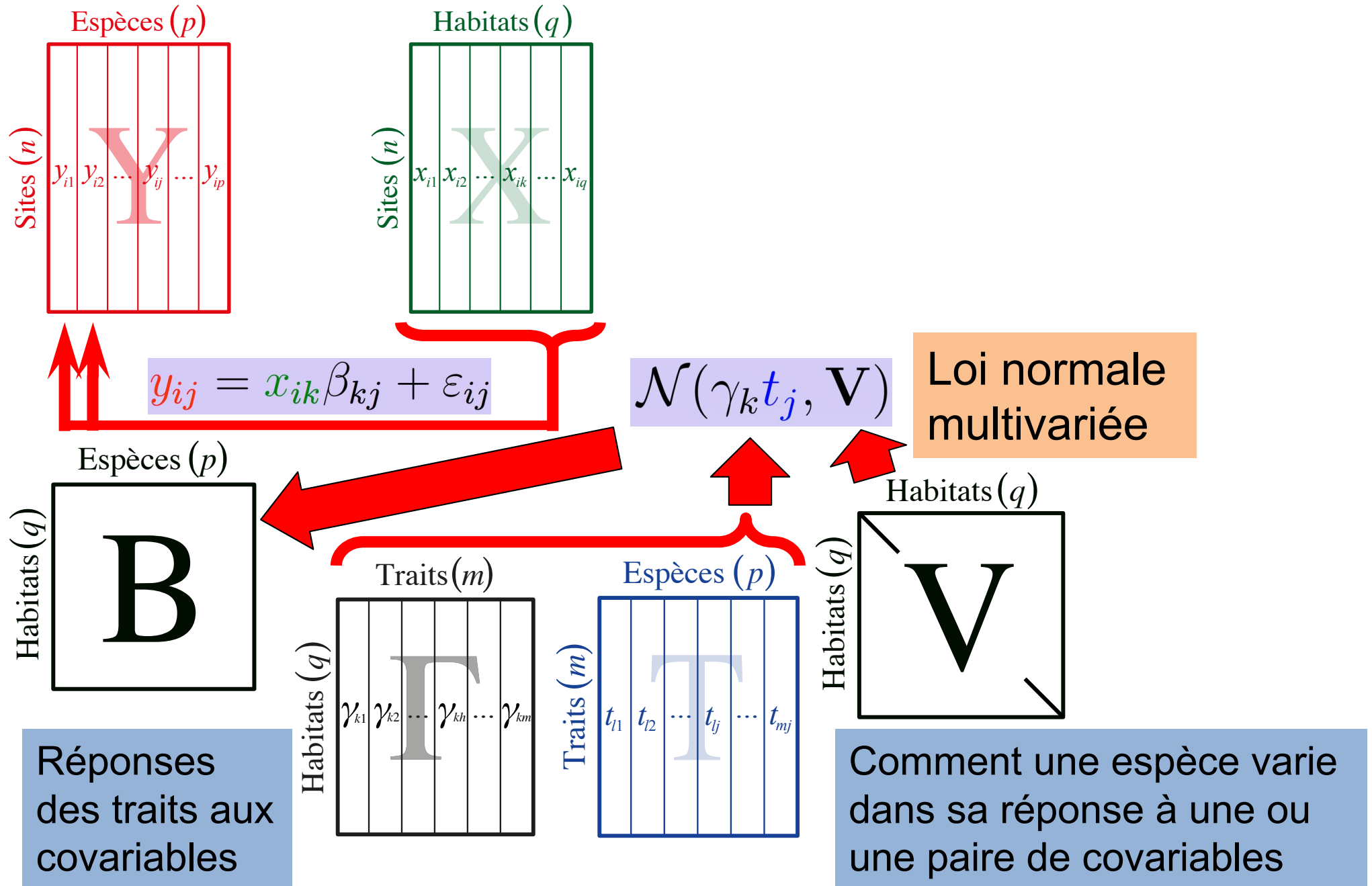
# Développement méthodologique



# Développement méthodologique

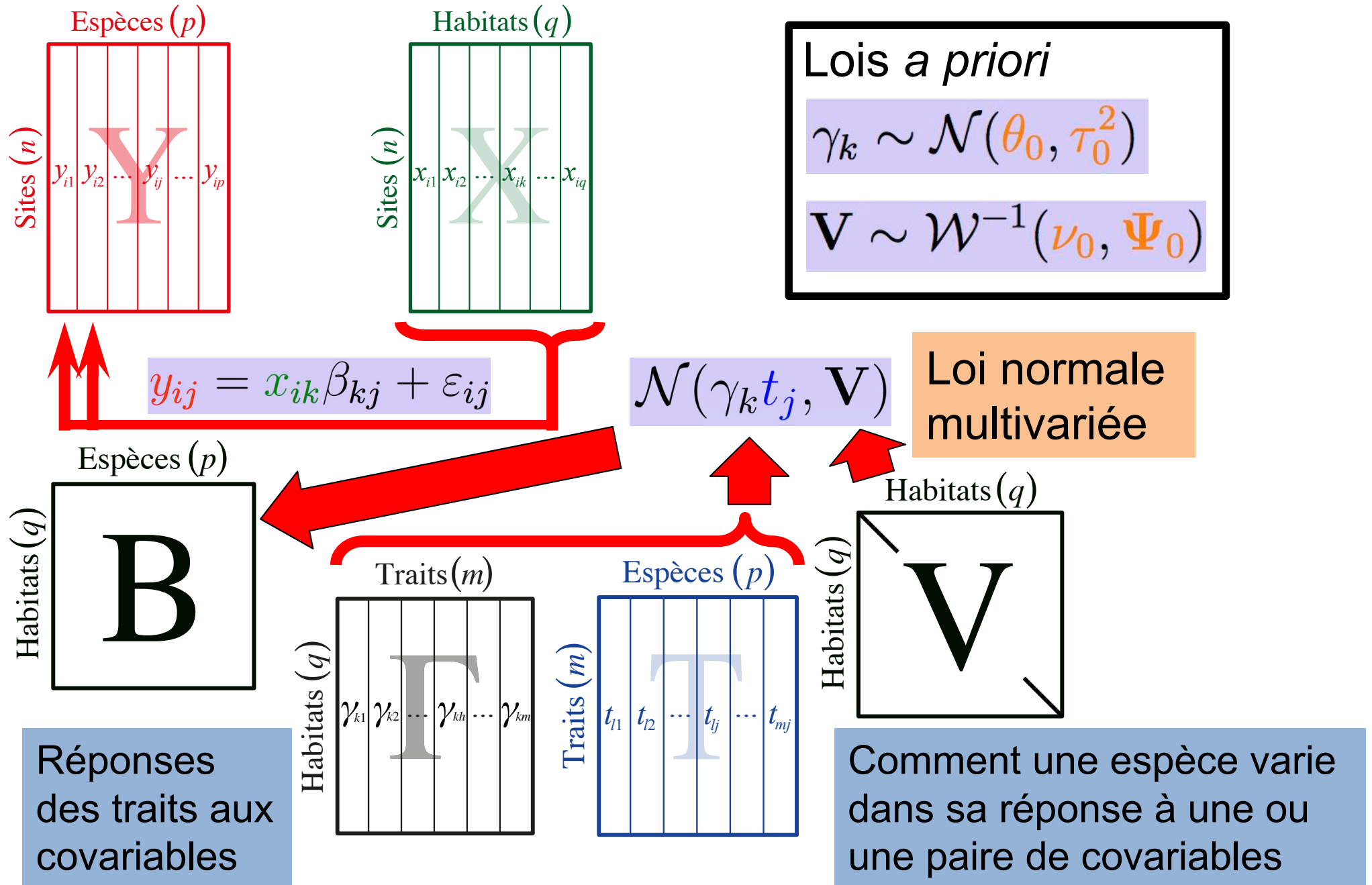


# Développement méthodologique

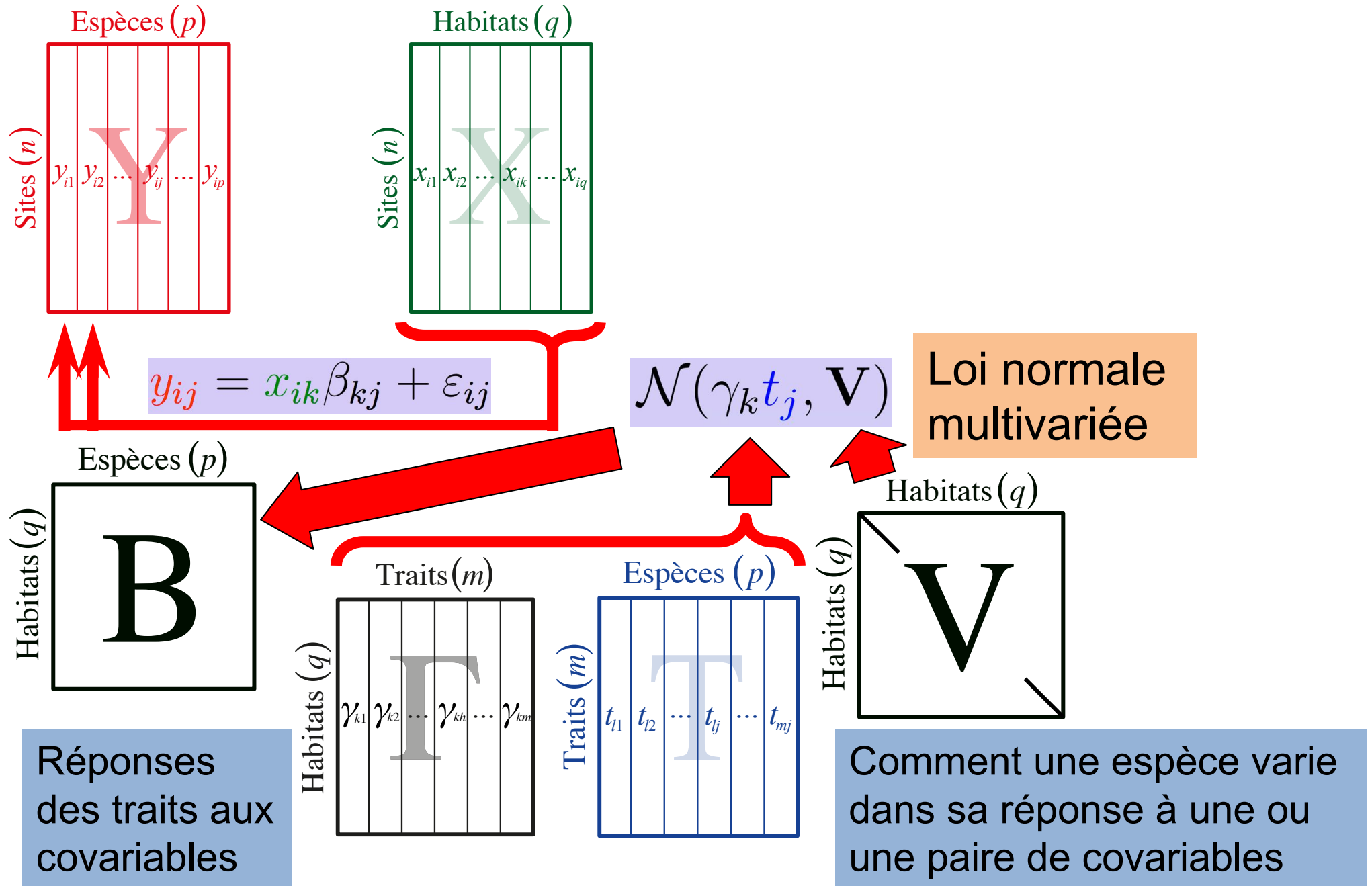




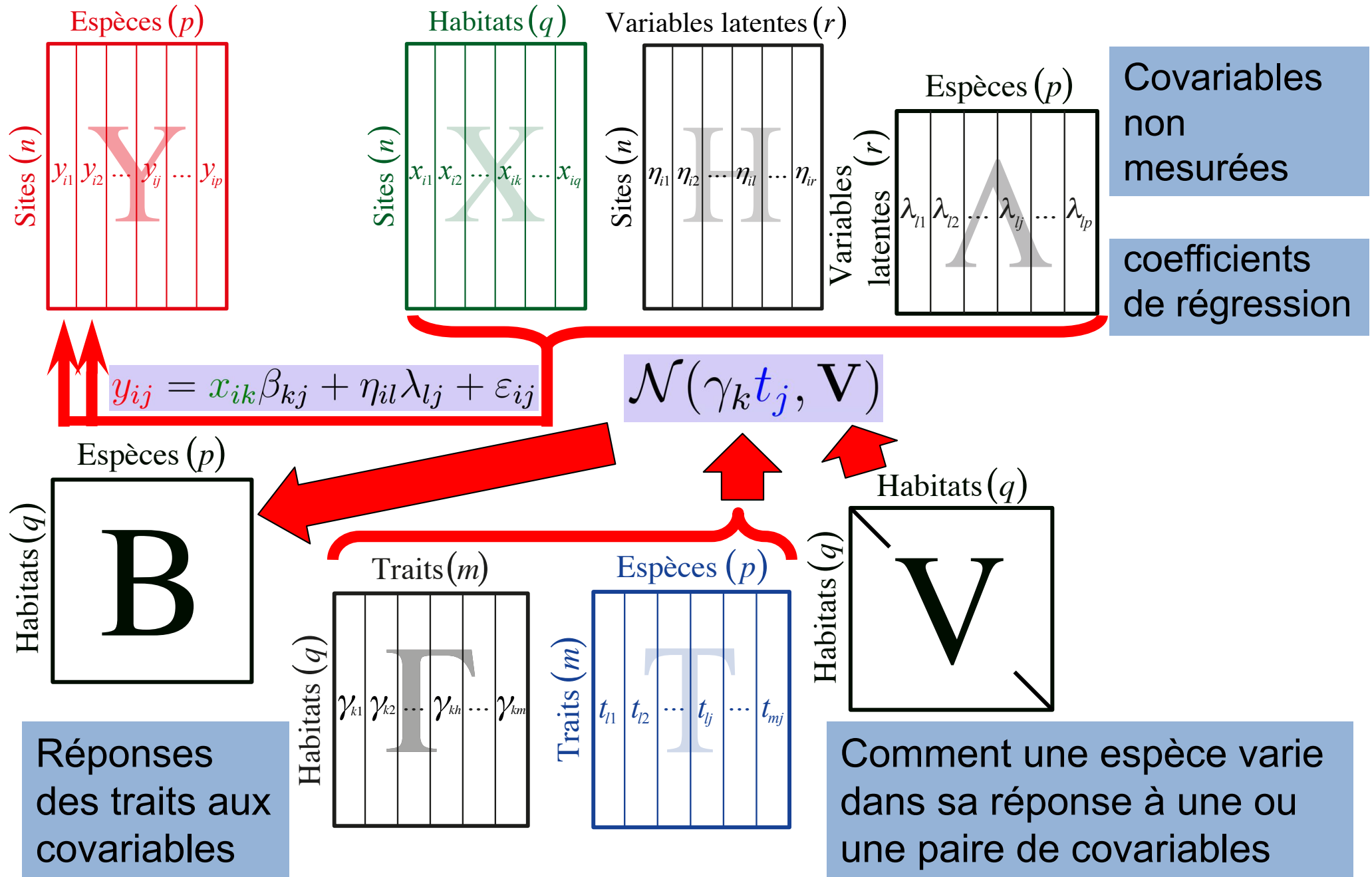
# Développement méthodologique



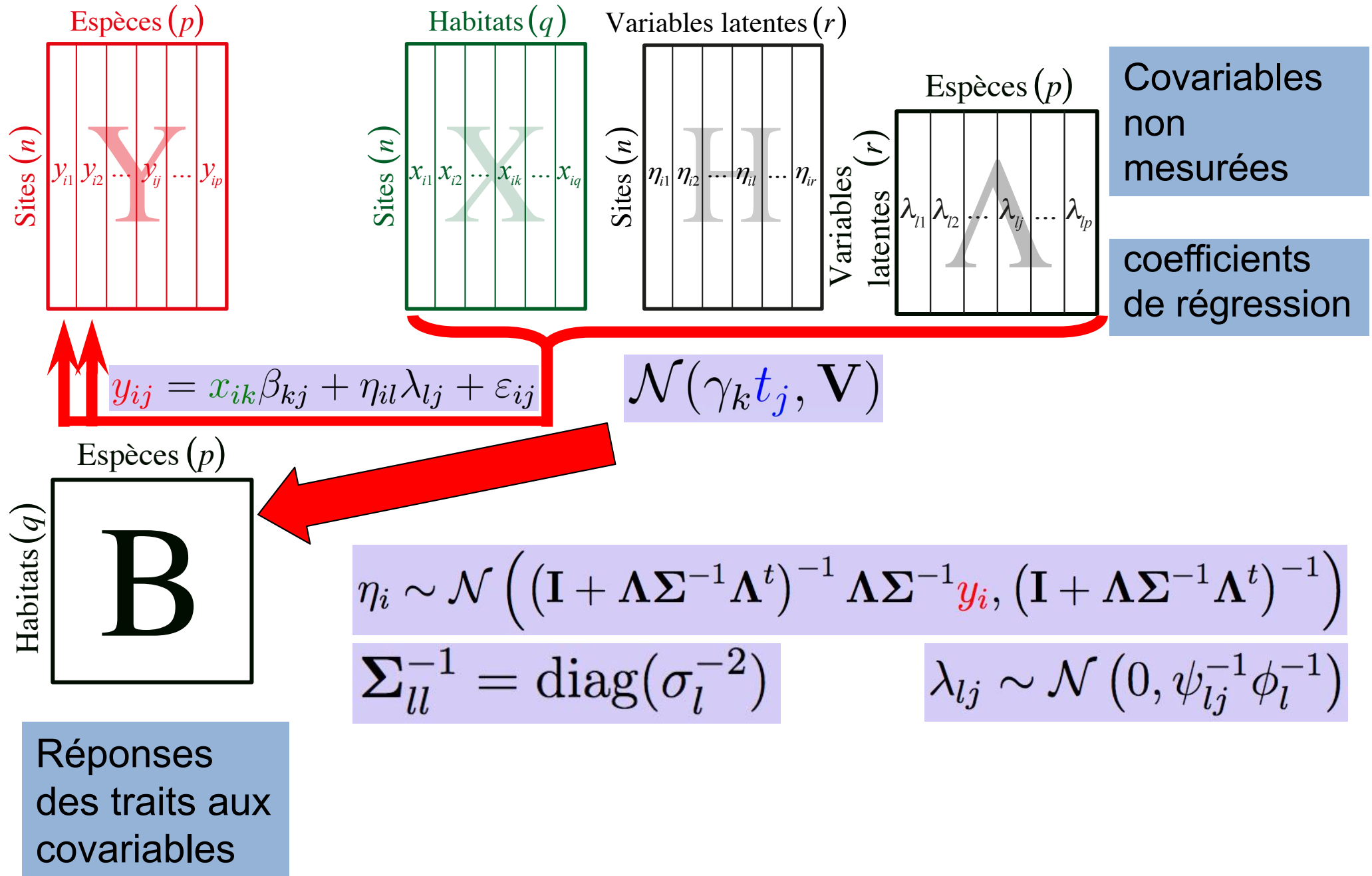
# Développement méthodologique



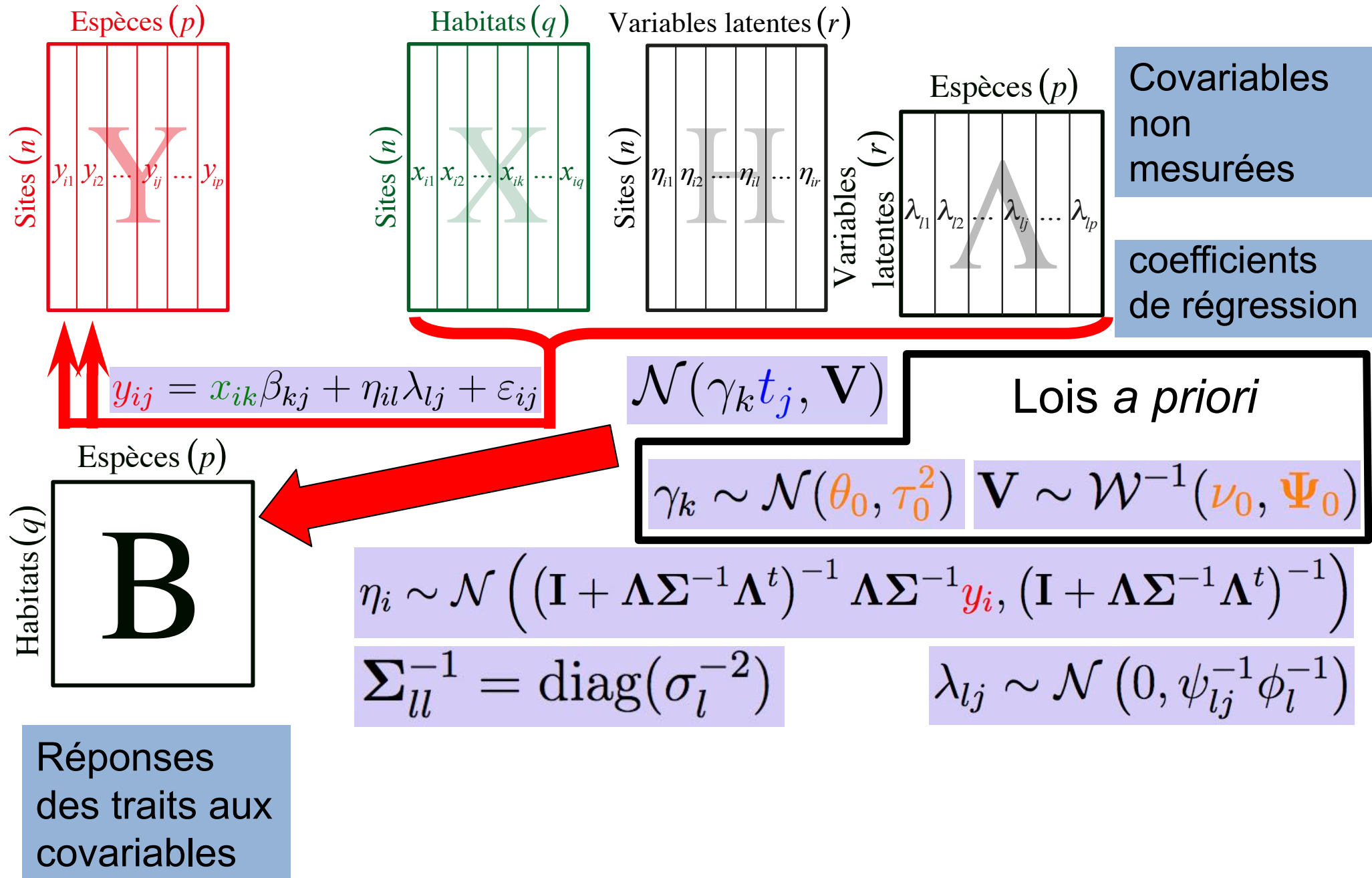
# Développement méthodologique



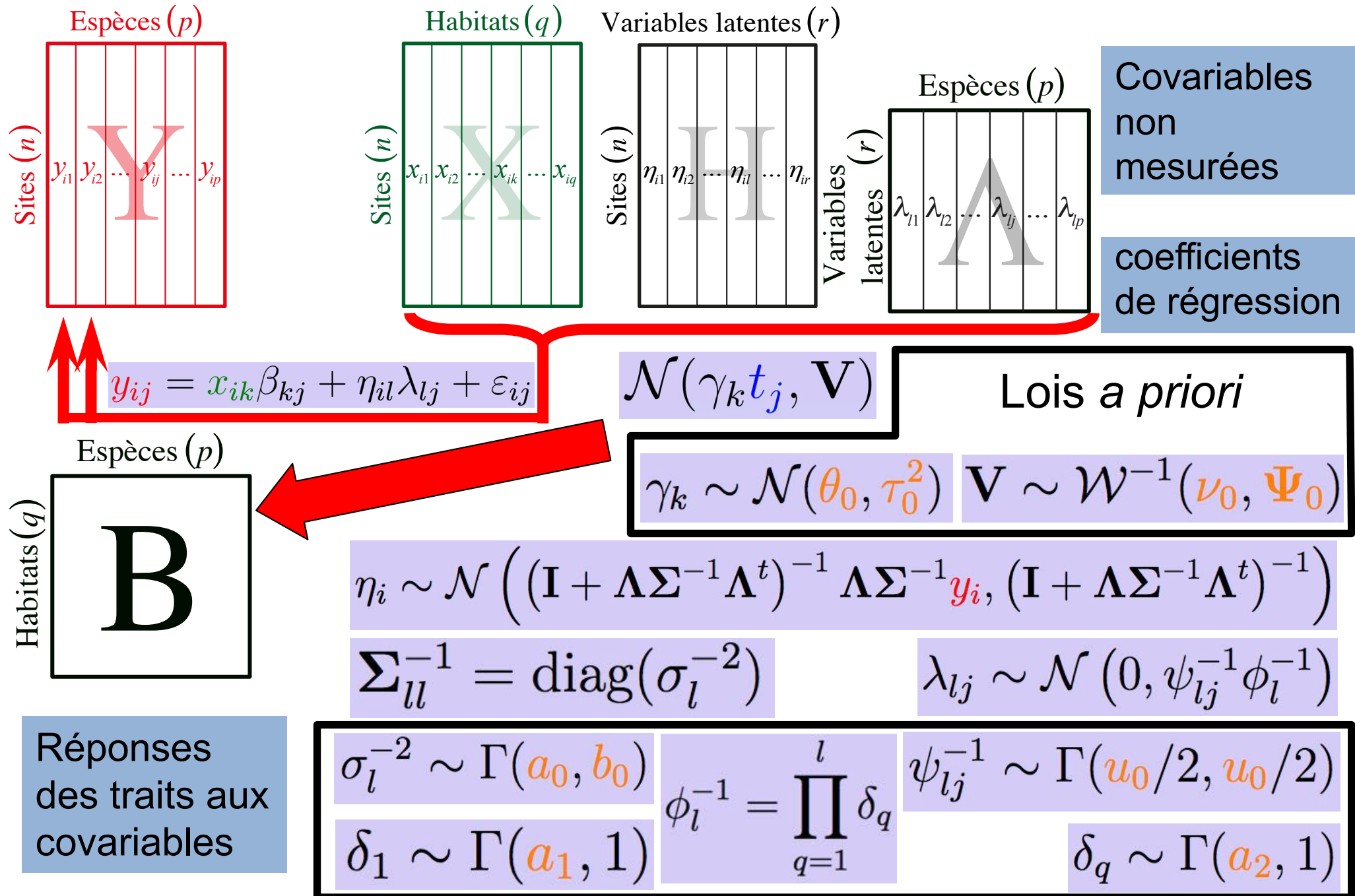
# Développement méthodologique



# Développement méthodologique



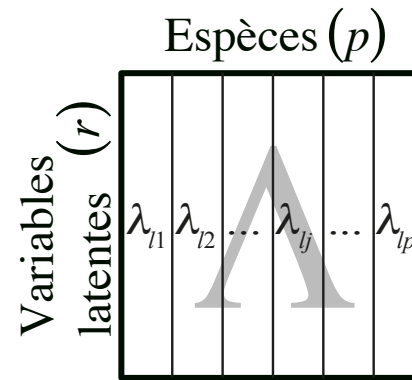
# Développement méthodologique





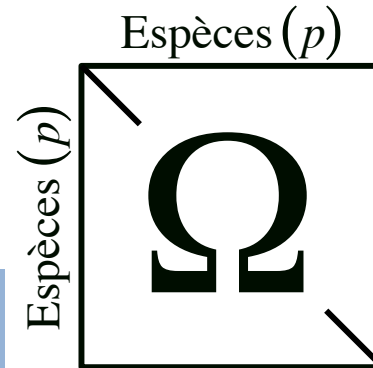
# Développement méthodologique

Estimation des corrélations entre chaque paire d'espèces

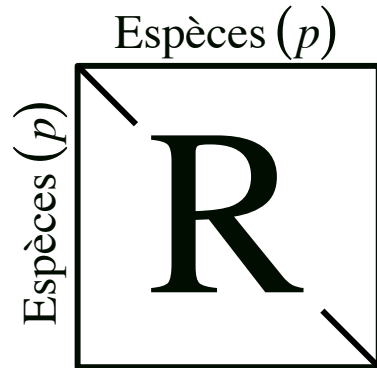


Construction d'une matrice de covariance à partir de  $\Lambda$

$$\Omega = \Lambda^t \Lambda$$

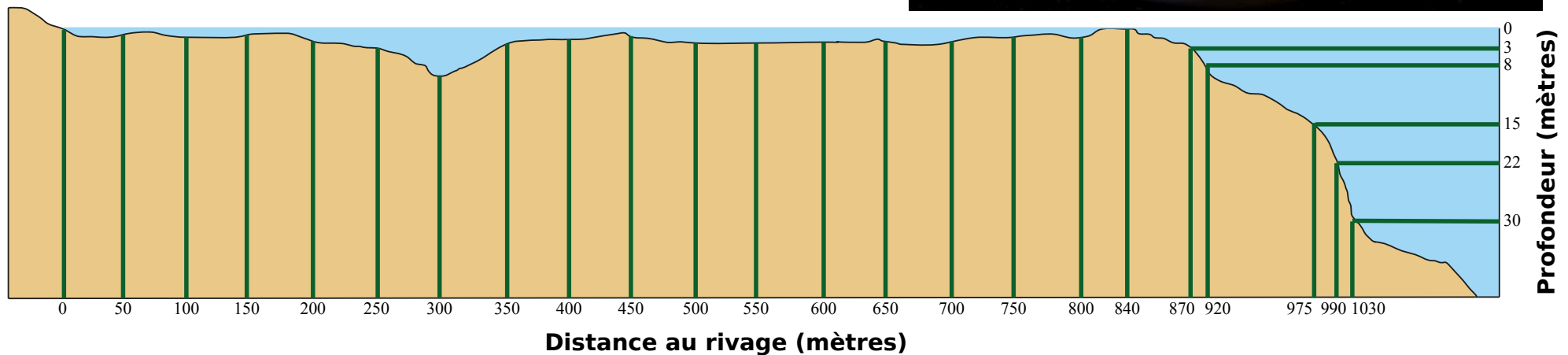
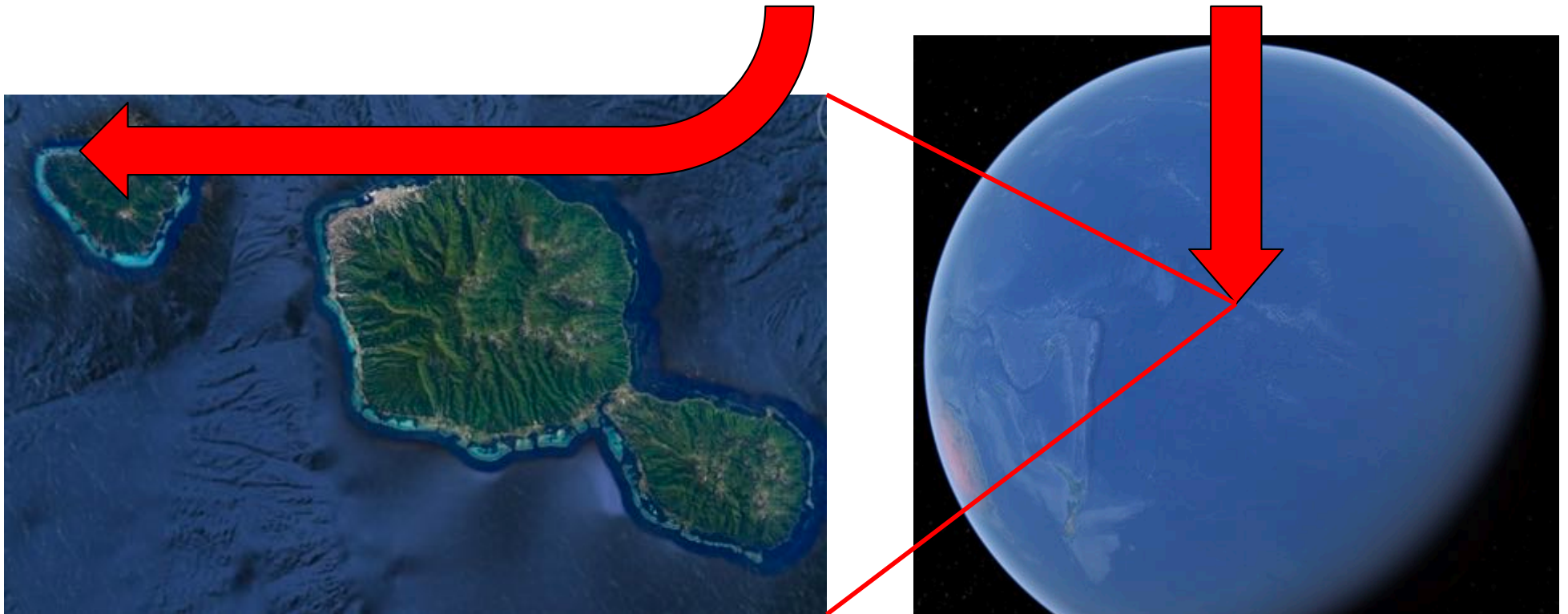


Transformer  $\Omega$  en une matrice de corrélation



# Illustration écologique

Poissons de récifs coralliens à Tiahura en Polynésie française



# Illustration écologique

Poissons de récifs coralliens à Tiahura en Polynésie française

22 sites d'échantillonnage

280 espèces de poissons (présence-absence)

Profondeur

Distance au rivage

Substrat 2 premiers axes d'une ACP

Axe 1

Axe 2

Composante abiotique

Composante biotique

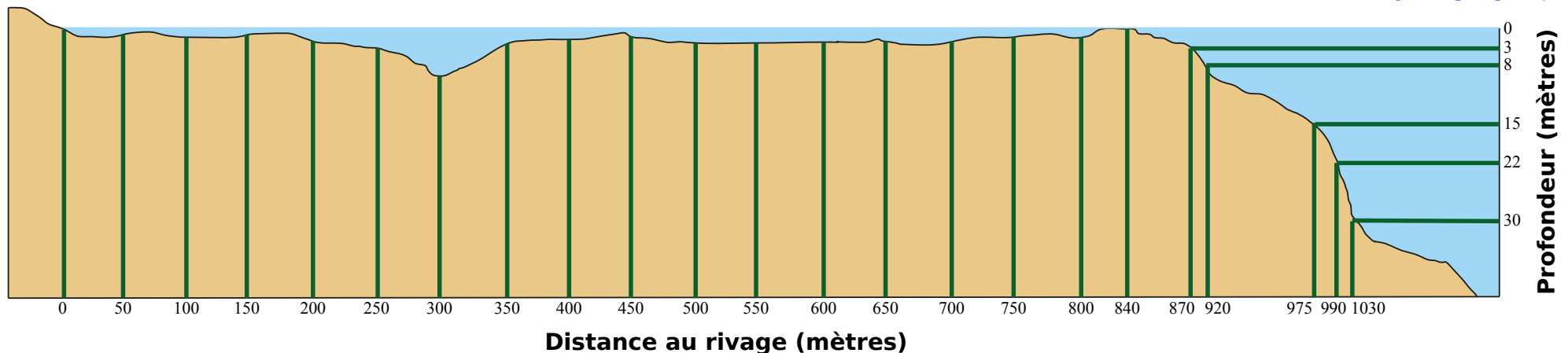
Taille moyenne des adultes

Type d'oeufs

Pélagique  
Benthique  
Vivipare

Rythme circadien

Diurne  
Nocturne  
Indifférent



# Illustration écologique

Quelles importances ont les variables d'habitat et les associations entre les espèces ?

280 espèces de poissons (présence-absence)

Profondeur

Distance au rivage

Substrat

2 premiers axes d'une ACP

Axe 1

Axe 2

Composante abiotique

Composante biotique

Sites en effet aléatoire

# Illustration écologique

Quelles importances ont les variables d'habitat et les associations entre les espèces ?

280 espèces de poissons (présence-absence)

Profondeur

Distance au rivage

Substrat

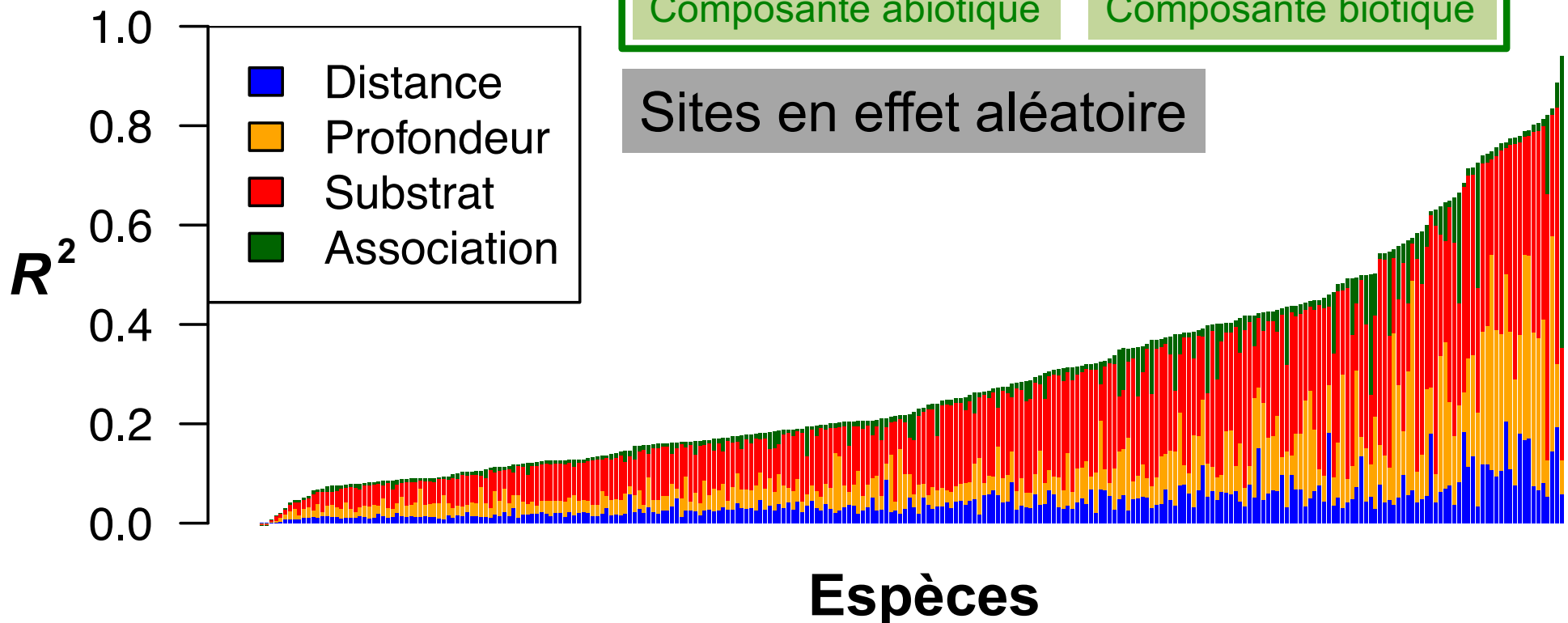
2 premiers axes d'une ACP

Axe 1

Axe 2

Composante abiotique

Composante biotique



# Illustration écologique

Est-ce que les espèces de poissons cooccurrent si on contrôle pour l'environnement ?

280 espèces de poissons (présence-absence)

Profondeur

Distance au rivage

Substrat 2 premiers axes d'une ACP

Axe 1

Axe 2

Composante abiotique

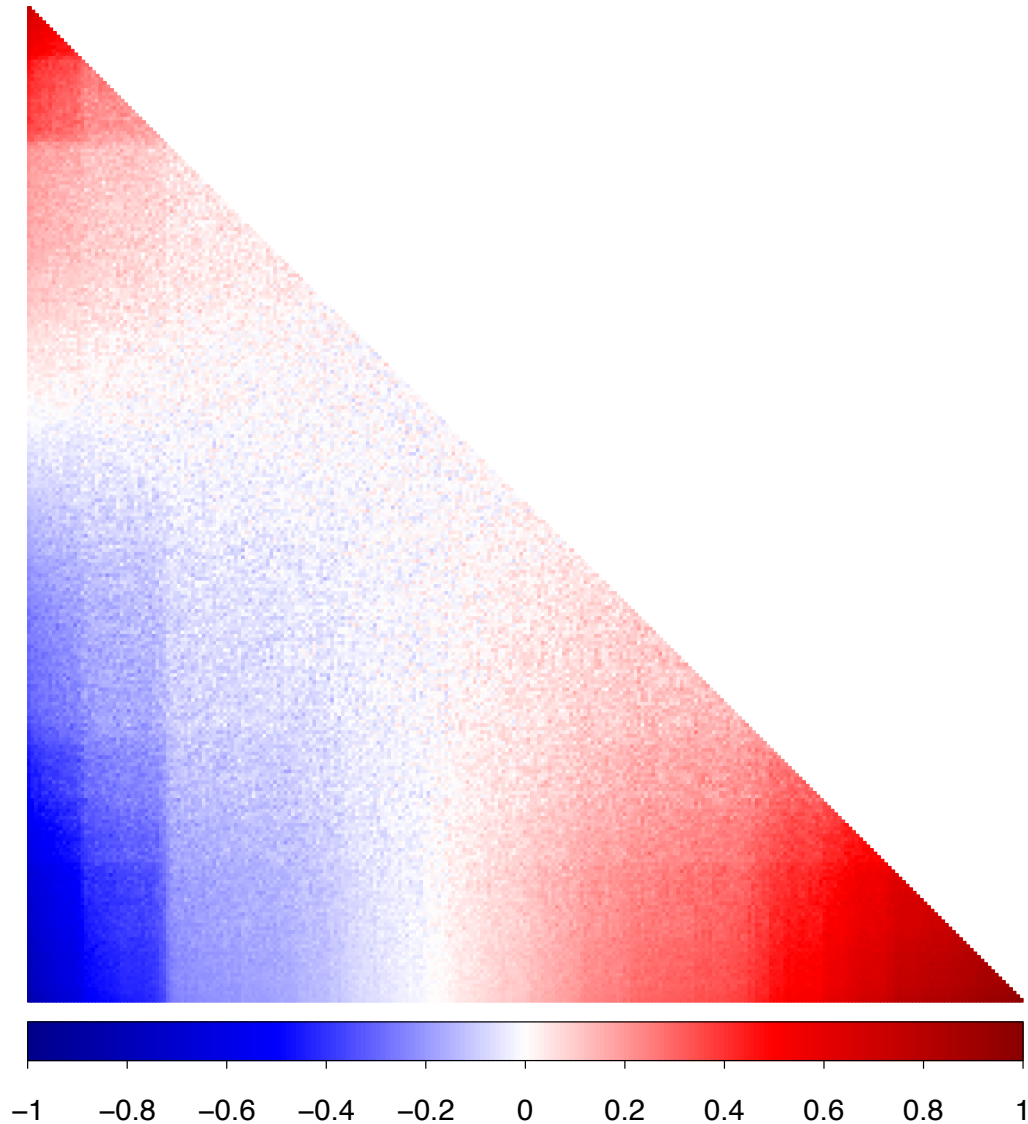
Composante biotique

Sites en effet aléatoire



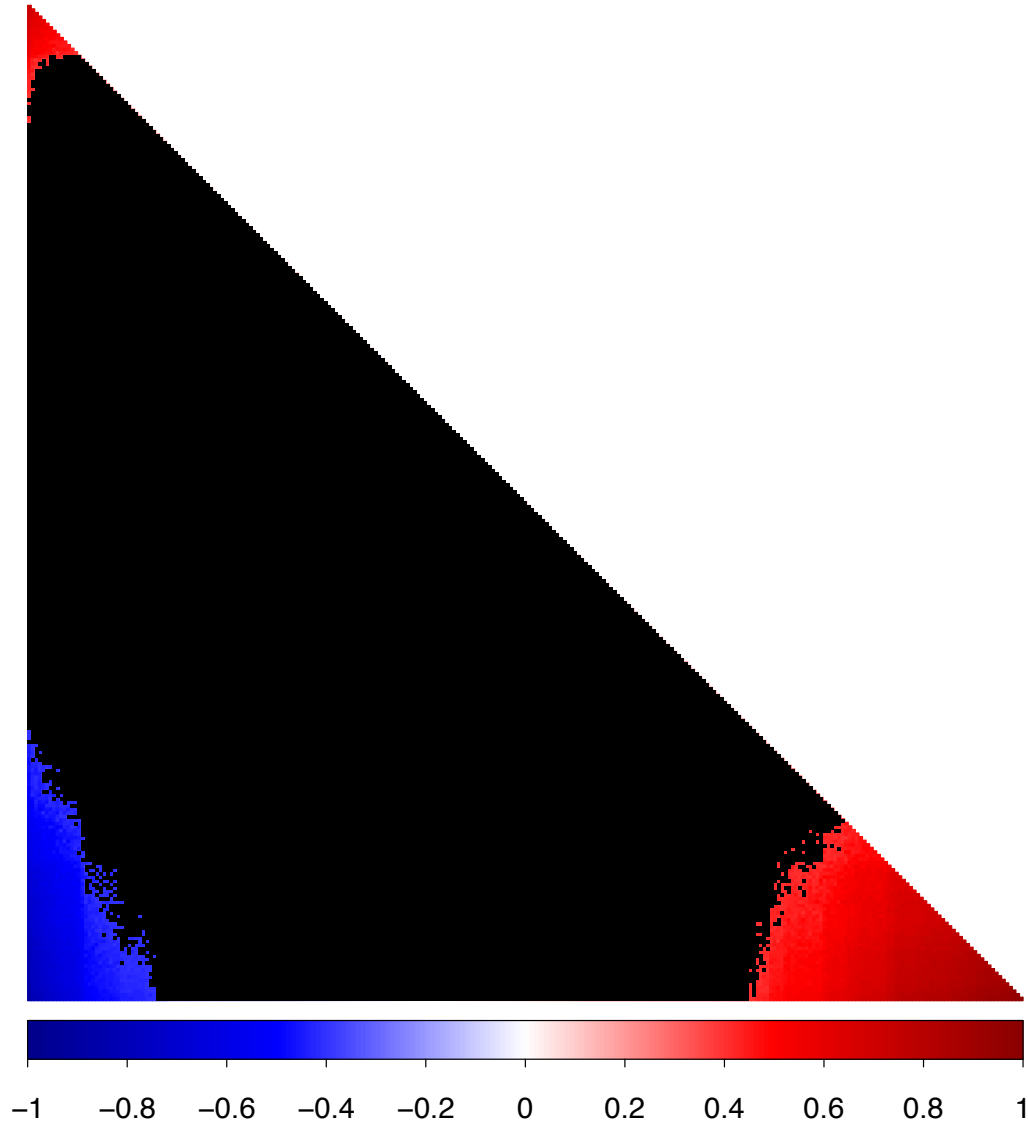
# Illustration écologique

Est-ce que les espèces de poissons cooccurrent si on contrôle pour l'environnement ?



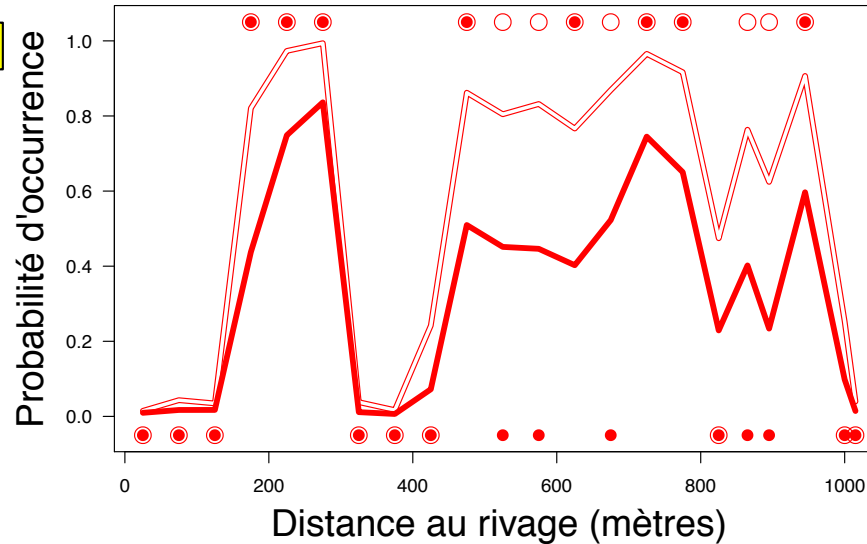
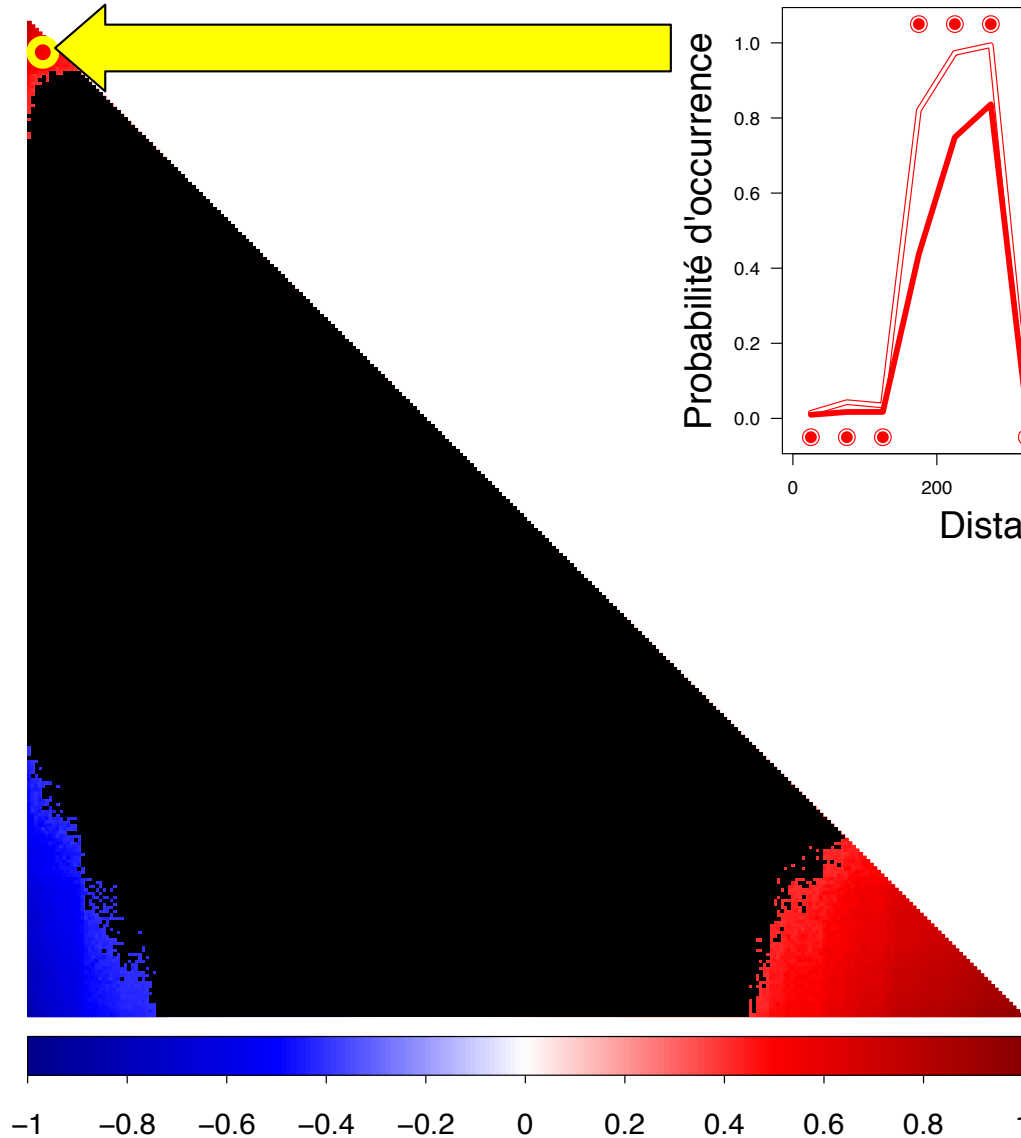
# Illustration écologique

Est-ce que les espèces de poissons cooccurrent si on contrôle pour l'environnement ?



# Illustration écologique

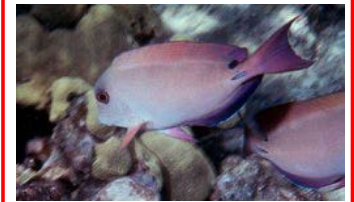
Est-ce que les espèces de poissons cooccurrent si on contrôle pour l'environnement ?



Poisson coffre pintade

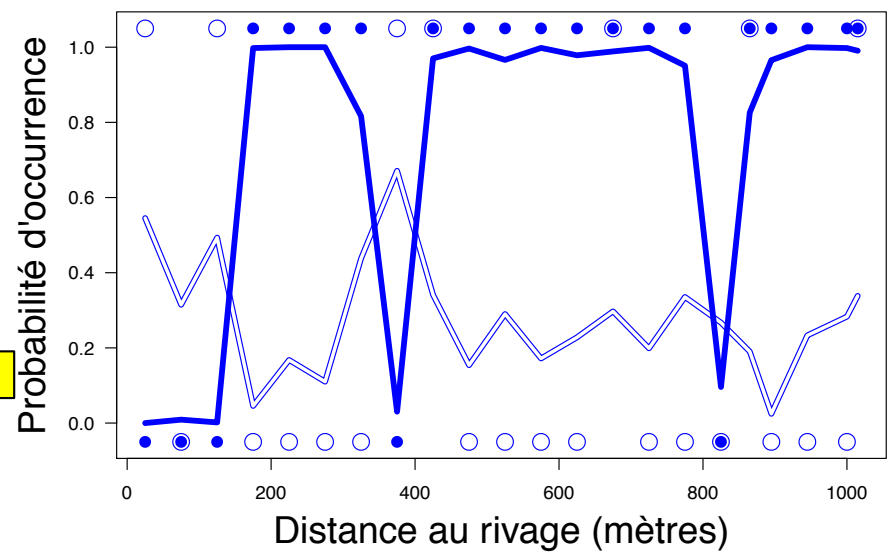
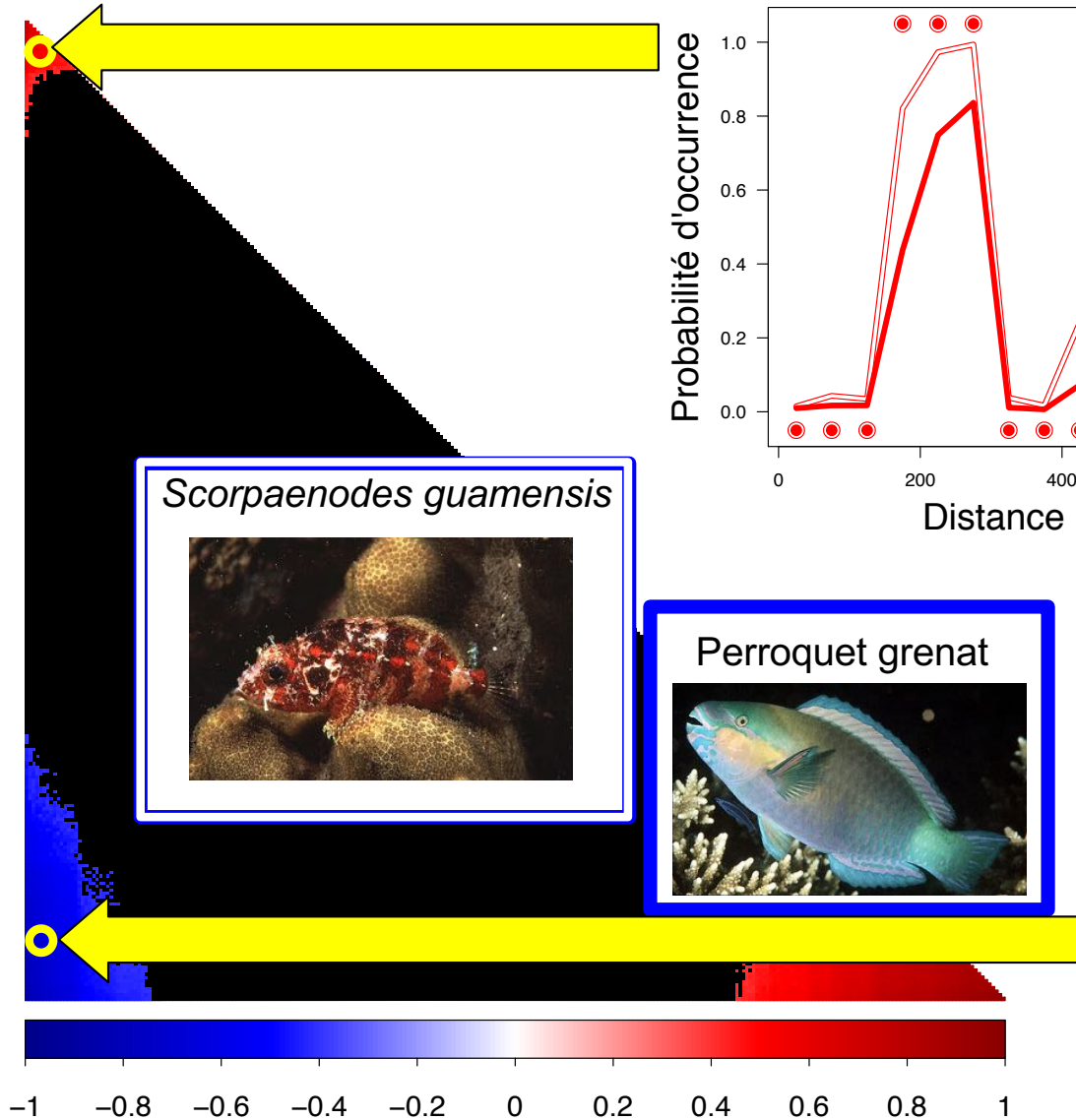


Chirurgien brun (Acanthurus nigrofasciatus)



# Illustration écologique

Est-ce que les espèces de poissons cooccurrent si on contrôle pour l'environnement ?



# Illustration écologique

À quelle(s) variables d'habitat les différents traits sont-ils reliée ?

280 espèces de poissons (présence-absence)

Profondeur

Distance au rivage

Substrat 2 premiers axes d'une ACP

Axe 1

Axe 2

Composante abiotique

Composante biotique

Taille moyenne des adultes

Type d'oeufs

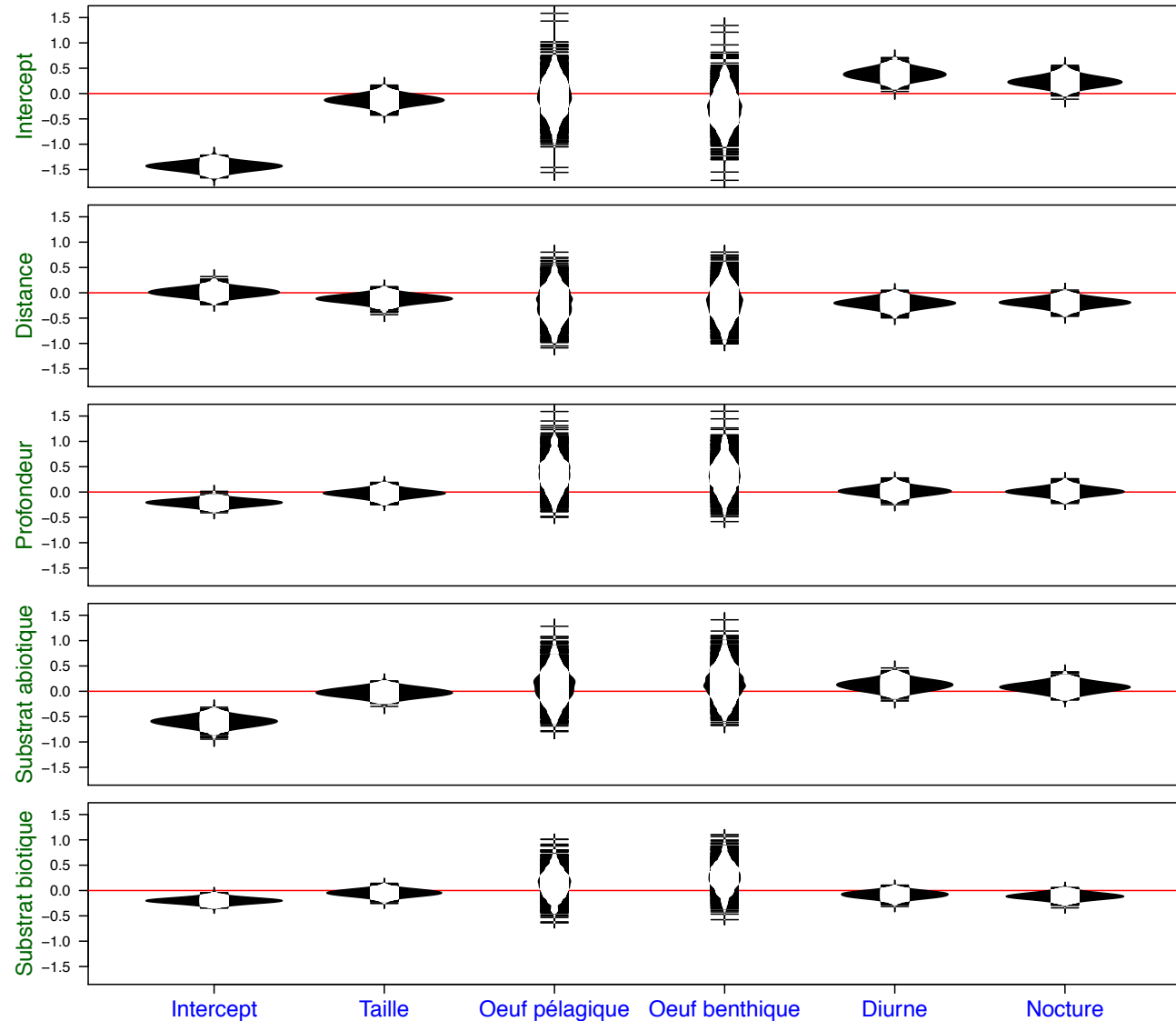
Pélagique  
Benthique  
Vivipare

Rythme circadien

Diurne  
Nocturne  
Indifférent

# Illustration écologique

À quelle(s) variables d'habitat les différents traits sont-ils reliée ?





# Conclusion

Ces nouvelles approches de modélisations des communautés  
sont **flexibles**  
permettent de faire des **prédictions**  
ont de solides bases en statistique

# Conclusion

Ces nouvelles approches de modélisations des communautés  
sont **flexibles**  
permettent de faire des **prédictions**  
ont de solides bases en statistique

## Par contre

Elles sont en développement rapide et plus ou moins structuré  
Elles ont peu de liens avec les théories écologiques

# Conclusion

Ces nouvelles approches de modélisations des communautés  
sont **flexibles**  
permettent de faire des **prédictions**  
ont de solides bases en statistique

## Par contre

Elles sont en développement rapide et plus ou moins structuré  
Elles ont peu de liens avec les théories écologiques

Le cadre analytique présenté est implémenter  
dans le package  **HMSC** disponible sur   
<https://github.com/guiblanchet/HMSC>

**Merci!**