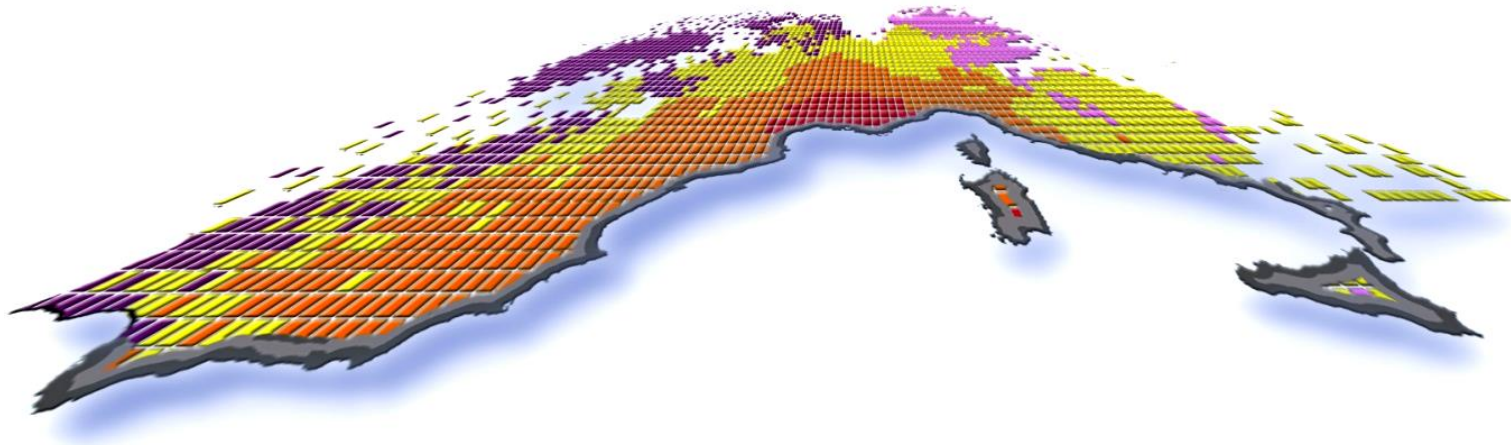


## Explorer l'adaptabilité au changement climatique par la simulation sur des espaces théoriques



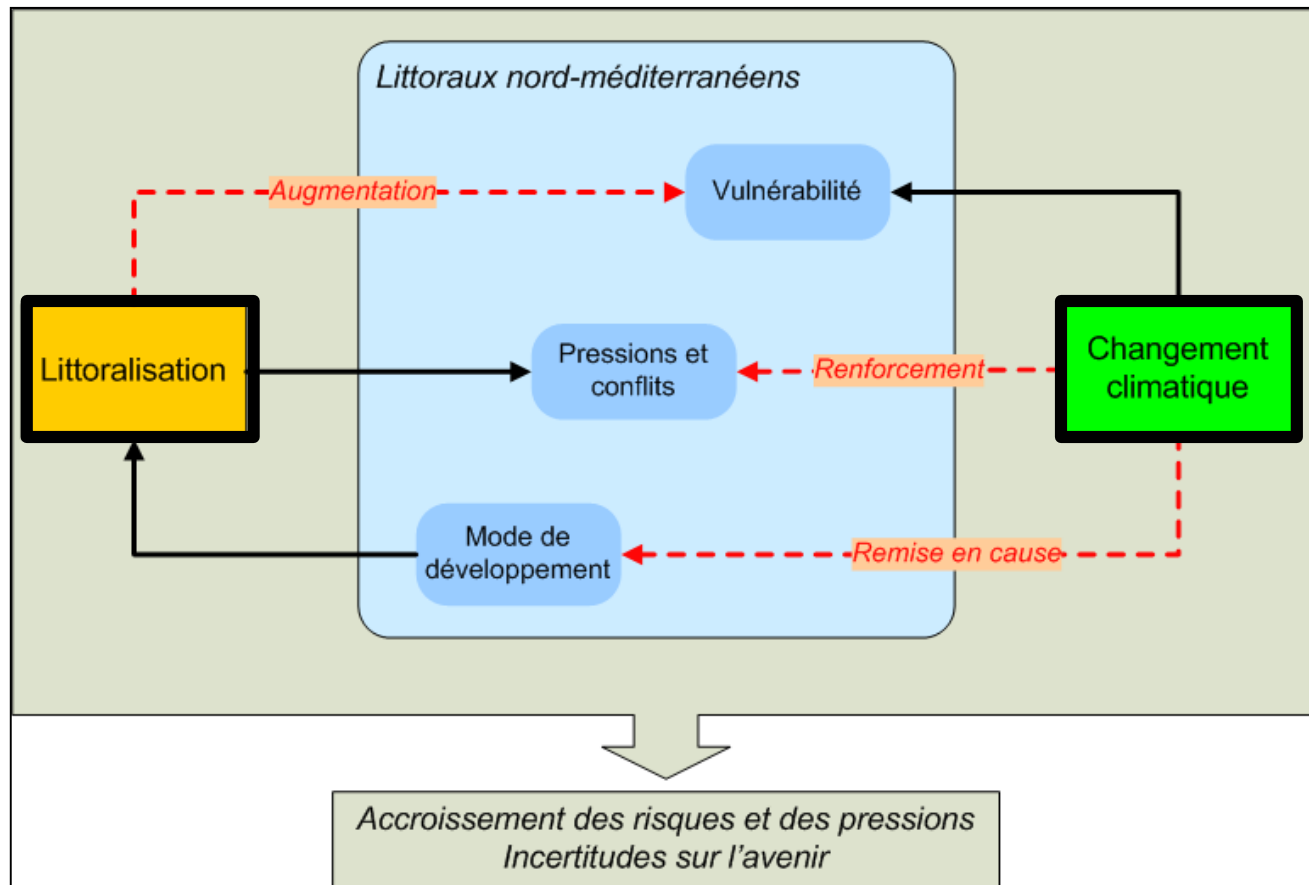
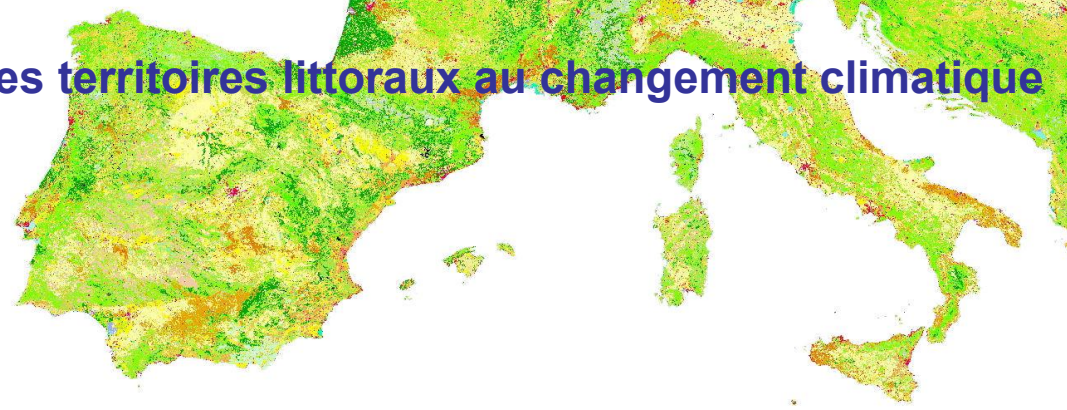
**Sophie Lizard**

Chercheuse associée à l'UMR 7300 ESPACE

Université de Nice - Sophia Antipolis

sophielizard@gmail.com

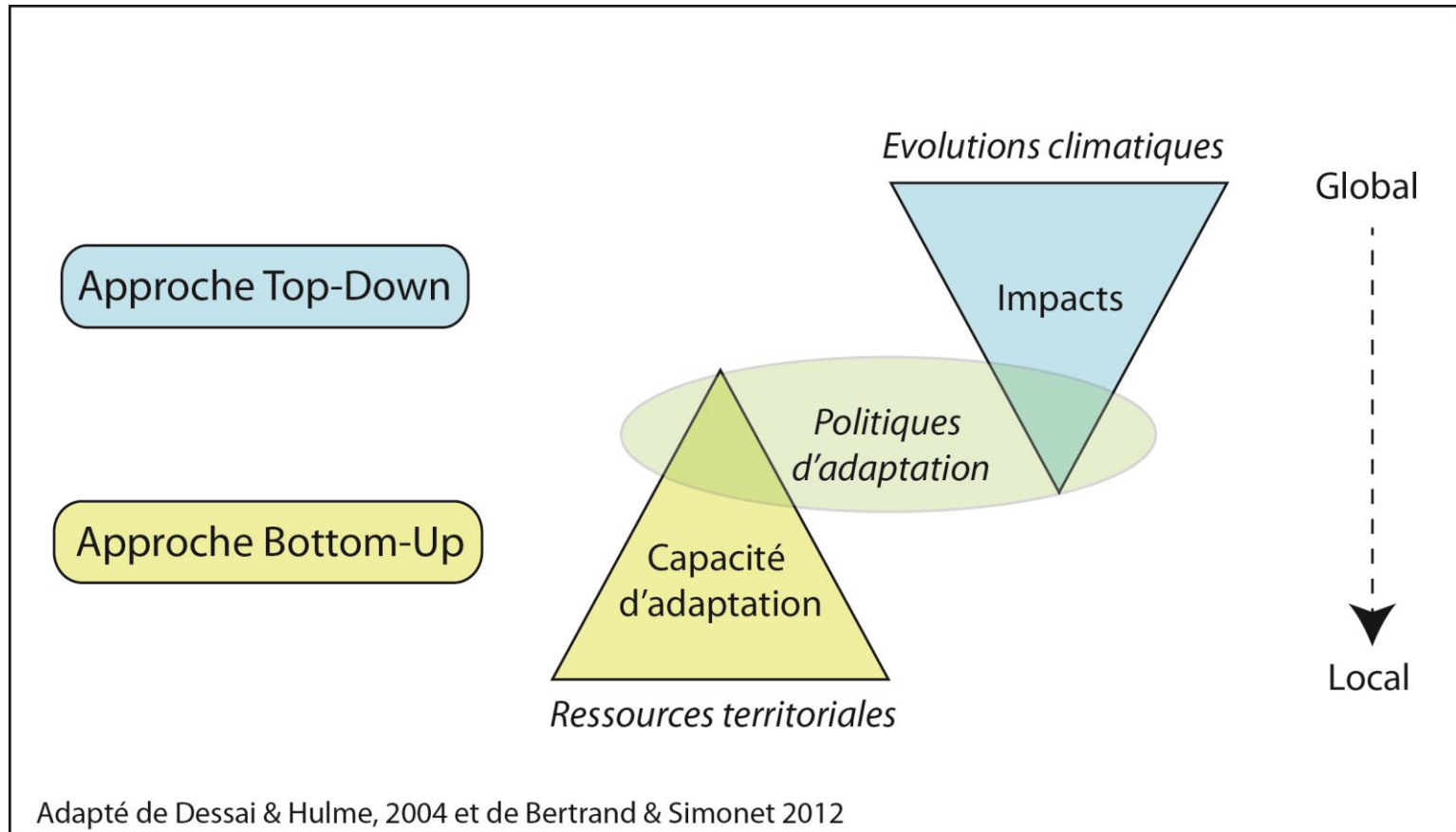
# Contexte: Analyse de l'adaptabilité des territoires littoraux au changement climatique



# Contexte: Analyse de l'adaptabilité des territoires littoraux au changement climatique

Les mesures d'adaptation ne sont pas universelles (Adger et Vincent 2005)

→ Les contextes territoriaux doivent être pris en compte



# Contexte: Analyse de l'adaptabilité des territoires littoraux au changement climatique

## Objectif :

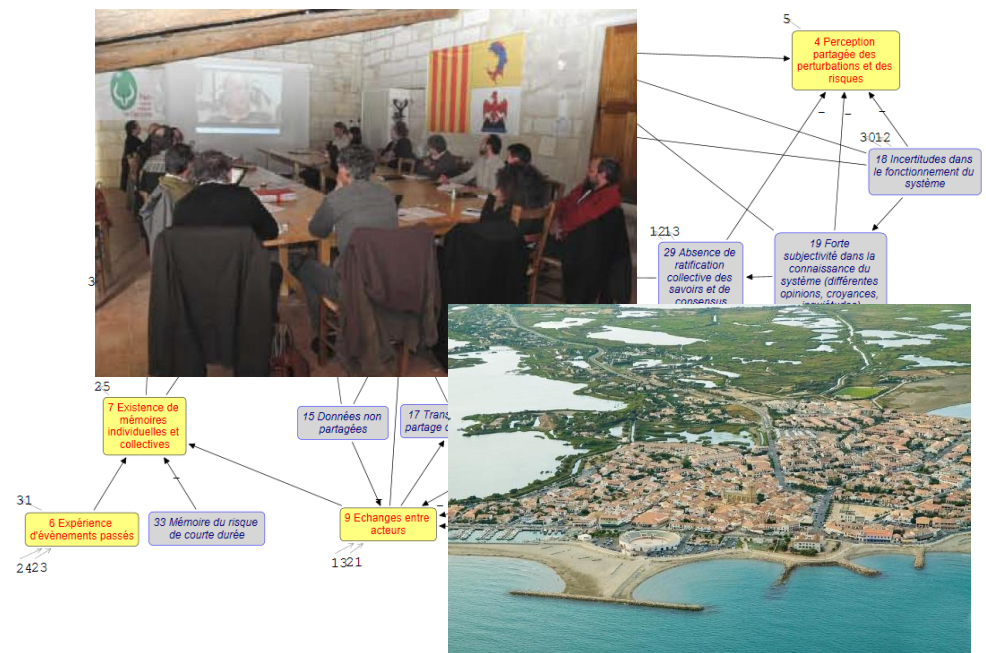
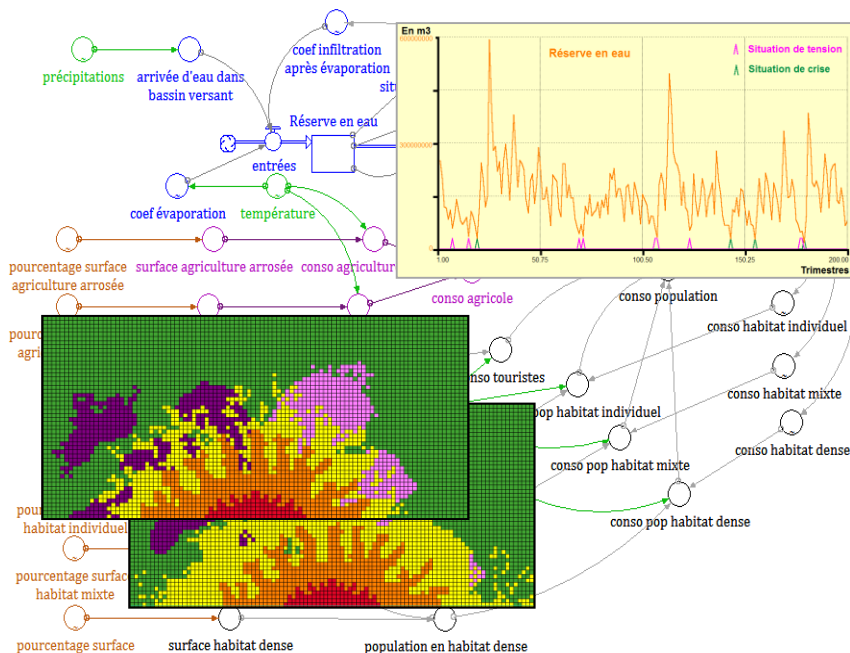
Explorer l'adaptabilité des territoires, en prenant en compte leur fonctionnement systémique et leur organisation spatiale

Deux approches basées sur une modélisation spatiale et systémique



**Exploration de l'adaptabilité de modèles d'aires urbaines par la simulation de mesures d'adaptation**

**Diagnostic de l'adaptabilité du système camarguais par analyse territoriale et systémique**



# Exploration de l'adaptabilité de territoires fictifs par la simulation de mesures d'adaptation

Modélisation spatiale et systémique de territoires littoraux fictifs

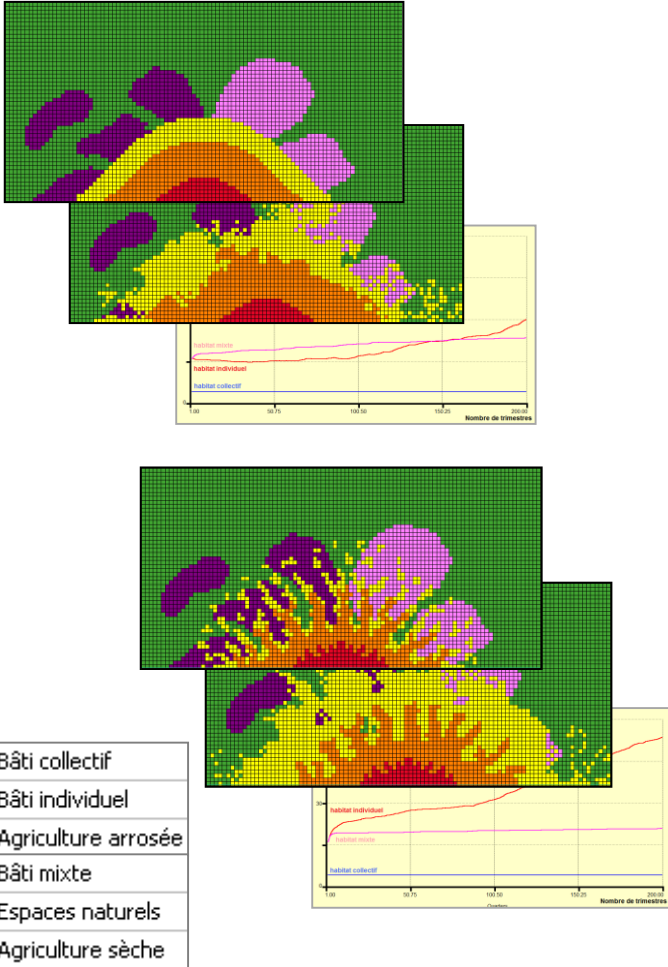


Simulation de l'effet de mesures d'adaptation

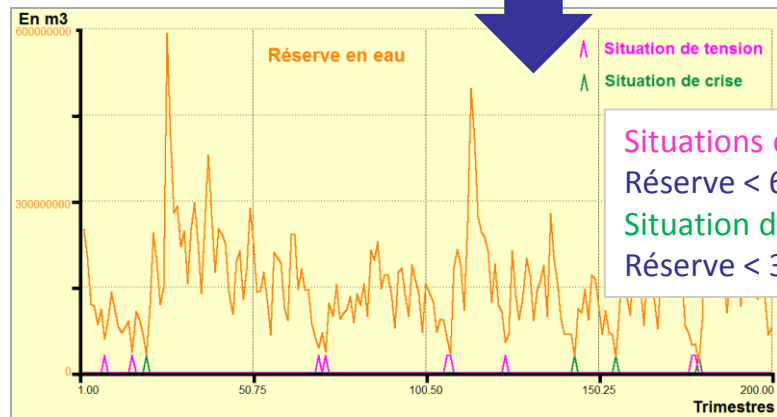
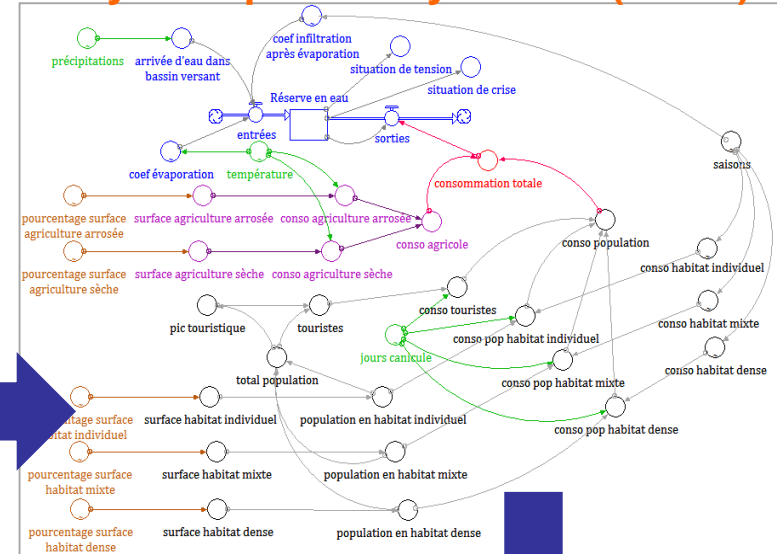


Analyse de l'adaptabilité différenciée des territoires

## Automate cellulaire (Spacelle)



## Dynamique des systèmes (Stella)



Simulation des changements d'occupation du sol

Simulation de l'évolution de la réserve en eau

# Exploration de l'adaptabilité de territoires fictifs par la simulation de mesures d'adaptation

Modélisation spatiale et systémique de territoires littoraux fictifs

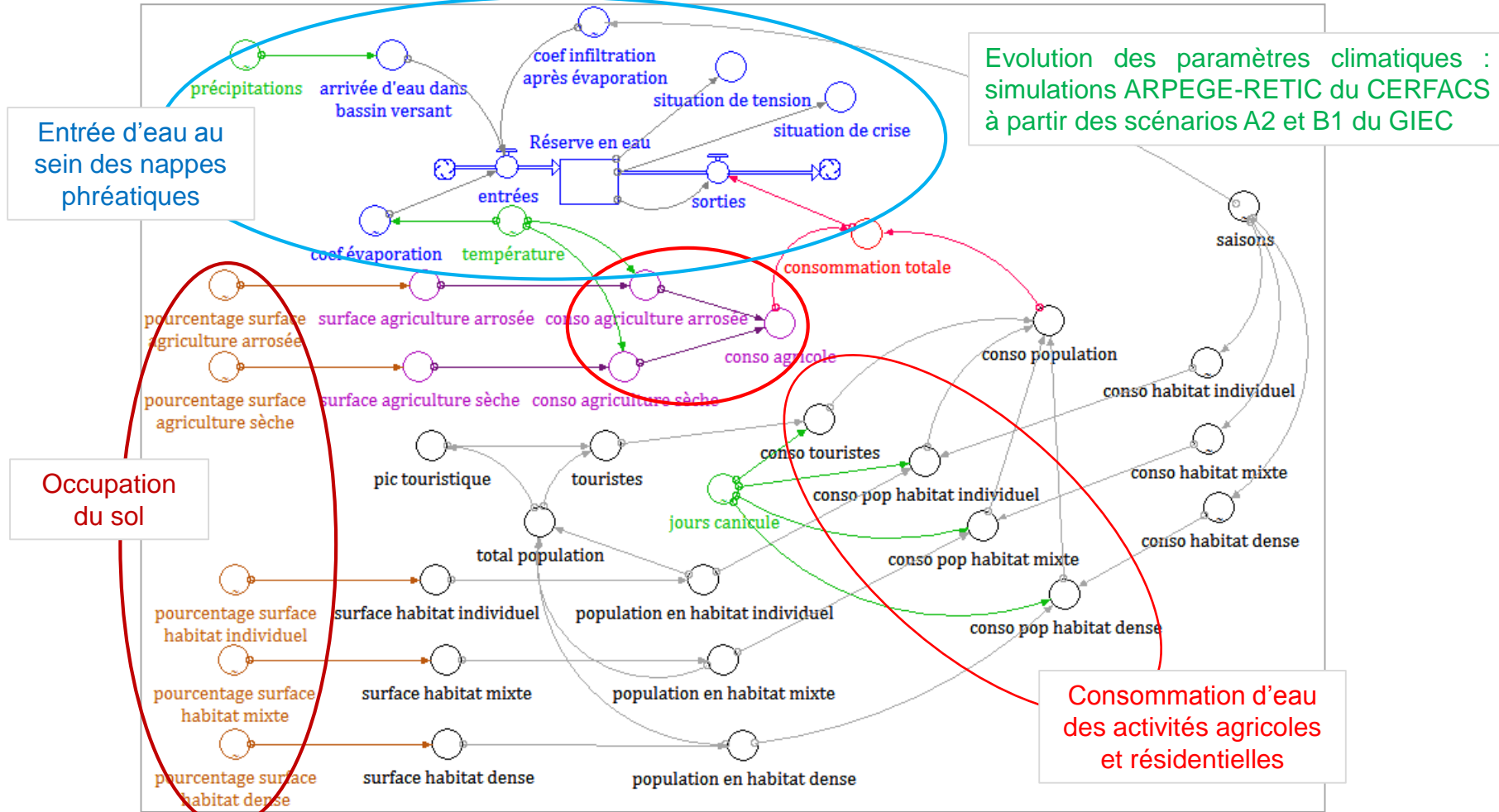


Simulation de l'effet de mesures d'adaptation



Analyse de l'adaptabilité différenciée des territoires

## Dynamique des systèmes (Stella)



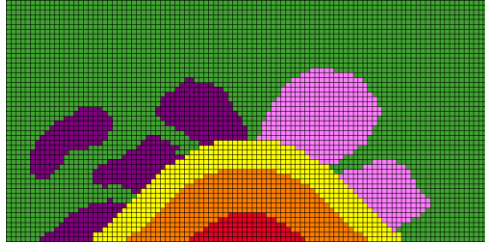
Simulation de l'évolution de la réserve en eau

# Exploration de l'adaptabilité de territoires fictifs par la simulation de mesures d'adaptation

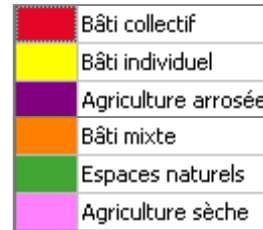
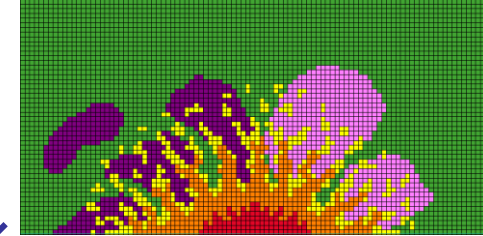
Deux scénarios de base : **Laisser-faire** et **Interventionniste** (protection/relocalisation de zones agricoles et d'une bande littorale de 200 m à partir du rivage)

2010

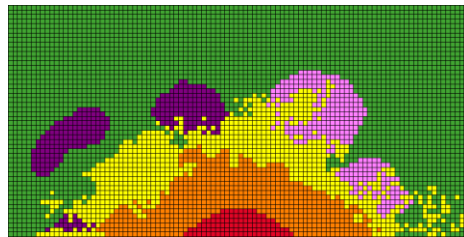
Aire urbaine compacte



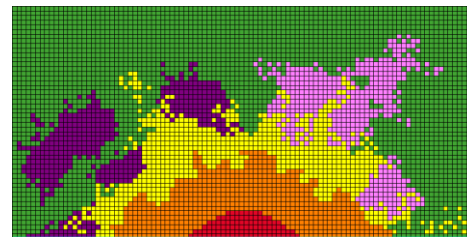
Aire urbaine éclatée



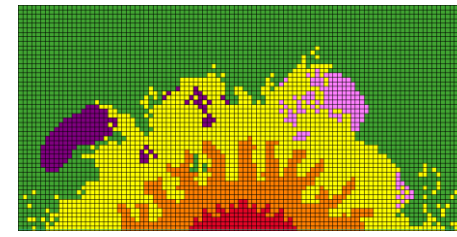
2060



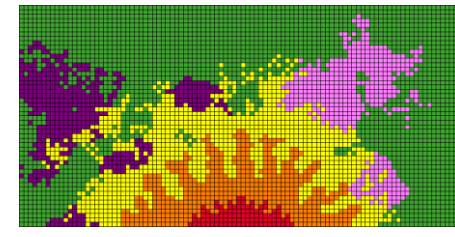
Laisser-faire



Interventionniste

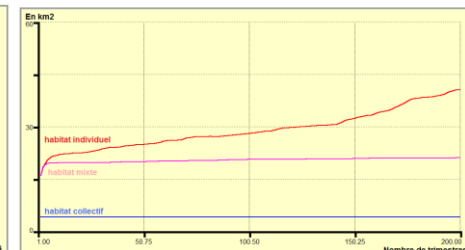
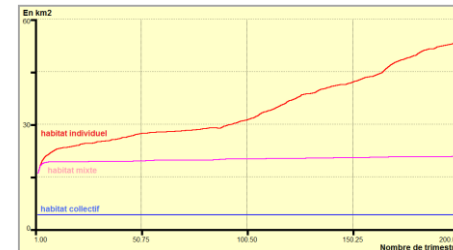
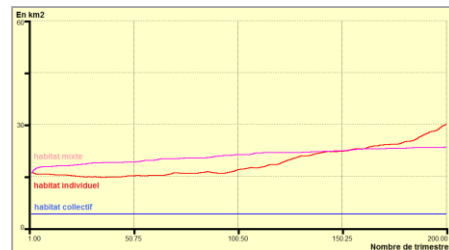
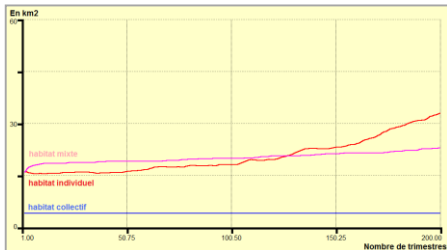


Laisser-faire



Interventionniste

Habitat individuel Habitat mixte Habitat collectif



→ étalement urbain, disparition progressive de l'agriculture péri-urbaine

# Exploration de l'adaptabilité de territoires fictifs par la simulation de mesures d'adaptation

→ Plus de situations à risque pour le modèle éclaté

<b>situation de tension (&lt;60 000 000 m<sup>3</sup>)</b>
<b>situation de crise (&lt;30 000 000 m<sup>3</sup>)</b>
<b>total situations à risque (crise + tension)</b>

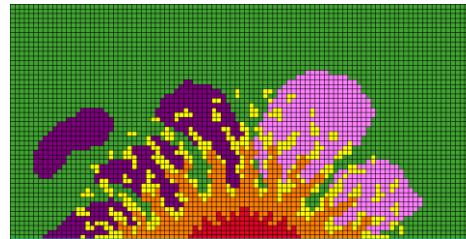
Scénario laisser-faire	
A2	
modèle compact	modèle éclaté
10	10
2	4
<b>12</b>	<b>14</b>

Scénario interventionniste	
A2	
modèle compact	modèle éclaté
9	10
4	6
<b>13</b>	<b>16</b>

2010

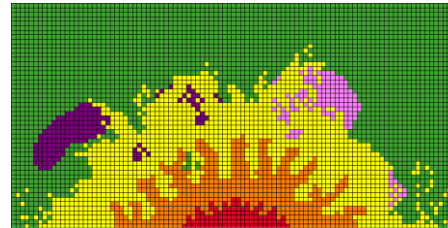
<span style="color:red">■</span> Bâti collectif
<span style="color:yellow">■</span> Bâti individuel
<span style="color:purple">■</span> Agriculture arrosée
<span style="color:orange">■</span> Bâti mixte
<span style="color:green">■</span> Espaces naturels
<span style="color:magenta">■</span> Agriculture sèche

Aire urbaine éclatée

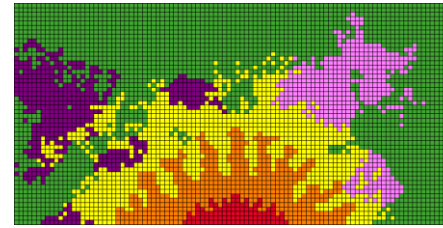


→ Plus de situations à risque pour le scénario interventionniste

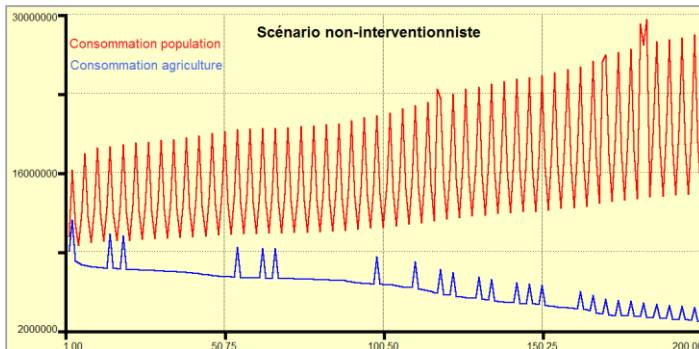
2060



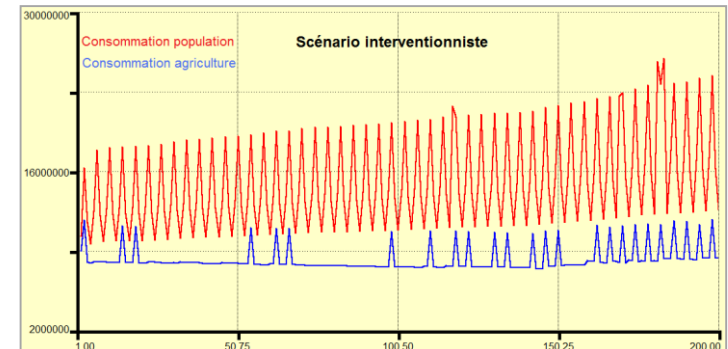
Laisser-faire



Interventionniste



Consommation d'eau population  
Consommation d'eau agriculture





# Exploration de l'adaptabilité de territoires fictifs par la simulation de mesures d'adaptation

## 1. Mesures de restriction de la consommation d'eau

= déclenchées lorsque le niveau de la réserve en eau atteint un seuil d'alerte.

**Seuil 1** : 100 000 000m<sup>3</sup> / **Seuil 2** : 75 000 000 m<sup>3</sup> / **Seuil 3** : 50 000 000 m<sup>3</sup>

→ Restriction de l'arrosage des terres agricoles et des jardins privés (bâti individuel et mixte)

scénario interventionniste		
A2		
	modèle compact	modèle éclaté
situation de tension	9	10
situation de crise	4	6
total situations à risque	13	16

scénario interventionniste avec Seuil 1		
A2		
	modèle compact	modèle éclaté
situation de tension	10	13
situation de crise	0	0
total situations à risque	10	13
nombre d'alertes	47	53

- disparition des situations de crise & réduction des situations à risque
- mais nombre d'alertes très important

scénario interventionniste avec Seuil 2		
A2		
modèle compact		modèle éclaté
11		16
0	→	0
11	→	16
25		29

- mesure reste très efficace sur les situations de crise
- nombre d'alertes /2

scénario interventionniste avec Seuil 3		
A2		
modèle compact		modèle éclaté
10		11
3	→	5
13	→	16
9		10

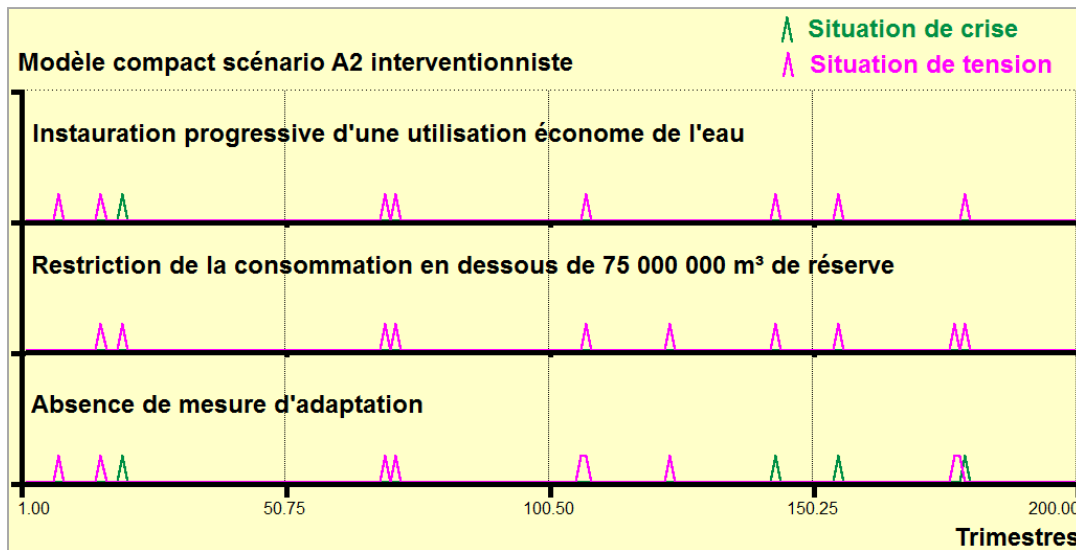
- nombre d'alertes encore réduit
- mais l'efficacité chute aussi

- Mesures particulièrement pertinentes pour agir sur les situations extrêmes
- Nécessité de trouver un compromis dans le seuil d'alerte
- Effets limités dans le temps → nécessité de chercher d'autres formes d'action plus durables

## 2. Mesures instaurant une utilisation économe de l'eau

= sensibilisation de la population, réducteur de débit d'eau pour les mitigeurs, récupération des eaux de pluie pour l'arrosage des jardins, technologies modernes d'arrosage pour l'agriculture, etc.

= **réductions progressives des consommations d'eau moyennes** des différentes activités (sur 20 ans pour les consommations résidentielles et 10 ans pour les consommations agricoles)



→ Efficacité sur la deuxième moitié de la période d'étude

	scénario interventionniste	
	A2	
	modèle compact	modèle éclaté
situation de tension	9	10
situation de crise	4	6
total situations à risque	→ 13	→ 16

scénario interventionniste vers utilisation économe	
A2	
modèle compact	modèle éclaté
8	8
1	1
→ 9	→ 9

→ Plus efficace pour le modèle éclaté que pour le modèle compact

# Exploration de l'adaptabilité de territoires fictifs par la simulation de mesures d'adaptation

Modélisation spatiale et systémique de territoires littoraux fictifs



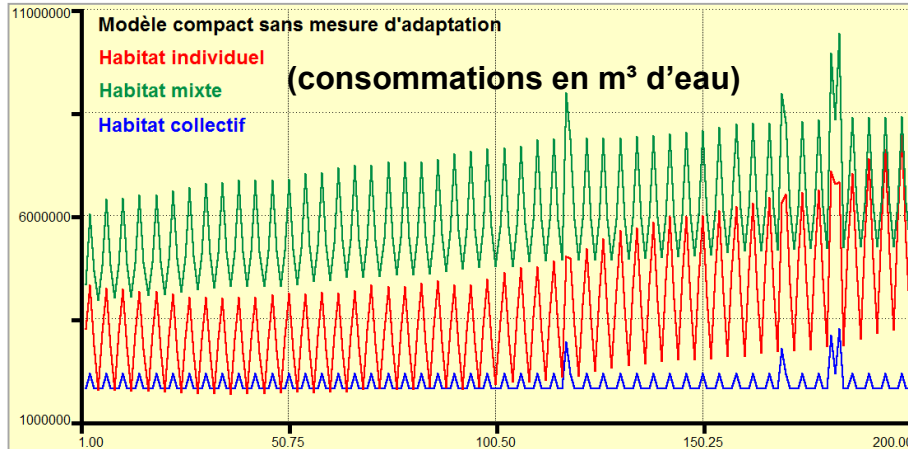
Simulation de l'effet de mesures d'adaptation



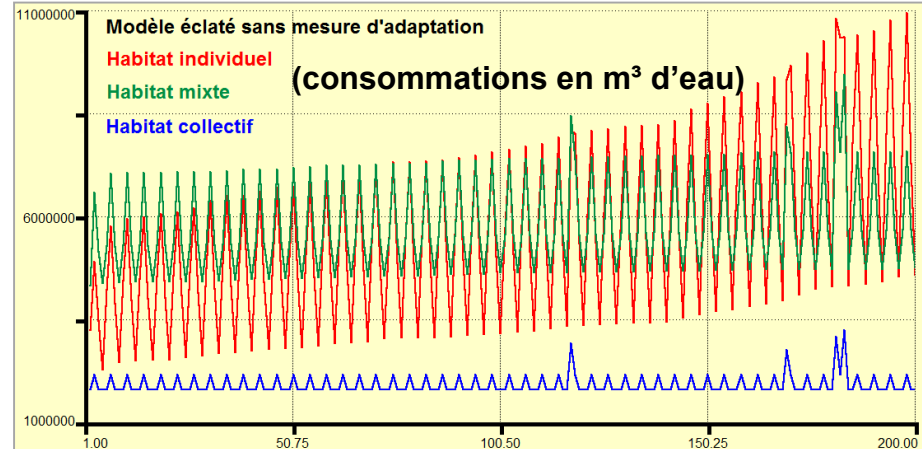
Analyse de l'adaptabilité différenciée des territoires

Aire urbaine compacte

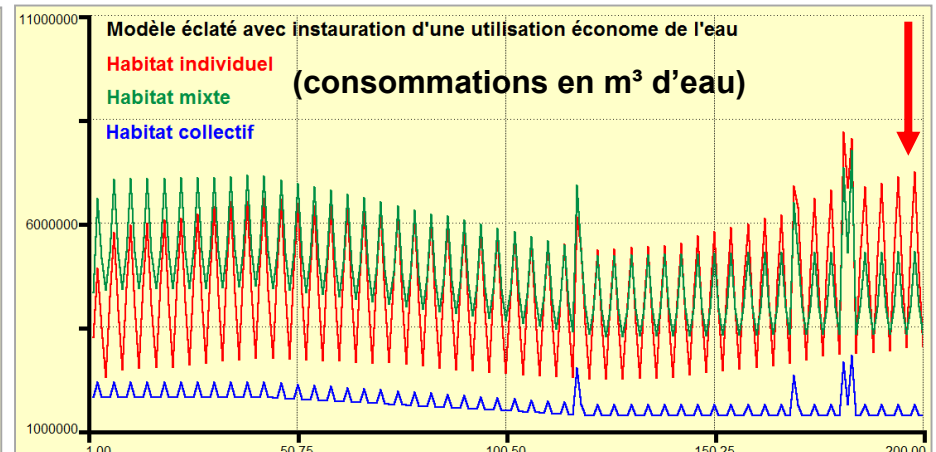
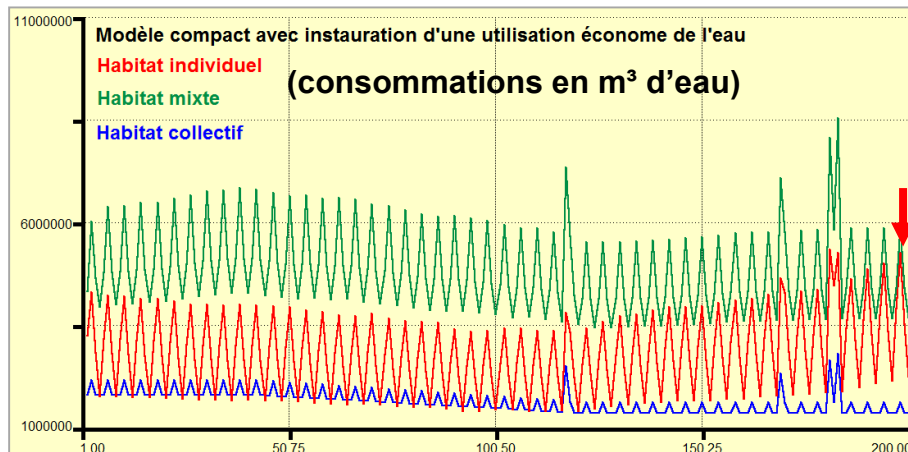
- Sans mesure d'adaptation



Aire urbaine éparpillée



- Mesures instaurant une utilisation économe de l'eau



→ Marge de réduction importante sur les conso du bâti individuel

# Exploration de l'adaptabilité de territoires fictifs par la simulation de mesures d'adaptation

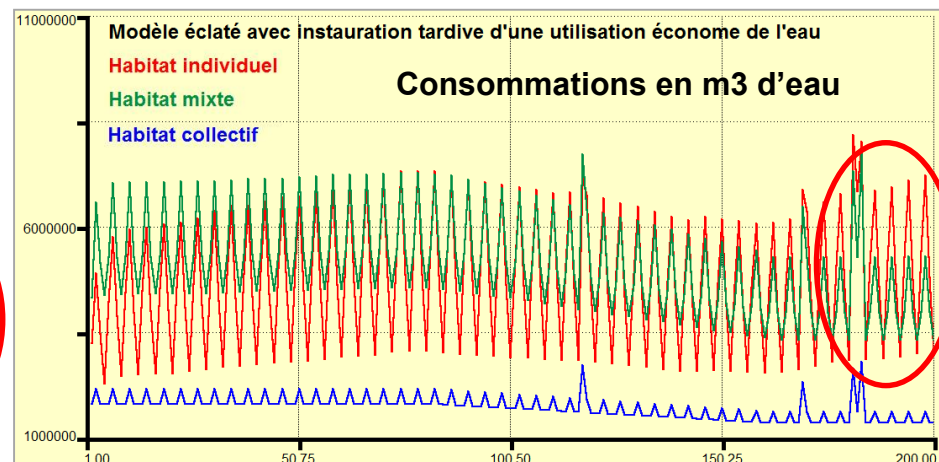
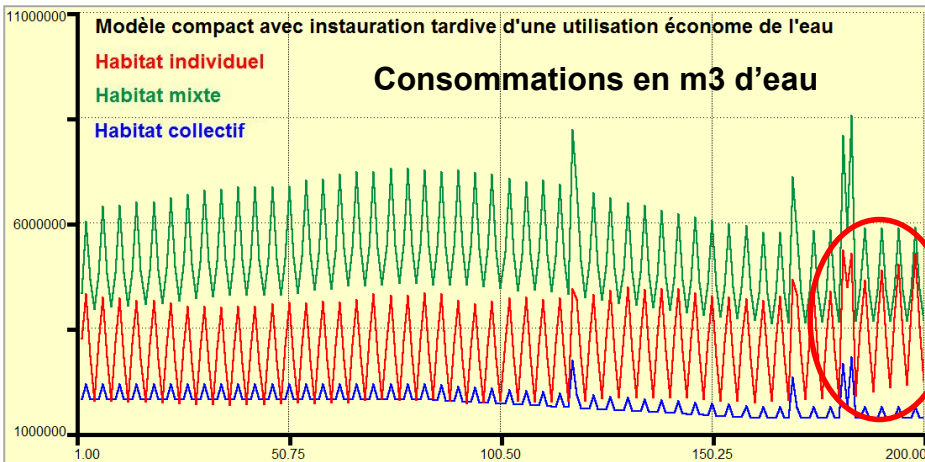
## 2b. Mesures instaurant une utilisation économe de l'eau **dix ans plus tard**

	scénario interventionniste		scénario interventionniste vers utilisation économe		scénario interventionniste vers utilisation économe dix ans + tard	
	A2		A2		A2	
	modèle compact	modèle éclaté	modèle compact	modèle éclaté	modèle compact	modèle éclaté
situation de tension	9	10	8	8	8	11
situation de crise	4	6	1	1	1	2
total situations à risque	13	16	9	9	9	13

- Chute de l'efficacité pour le modèle éclaté
- Même efficacité pour le modèle compact

Aire urbaine compacte

Aire urbaine éclatée



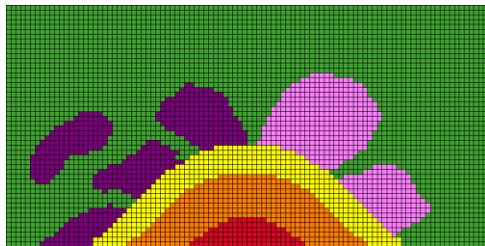
→ On conserve une croissance de la consommation liée au développement de l'habitat individuel en fin de période → nécessité d'actions plus structurelles

### 3. Mesures agissant indirectement sur la consommation d'eau

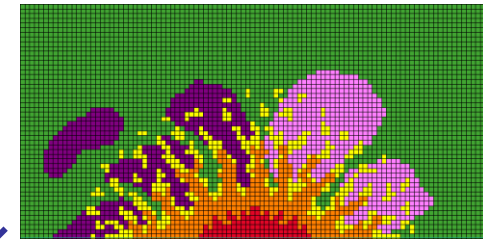
= **Nouveau scénario interventionniste** tourné vers les activités moins consommatrices d'eau  
 = protection/relocalisation des zones d'agriculture sèche & densification du bâti (individuel → mixte ; extension par contiguïté)

2010

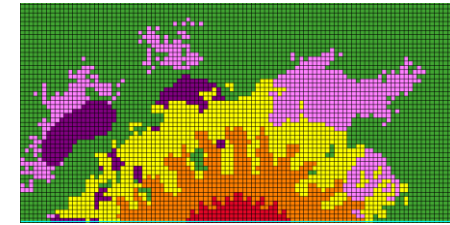
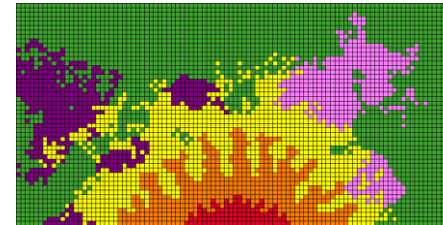
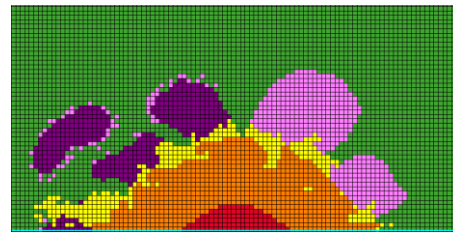
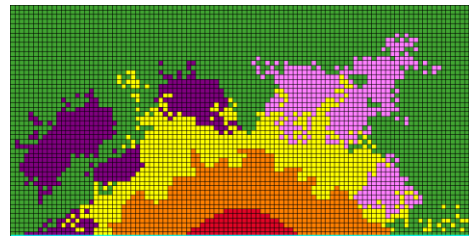
Aire urbaine compacte



Aire urbaine éclatée



2060



Interventionniste

**Nouveau interventionniste**

Interventionniste

**Nouveau interventionniste**

→ densification

→ limitation de l'étalement urbain

scénario interventionniste		
A2		
modèle compact	modèle éclaté	
situation de tension	9	10
situation de crise	4	6
total situations à risque	13	16

Nouveau scénario interventionniste		
A2		
modèle compact	modèle éclaté	
situation de tension	10	10
situation de crise	2	4
total situations à risque	12	14

→ Légère diminution des situations de crise

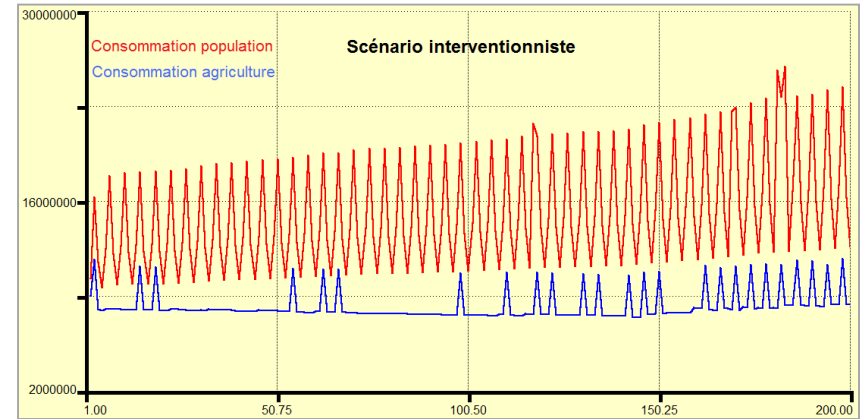
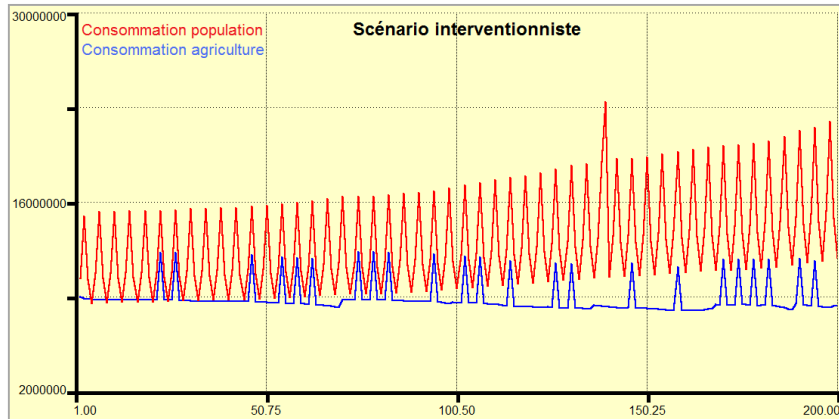
# Exploration de l'adaptabilité de territoires fictifs par la simulation de mesures d'adaptation

Aire urbaine compacte

Aire urbaine éparpillée

- Scénario interventionniste

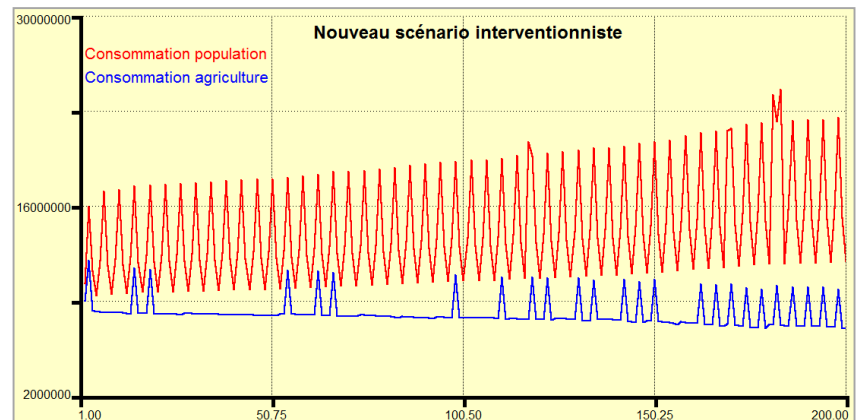
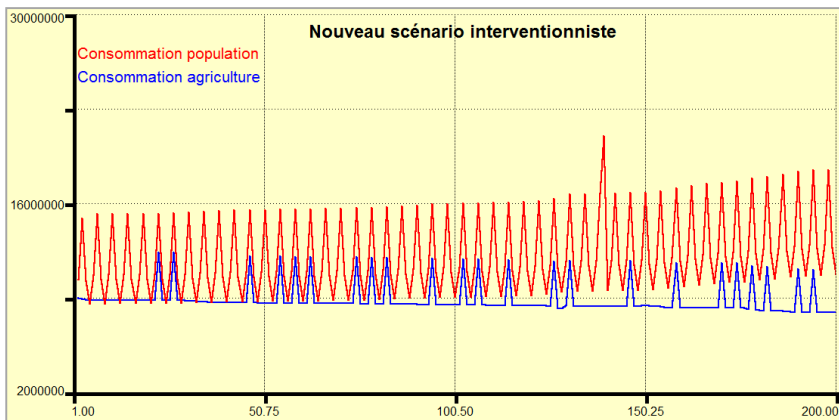
Consommations en m3 d'eau



- Nouveau scénario interventionniste

Consommation d'eau population

Consommation d'eau agriculture



Effets dans la 2<sup>ème</sup> moitié de la période et à plus long terme...

- Variabilité saisonnière contrée pour la conso résidentielle
- Diminution de la conso agricole

- Effets plus limités sur la conso résidentielle : les nouvelles modalités d'urbanisation n'ont pas abouti à une densification

# Exploration de l'adaptabilité de territoires fictifs par la simulation de mesures d'adaptation

Modélisation spatiale et systémique de territoires littoraux fictifs



Simulation de l'effet de mesures d'adaptation



Analyse de l'adaptabilité différenciée des territoires

## 4. Simulation de combinaisons de mesures en adéquation avec les aires urbaines

Mesures les plus efficaces

	Modèle compact	Modèle éclaté
Protection des zones de bord de mer	X	X
Protection des zones agricoles sèches	X	X
Relocalisation de l'agriculture urbanisée en agriculture sèche	X	X
Densification du bâti individuel en bâti mixte	X	X
Extension urbaine par contiguïté		X
Extension urbaine en bâti mixte		X
Transition précoce vers une utilisation économe de l'eau		X
Transition tardive vers une utilisation économe de l'eau	X	
Restriction des consommations d'eau pour un seuil inférieur à 75 000 000 m <sup>3</sup>	X	X

→ Effets complémentaires des différents types de mesures

→ Combinaisons de mesures en adéquation avec les territoires ne sont pas les mêmes pour modèle compact/ modèle éclaté

→ Modèle éclaté plus difficilement adaptable (mesures plus fortes et précoces nécessaires)

### scénario interventionniste

	A2		A2	
	modèle compact	modèle éclaté	modèle compact	modèle éclaté
situation de tension	9	10	9	9
situation de crise	4	6	0	0
total situations à risque	13	16	9	9
nombre d'alertes			16	17

Effet combiné : suppression totale des situations de crise

# Conclusion et perspectives

## Simulation sur des espaces théoriques

→ compréhension de l'adaptabilité des territoires (effets différenciés, efficacité à court/long terme, etc.) et d'identifier des mesures d'adaptation en adéquation avec les contextes territoriaux

## Différents leviers....

*-Action directe sur les consommations d'eau (réduction des consommations)*

*-Action sur les activités qui les génèrent (favoriser l'agriculture sèche)*

*-Action plus structurelle sur les configurations spatiales (limiter l'extension des formes d'habitat les plus consommatrices d'eau)*

**...plus ou moins efficaces selon les configurations spatiales**

→ Adaptabilité différenciée des territoires en fonction de leur organisation spatiale

→ levier complémentaire pour l'adaptation

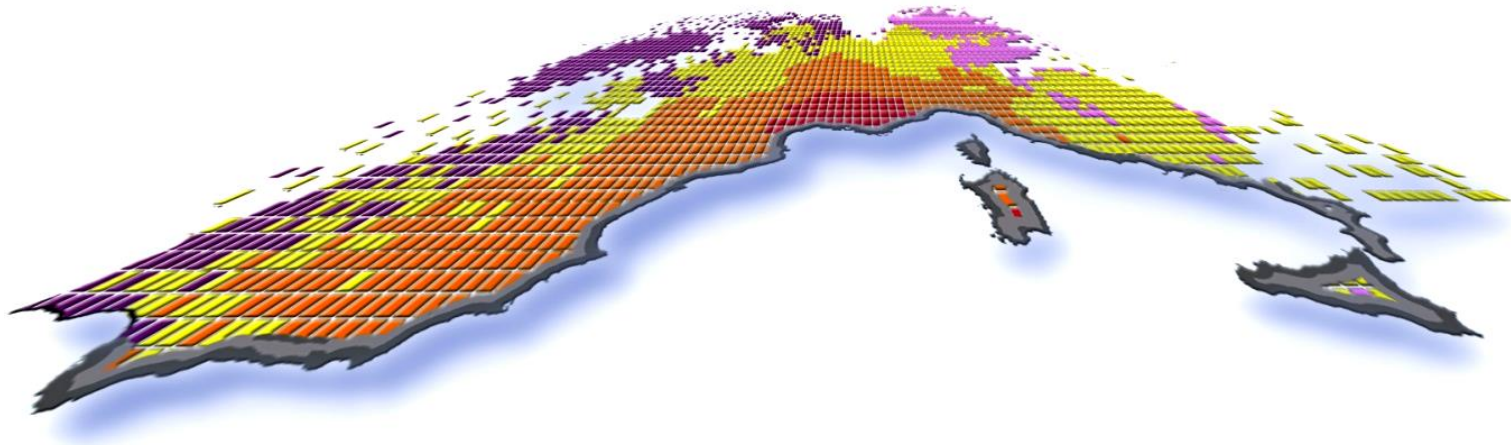
## Perspectives

→ Développement des connaissances sur l'adaptabilité des territoires selon leurs caractéristiques

→ Développement d'un modèle appliqué à un territoire précis dans un but d'aide à la décision/réflexion



## Explorer l'adaptabilité au changement climatique par la simulation sur des espaces théoriques



**Sophie Lizard**

Chercheuse associée à l'UMR 7300 ESPACE

Université de Nice - Sophia Antipolis

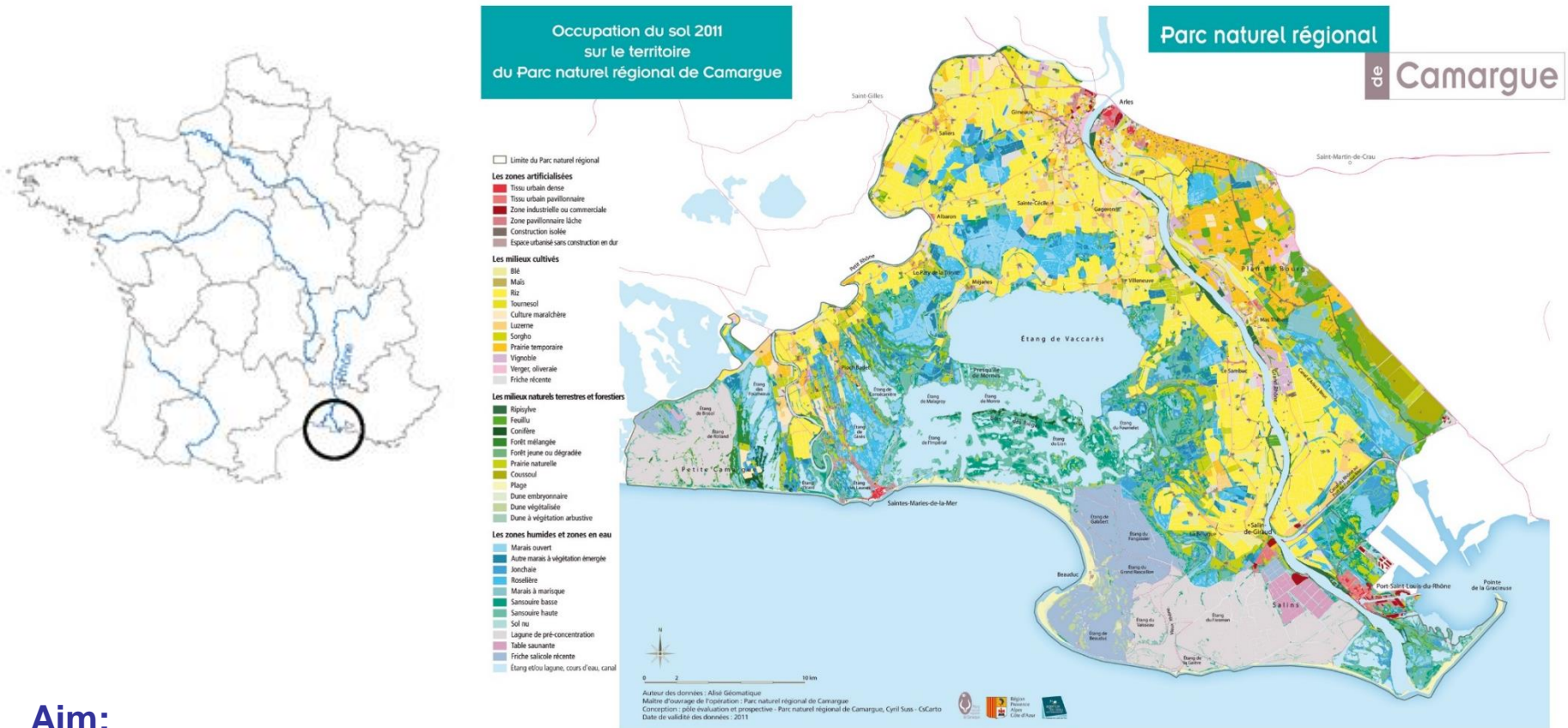
sophielizard@gmail.com



## II. Territorial diagnosis and systemic analysis: Activities and actors in the Camargue delta facing the sea level rise

**CAMPLAN research program on integrated water management of the Camargue delta (UMR ESPACE, Tour du Valat, Ressource) (Allouche et al. 2012)**

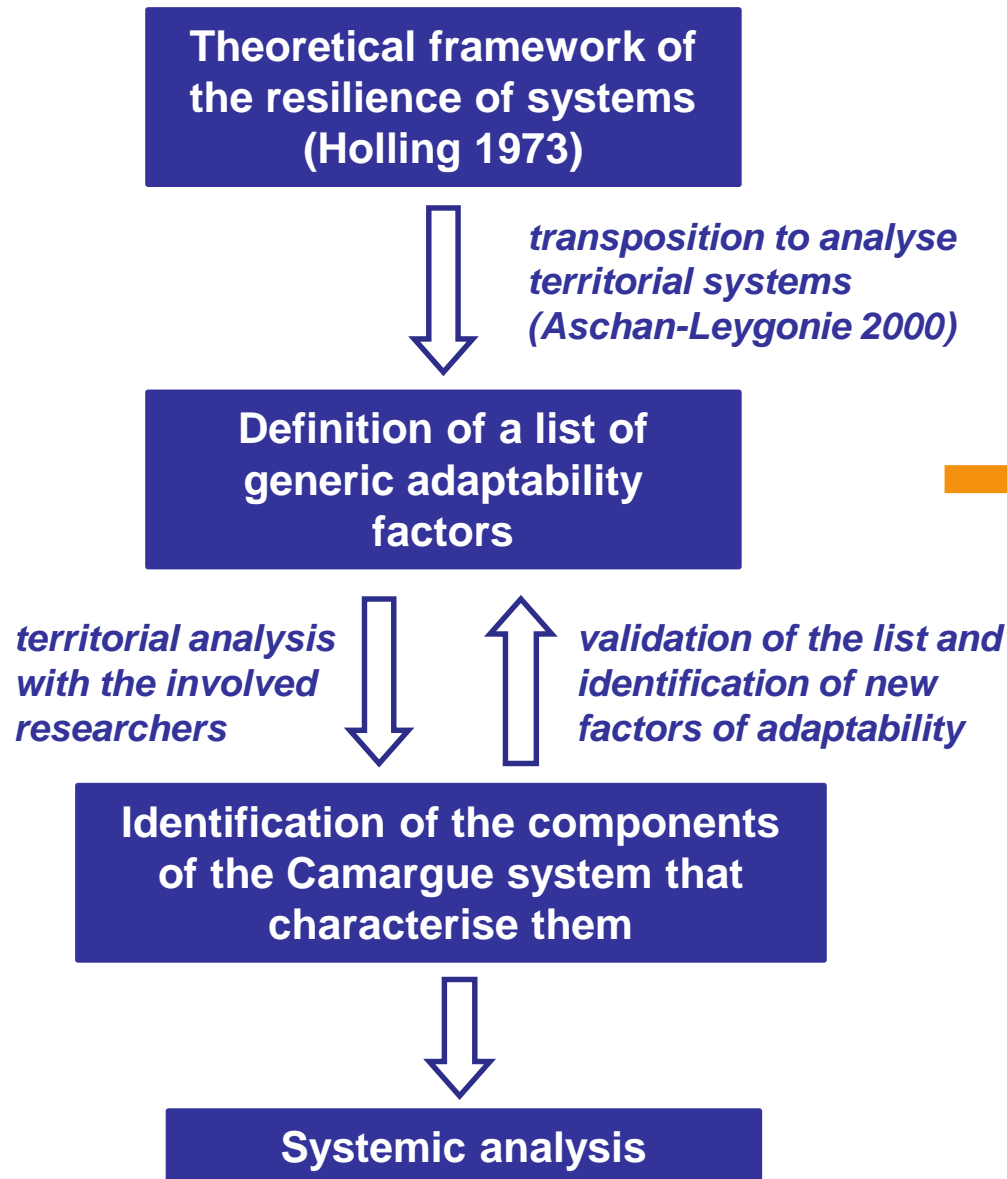
- How could the excess water in the delta be managed, in a context of sea level rise ?



### Aim:

To identify components and mechanisms that are favorable and unfavorable to adaptation in the Camargue system

## II. Territorial diagnosis and systemic analysis: Activities and actors in the Camargue delta facing the sea level rise



### Factors relating to the actors:

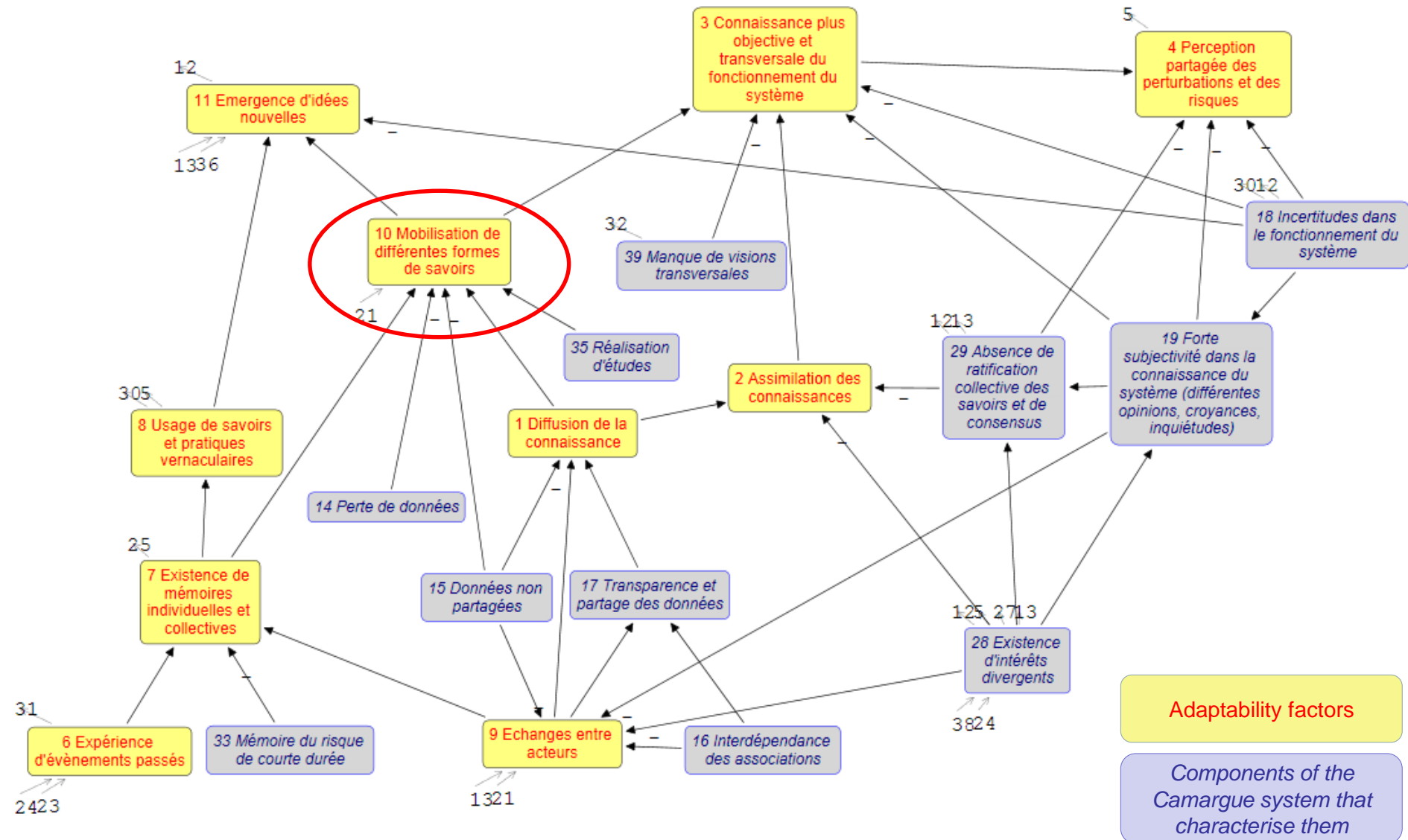
- Dissemination of knowledge
- Assimilation of knowledge
- Cross knowledge
- Shared perception of disturbances and risks
- Acceptance and integration of risks and changes
- Experience of past events
- Existence of individual and collective memories
- Knowledge and use of vernacular practices
- Exchanges between stakeholders
- Mobilisation of different types of knowledge
- Emergence of new ideas
- Innovative behaviors
- Cooperative management

### Factors relating to the spatial system:

- Nature of the system dynamics
- Diversification of the system
- Interactions between spatial entities
- Existence of spatial subsystems
- Past and current spatial arrangement

## II. Territorial diagnosis and systemic analysis: Activities and actors in the Camargue delta facing the sea level rise

### Excerpt of the causal diagram from Decision Explorer software



## II. Territorial diagnosis and systemic analysis: Activities and actors in the Camargue delta facing the sea level rise

### Summarised causal diagram

