

# Démarche géoprospective et modélisation causale probabiliste.

**Giovanni FUSCO**

UMR 6012 ESPACE, Université de Nice-Sophia Antipolis

# Géoprospective et modélisation : le contexte.

## La recherche scientifique

Grande variété de modèles :

- formalisme mathématique
- prise en compte de l'espace
- thématiques abordées
- ... raccordement difficile

avec pratique professionnelle

## La pratique professionnelle

Expérience PREDAT 06 :

- modèles systémiques qualitatifs
- modélisation quantitative sectorielle et a-spatiale
- du « bon sens » dans la construction des scénarios

# Une recherche méthodologique

## Objectifs :

- modéliser une interaction complexe territorialisée
- guider la construction de scénarios
- guider la détermination de politiques territorialisées
- ... raccordement avec la pratique professionnelle ?

## Le cas d'étude :

L'interaction littoral / arrière-pays dans la métropole touristique azurée, développement socio-économique et finances locales

... une recherche en cours dont seront présentés les premiers résultats

# Les partis de modélisation

- **Approche probabiliste bayésienne** : intégrer pleinement l'incertitude
- **Approche systémique** : prise en compte de l'interaction entre phénomènes
- **Approche diachronique** : attention aux évolutions dans le temps
- **Approche « constructiviste »** : un modèle « construit » par l'expert du domaine (éventuellement démarche participative)

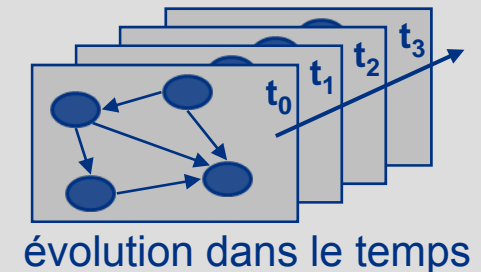
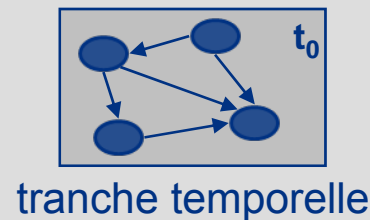
# Implications pour le modèle

- Une modélisation très simplifiée de l'espace



- Focalisation sur l'interaction complexe entre variables socio-économiques territorialisées

- Une modélisation en 2 étapes :

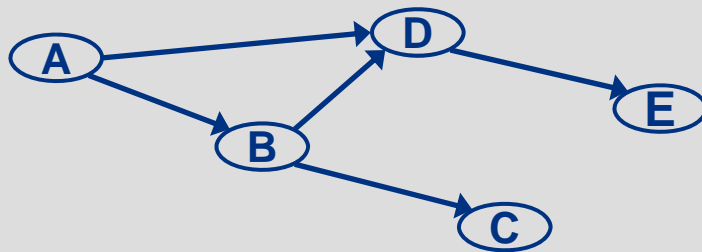


- Variables booléennes
- Fonctions « OU bruité », « ET bruité »

# Les réseaux bayésiens

Modèles de causalité probabiliste à base d'I.A.

## Le formalisme graphique



la structure du réseau

## Le contenu probabiliste associé

Lien A → B

VARIABLE B			
Variable A	[10 20)	[20 40)	[40 60]
[1 8)	0.90	0.08	0.02
[8 12)	0.10	0.50	0.40
[12 20]	0.02	0.18	0.80

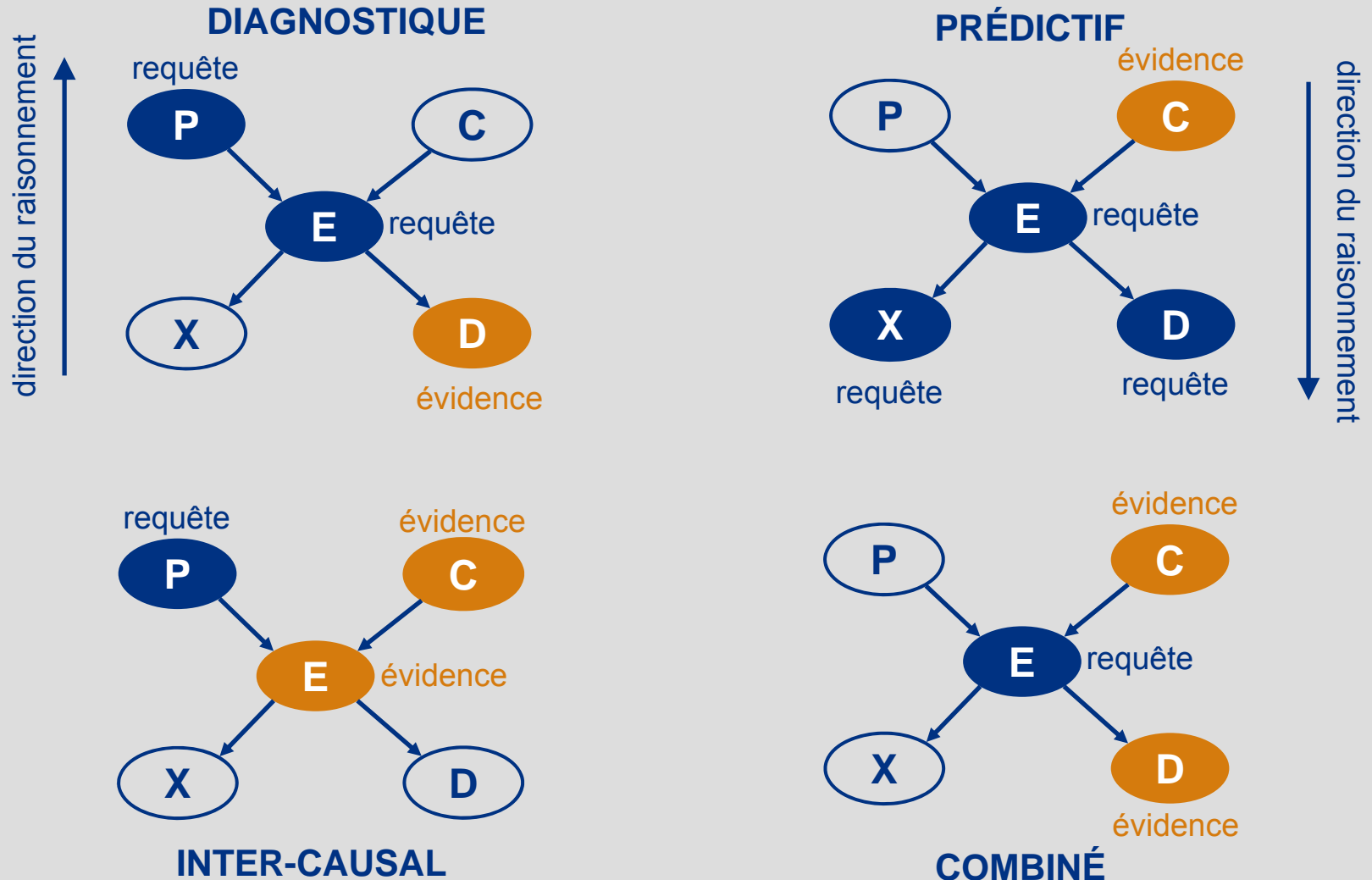
les paramètres du réseau

Structure et paramètres sont intimement liés (factorisation du réseau)

$$p(V_1, V_2, \dots, V_n) = \prod_{i=1}^n p(V_i | P(V_i))$$

$V_i$  = i-ème variable du réseau,  $P(V_i)$  = parents de la i-ème variable

# Types de raisonnement (d'après Nicholson et Korb)



# OU bruité, ET bruité

RB construit  $\longrightarrow$  paramètres ?

*Knowledge elicitation problem :*  
l'expert peut fournir seulement un nombre limité de paramètres

Or, nb de paramètres à estimer croit **exponentiellement** avec nb variables dans les relations causales

Hypothèse ICI :  
(*Independent Causal Impact*)

**nb paramètres = nb relations + 1**

estimation de  $p$ , force probabiliste de la relation  
*NoisyOR* (OU bruité) = cause suffisante  
*NoisyAND* (ET bruité) = cause nécessaire  
 $1 - p$  = probabilité d'inhibition de la cause

paramètre *leak* :  
prise en compte  
de l'incertitude  
liée aux variables  
oubliées

Zagorecki et Druzdzel (2005) :  
*NoisyOR* et *NoisyMAX*  $\approx$  50% TPC empiriques



# Les variables

## 38 modèle de diagnostic

### 5 externes

- croissance PIB
- évolution concurrence
- croissance démographie
- subventions
- choc énergétique

### 8 métropolitaines

*dont :*

5 intermédiaires

1 objectif + 1 utilité

- chômage

1 contrainte

## 40 variables

### 14 sous-syst. littoral

*dont :*

3 décisionnelles

- invest. tourisme
- invest. transports
- invest. résidentiels

6 intermédiaires

2 objectifs + 2 utilité

- qualité vie
- dette locale

1 contrainte

### 2 de rupture

- choc énergétique
- crise urbaine littoral

### 13 sous-syst. arrière-pays

*dont :*

3 décisionnelles

- invest. tourisme
- invest. transports
- invest. résidentiels

5 intermédiaires

2 objectifs + 2 utilité

- qualité vie
- dette locale

1 contrainte

# Le modèle

## 40 variables

## 85 liens

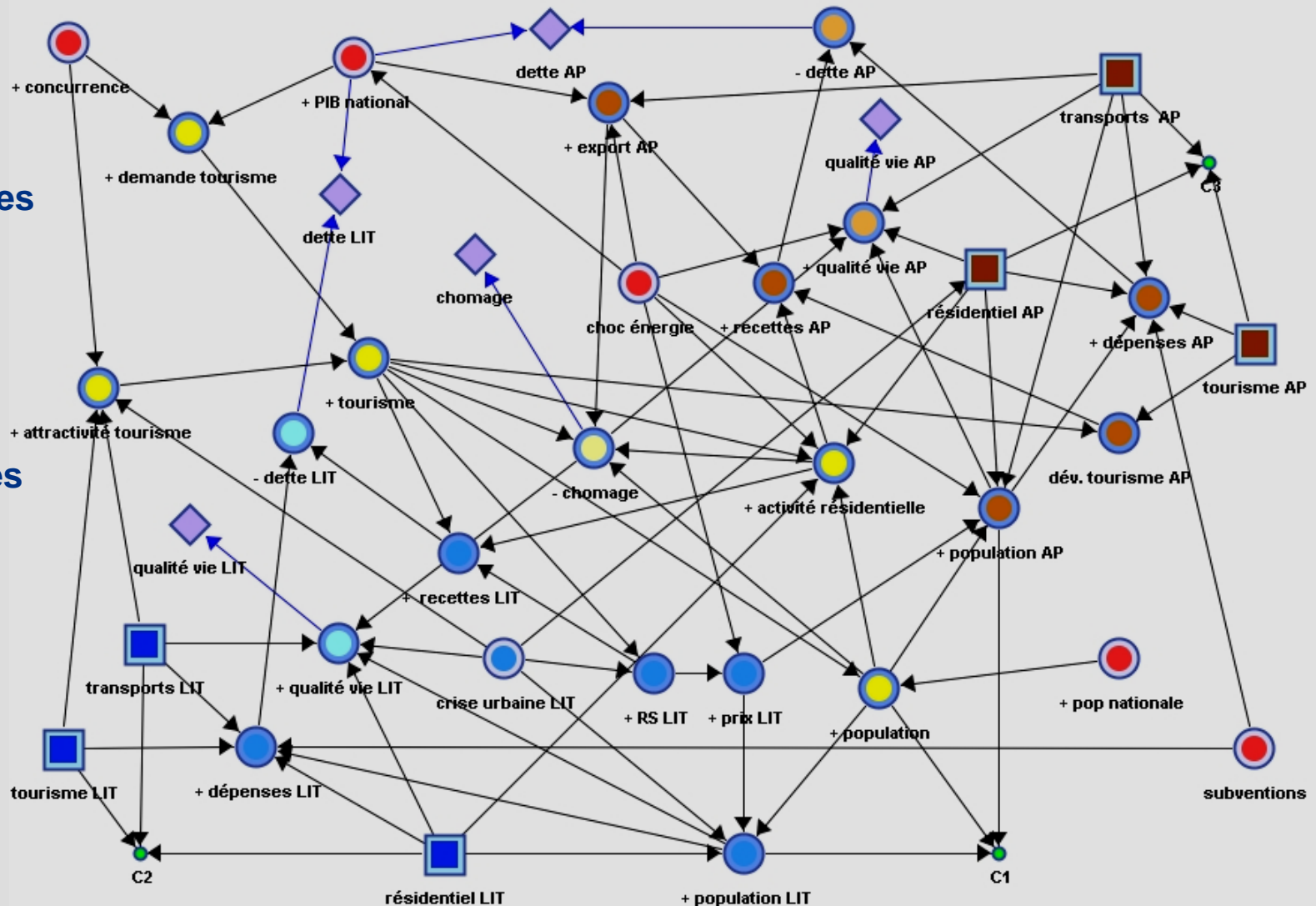
## 9 contrainte

## 7 utilité

## 69 causalité

70

## paramètres



**APPLICATIONS**

# Le point de départ



valeurs  
espérées  
des utilités

ruptures, phénomènes rares

apprentissage politique optimales

# Business as usual



Aucune rupture

Investissements résidentiels et dans les transports

Amélioration  
chômage et LIT,  
dégradation AP

# Comment construire des scénarios ?

Constat : impossibilité construction scénarios cohérents en l'absence d'un modèle du système.

Modèle RB = un outils essentiel dans l'exploration du comportement du système pour la création de scénarios.

Plusieurs  
démarches  
possibles :



**En avant**, par combinaisons « cohérentes » de variables externes et de rupture



**En arrière**, par combinaisons de variables objectifs

... raisonnement toujours probabiliste.

# La construction des scénarios

Inférence diagnostique  
des configurations les  
plus probables

Inférence prédictive  
et apprentissage  
politique optimale

Quel est le  
scenario **très  
favorable** le  
plus probable ?

- chômage  
+ qualité vie LIT  
+ qualité vie AP  
- dette LIT  
- dette AP

**+ PIB**  
**+ pop nationale**  
**- concurrence**  
**subventions**  
no choc énergie  
no crise urbaine litt.  
en réalité la qualité  
de vie se dégrade

• Investissements  
résidentiels et  
transports, LIT et AP  
• No investissements  
touristiques  
+ qualité vie LIT/AP  
+ export AP

Quel est le  
scenario **très  
défavorable** le  
plus probable ?

+ chômage  
- qualité vie LIT  
- qualité vie AP  
+ dette LIT  
+ dette AP

**- PIB**  
**- pop nationale**  
**+ concurrence**  
**? subventions**  
no choc énergie  
no crise urbaine litt.

• Investissements  
résidentiels et  
transports, LIT et AP  
• No investissements  
touristiques  
+ qualité vie LIT (et AP)  
- pop LIT + pop AP  
faute d'act. touristique  
relance act. résidentielle

# Scénarios de clivage Littoral / A-P

Inférence diagnostique  
des configurations les  
plus probables

Inférence prédictive  
et apprentissage  
politique optimale

Quel est le  
scenario le plus  
probable qui soit  
favorable au LIT  
et défavorable à  
l'AP ?

? chômage  
+ qualité vie LIT  
- qualité vie AP  
- dette LIT  
+ dette AP

+ PIB  
+ pop nationale  
- concurrence  
**subventions**  
no choc énergie  
no crise urbaine litt.

• Investissements  
résidentiels et  
transports, LIT et AP  
• No investissements  
touristiques

Quel est le  
scenario le plus  
probable qui soit  
favorable à l'AP  
et défavorable  
au LIT ?

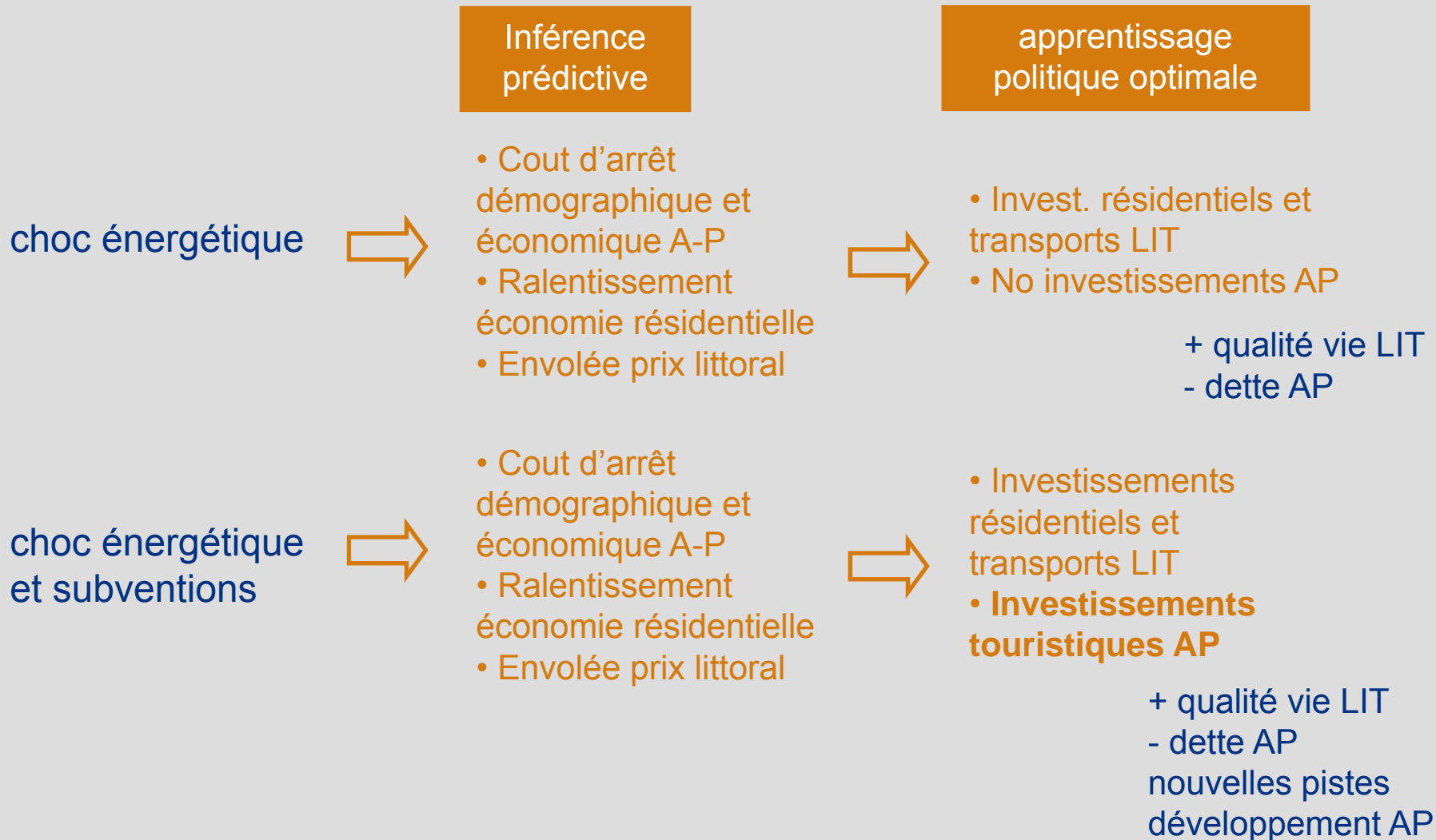
? chômage  
- qualité vie LIT  
+ qualité vie AP  
+ dette LIT  
- dette AP

+ PIB  
+ pop nationale  
- concurrence  
**no subventions**  
no choc énergie  
no crise urbaine litt.

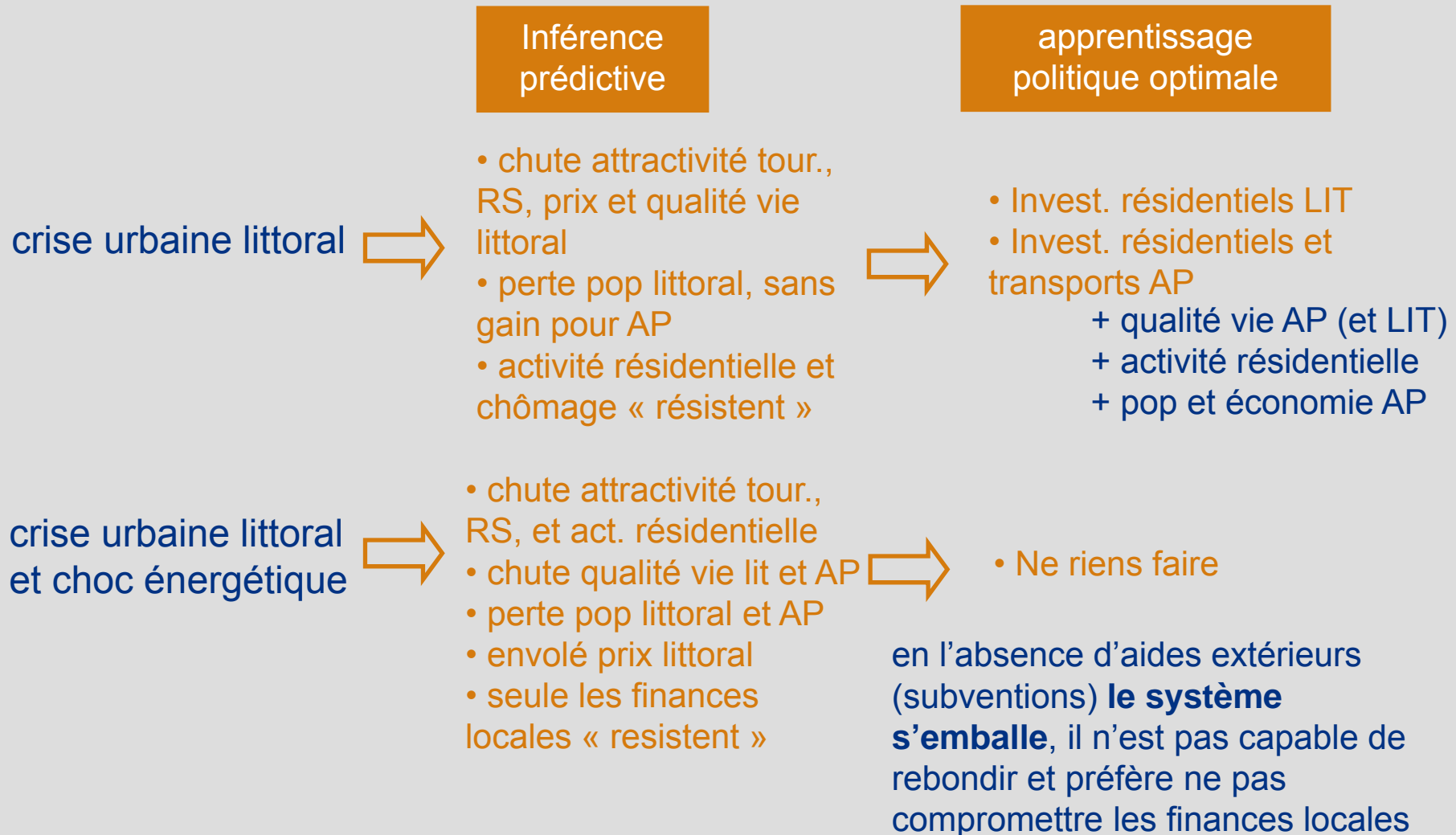
• Investissements  
résidentiels et  
transports, LIT et AP  
• No investissements  
touristiques



# Les scénarios de rupture 1



# Les scénarios de rupture 2



## Conclusions : la connaissance territoriale

Un prototype d'application et pourtant ...

- **La forte imbrication** entre sous-systèmes littoral et arrière-pays (imbrication démographique, socio-économique et, indirectement, financière)
- *Business as usual* : dégradation tendancielle qualité de vie et finances locales AP
- Fragilité AP à choc énergétique
- Fragilité du système territorial au double choc énergie + crise urbaine

## Conclusions : les apports méthodologiques

- **Démarche** modélisatrice à **base d'incertitude** susceptible d'accompagner une géo-prospective
- Possibilité d'**explorer la complexité des interactions** entre variables territorialisées
- Modélisation de **niveau « stratégique »** : trait d'union entre modélisation prospective a-spatiale et modélisation géoprospective spatiale à haute résolution
- Hypothèse ICI : **un modèle à la portée de l'expert**

# Les perspectives de recherche

EN COURS :

- Rendre le **modèle dynamique**

POUR LE FUTUR :

- Complexifier l'appréhension de l'**espace**
- Complexifier la description des **relations causales probabilistes** (variables à modalités multiples, tout en restant dans l'hypothèse ICI)
- Complexifier la **démarche de construction** du modèle (démarche participative pour la structure, delphi pour les paramètres)
- Explorer des **scenarios de modification du système** (structure, paramètres)

# **Merci de votre attention**

**[giovanni.fusco@unice.fr](mailto:giovanni.fusco@unice.fr)**