



Vulnérabilité et résilience: géométrie variable des deux concepts

D. Provitolo¹⁻²

¹ UMR 6526 Géoazur, CNRS, Sophia Antipolis

² UMR 6049 ThéMA, CNRS , Besançon

Le domaine des risques et catastrophes

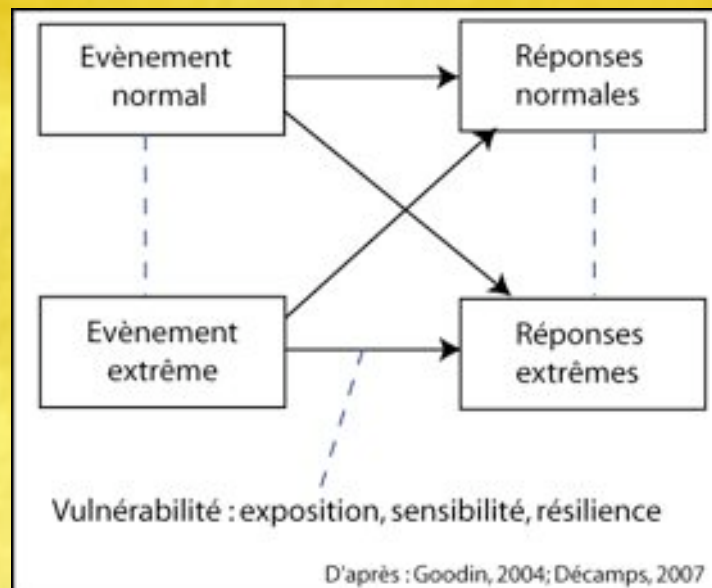
● Des notions aux réalités diverses qui désignent:

- ⊙ La possibilité ou l'effectivité d'un événement
- ⊙ Les dommages
- ⊙ Les réponses des systèmes aux événements

Le domaine des risques et catastrophes

● Les réponses aux événements

- ⊙ conditions de vulnérabilité susceptibles de déterminer des réponses (normales/extrêmes) de la part des systèmes exposés aux événements normaux ou extrêmes (Goodin, 2004; Descamps, 2007)



Séminaire résilience, ENS Paris,
D. Provitolo, Nov. 2009



L. Robert ,
Le lendemain du tremblement de terre.
1830



Cintio'AMDATO, Naples, 1671,
La saignée



A. Thomas, Procession de Saint Janvier
à Naples pendant l'éruption du Vésuve.
1822

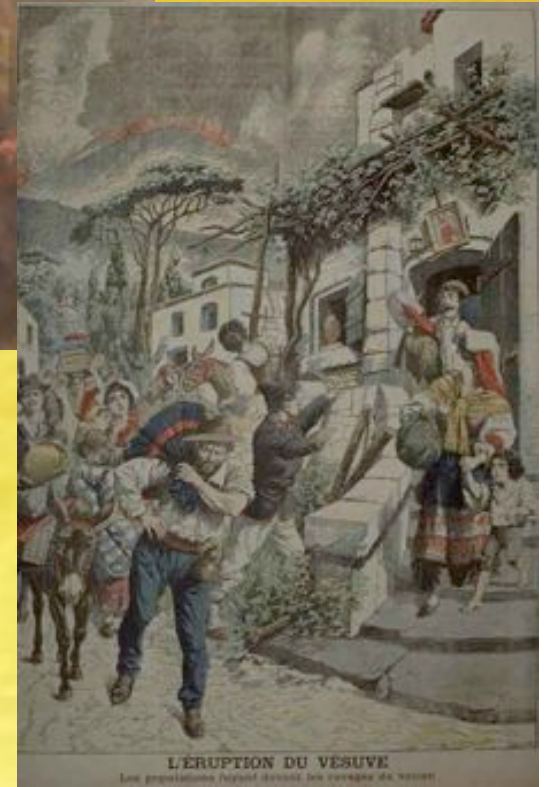
Séminaire résilience, ENS Paris,
D. Provitolo, Nov. 2009



COT P. A. (1837-1883) D'après Poussin,
Peste » d'Athènes en 429 av JC



Michael Wutky, L'éruption du
Vésuve. XVIII^{ème}



L'éruption du Vésuve - XIX^{ème}

Séminaire résilience, ENS Paris,
D. Provitolo, Nov. 2009

Vulnérabilité/Résilience: quels liens?

- Deux approches *a priori* différentes pour étudier la vulnérabilité des systèmes soumis à des perturbations mineures ou majeures, graduelles ou ponctuelles :
 - ⊙ Analyse de la vulnérabilité, de la fragilité des enjeux : une approche à connotation négative ?
 - ⊙ Analyse de la résilience des systèmes : une approche à connotation positive?

La vulnérabilité sur la sellette

- **De la vulnérabilité biophysique (1) à la vulnérabilité sociale (2)**
(Adger, 1999 ; Adger and Kelly, 1999),

- ◎ **La vulnérabilité biophysique** : une estimation des dommages à partir des pertes/gains

- ◎ La « **possibilité de perdre, de connaître des dommages** »
(Metzger, D'Ercole, 2008)
- ◎ **Vb = f (exposition à la perturbation, résistance, sensibilité aux impacts de l'aléa)**
 - Exposition = présence d'éléments mis en jeu par une perturbation
 - Résistance = possibilité d'un système d'absorber ou contrecarrer les effets d'une perturbation sans subir de dégâts - Ex vulnérabilité des bâtiments face à un séisme (programme Risk UE)
 - Sensibilité découle de la résistance = dommage que le système est susceptible de subir
- ◎ Limite : n'intègre pas les capacités de réponses des systèmes

La vulnérabilité sur la sellette

⊙ La vulnérabilité sociale

⊙ Une propriété de l'enjeu qui dépend du système social et non de l'aléa (Y. Veyret, 2004).

- Un état qui existe à l'intérieur d'un système avant qu'il ne soit confronté à un aléa (Adger, 1999; Adger and Kelly, 1999).
- On parle aussi de **Vulnérabilité inhérente** (N. Brooks, 2003).
- Identification des facteurs limitant ou augmentant les endommagements ou influant la capacité des individus, groupes, institutions ou sociétés à faire face aux perturbations (Allen, 2003)
 - Niveau de ressource, d'accessibilité aux crédits et à l'information
 - Facteurs culturels et institutionnels
 - Facteurs techniques et organisationnels

Les limites conceptuelles des vulnérabilités biophysique et sociale

- Analyse de la vulnérabilité biophysique à partir de facteurs passifs (exposition, résistance, sensibilité)
 - Or, un système biophysique développe aussi des capacités à faire face
 - ◎ Ex: adaptation des espèces vivantes aux fluctuations du climat
- Analyse de la vulnérabilité sociale à partir de facteurs actifs mais indépendamment de l'exposition à la perturbation
- Absence de prise en compte des interactions entre les éléments vivants et les espaces qu'ils occupent (Reghezza, 2006; Hilhorst, 2004)

La vulnérabilité ouvre la voie à la notion de résilience

● Evolution du concept de vulnérabilité sociale

- ⊙ Elle est à la fois intrinsèque au système, mais elle est également fonction de son exposition, sa capacité à connaître une perturbation, l'absorber, s'y **adapter** et retrouver un fonctionnement satisfaisant.
- ⊙ « The degree to which a system is susceptible to, and unable to cope with, adverse effects of climate change, including climate variability extremes. **Vulnerability is a function of the character, the magnitude, and rate of climate change and variation to which a system is exposed, its sensitivity and its adaptive capacity** » (GIEC, 2001)

La vulnérabilité ouvre la voie à la notion de résilience

● Trois formes de capacité adaptative :

- ⊙ **Anticipative ou proactive** : a lieu avant la perturbation, par ex. avant que les effets du changement climatique, de la grippe H1N1 soient observables
= Stratégies de prévention
- ⊙ **Autonome et spontanée** : ne constitue pas une réaction réfléchie aux aléas - Résulte des changements écologiques des systèmes naturels ou d'une évolution des conditions socio-économiques propres aux systèmes anthropiques
- ⊙ **Réactionnelle**: a lieu pendant et après les effets de la perturbation (gestion de l'événement, retour d'expérience,...)

La vulnérabilité ouvre la voie à la notion de résilience

- Résilience peut être approchée à la fois comme:
 - ⊙ Capacité à anticiper ce qui peut l'être, à prévenir l'aléa
 - ⊙ Capacité à réagir, faire face à ce qui survient de manière imprévue ou non (faire mieux que résister)
 - ⊙ Aspiration à une amélioration de la situation
- Derrière l'idée de résilience, il y a l'idée de **retour à un état d'équilibre** après une perturbation OU de « **possibilité de transformation, de réorganisation, de renouvellement** » des structures et fonctions d'un système.
 - ⊙ Analyse des transformations à partir des trajectoires du système
- **La résilience est-elle un facteur de lutte contre la vulnérabilité?**

La résilience, un concept mouvant et disparate

- Des résiliences disciplinaires...

- ⊙ La résilience vue par les sciences écologiques
- ⊙ L'apport des SHS et des recherches transdisciplinaires

- A la résilience systémique

- ⊙ Modèle du Cycle adaptatif (Resilience Alliance)
- ⊙ Modèle de Panarchy (Gunderson and Holling, 2002)

Des résiliences disciplinaires...

● Sciences écologiques (avant les années 80):

⊙ Résilience (Holling, 1973) :

⊙ Capacité d'un écosystème à intégrer dans son fonctionnement une perturbation sans modifier sa structure qualitative

⊙ Capacité à se remettre du choc et à retourner à son état initial (= mono équilibre)

- Aptitude d'un écosystème à se remettre plus ou moins vite d'une perturbation
- Se mesure par la durée de retour à l'équilibre de l'écosystème

**Résilience = f (Capacité de résistance pendant la perturbation,
Capacité de récupération/regénération
pendant/après)**

➔ Grande ressemblance avec la Vulnérabilité sociale

Des résiliences disciplinaires...

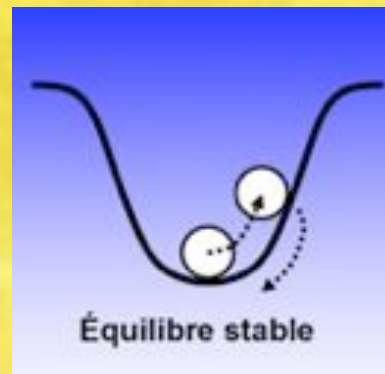


Un exemple de résilience écologique : Après le passage du feu dans une prairie, de nouvelles pousses apparaissent

Séminaire résilience, ENS Paris,
D. Provitolo, Nov. 2009

Des résiliences disciplinaires...

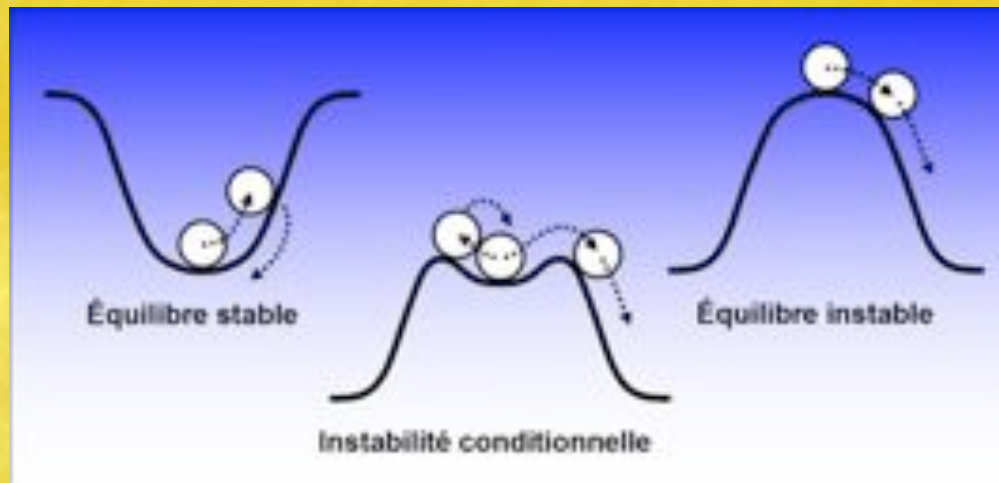
- **Sciences écologiques (depuis milieu années 80):** deux visions distinctes de la résilience pour étudier les systèmes écologiques
 - ⊙ **Engineering resilience:** un système résilient est un système stable près d'un état d'équilibre permanent (Pimm, 1984)
 - ⊙ R = capacité d'une structure subissant un choc ou une pression continue à perdurer sans se transformer
 - ⊙ Mesure de la résilience : résistance et rapidité de retour à l'équilibre



Source:
<http://asso-former.univ-rennes1.fr/ec/resilience/>

Des résiliences disciplinaires...

- ⊙ **Ecosystem resilience ou ecological resilience** = système maintient ses fonctions et ses structures en passant par différents états d'équilibres (stables et instables). Il intègre des transformations tout en évoluant et en maintenant l'existence des fonctions et structures essentielles.



Les différents états d'équilibre stables et instables

Source:
<http://asso-former.univ-rennes1.fr/ec/resilience/>

Des résiliences disciplinaires...

- **Psychologie** (B. Cyrulnik): traumatisme maximum que peut subir un individu avant de se reconstruire

- **Sciences économiques: L'économie résiliente peut revêtir des sens différents**
 - ⊙ 1. Conservation intégrale du système face à un choc

 - ⊙ 2. Renouvellement du système économique.
 - ⊙ Se dégage de la notion de mono équilibre et de la conservation, via des transformations, de la structure qualitative

- **Deux formes de résilience (Dovers and Handmer, 1992)**
 - ⊙ La résilience réactive = résistance du système au changement pendant l'évènement

 - ⊙ La résilience proactive = capacité des personnes à anticiper, apprendre, s'adapter, faire face et se remettre d'un évènement

Des résiliences disciplinaires...



Un contre exemple de résilience urbaine réactive : Vue aérienne des impacts du séisme de 2008 sur la ville de Beichuan (province du Sishuan, Chine)

Séminaire résilience, ENS Paris,
D. Provitolo, Nov. 2009

A la résilience systémique

- *Resilience Alliance*, groupe de recherche multidisciplinaire qui étudie les dynamiques des systèmes complexes adaptatifs a fait évoluer ce concept.
- Résilience s'applique désormais aux systèmes socio-écologiques.
- Les recherches s'affranchissent des notions de capacité à se maintenir ou à retourner à un état d'équilibre pour:
 - ⊙ S'intéresser aux fonctionnements et aux interactions.
 - ⊙ Préférer les notions de renouvellement du système, de re-organisation, d'émergence de nouvelles trajectoires.

La résilience systémique



Domaine de stabilité n°1: bassin d'attraction profond	Modification des variables environnementales: diminution de la profondeur du bassin d'attraction	Variables de changement de domaine de stabilité	Domaine de stabilité n°2: bassin d'attraction encore plus profond que le précédent
Lacs à eaux claires	Accumulation de phosphore au sein des sols agricoles et des sédiments du lac	Submersion, réchauffement, surexploitation des prédateurs	Lacs à eaux turbides
Récifs coralliens	Surpêche, eutrophisation littorale	Maladie, blanchissement, ouragans	Récifs dominés par les algues
Prairies	Pression de chasse sur les herbivores	Maladie	Forêt

Etats alternatifs au sein d'une diversité d'écosystèmes (1,4) avec les causes (2) et déclencheurs (3) impliqués dans la perte de résilience et le changement d'état (d'après Folke et al., 2004)

Source:
<http://asso-former.univ-rennes1.fr/ec/resilience/>

Séminaire résilience, ENS Paris,
 D. Provitolo, Nov. 2009

Application d'états alternatifs aux villes



Beichuan, ville fantôme ?



Pompéi, ville fantôme, site touristique

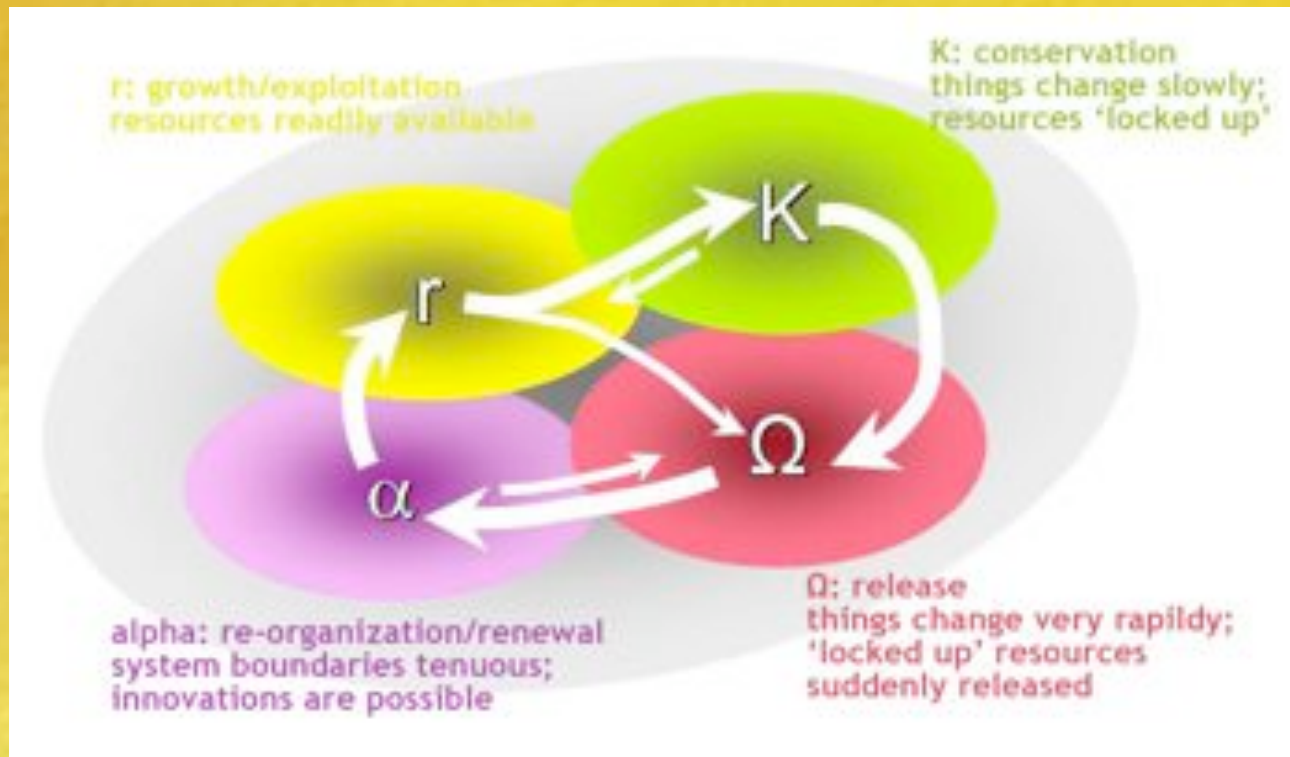
Villes fantômes

Séminaire résilience, ENS Paris,
D. Provitolo, Nov. 2009

La résilience systémique

- ⊙ Modèle du Cycle adaptatif (Resilience Alliance)
- ⊙ Modèle de Panarchy (Gunderson and Holling, 2002)

Le cycle adaptatif: un modèle de transition entre différents états de stabilité



La capacité d'un système à passer par ces différentes phases correspond à sa résilience

Quatre phases en interaction pour étudier la dynamique des systèmes:

- r = La croissance
- K = La conservation
- Ω = L'effondrement ou la destruction
- α = La réorganisation ou le renouvellement - Innovation

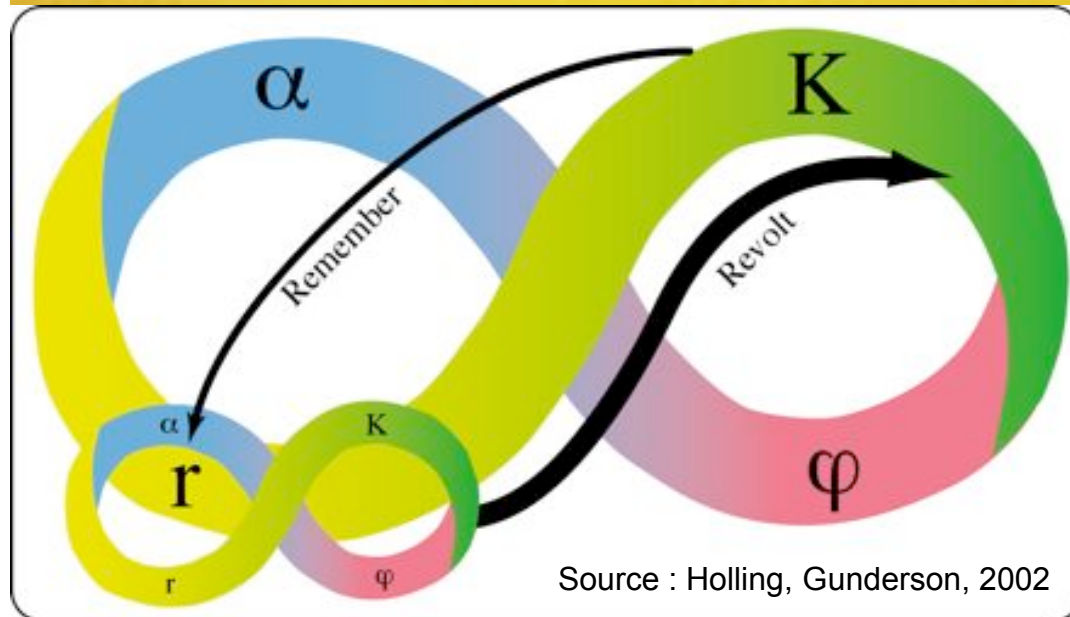
Appliquer le cycle adaptatif à la gestion des systèmes urbains

- Identifier la phase de stabilité dans lequel se situe le système urbain.
 - En phase de croissance ?
 - En phase de réorganisation suite à un choc économique?
 - Questions d'actualités (crise des subprimes)
- Identifier les jeux d'acteurs et de pouvoirs, les variables clés de changement, les dynamiques du système
- Définir les forces agissant sur le système, à différents niveaux d'organisation, (réglementation nationale et internationale)

Séminaire résilience, ENS Paris,
D. Provitolo, Nov. 2009



Panarchy : Analyse multi scalaire de la résilience des systèmes dynamiques



-Panarchy: mécanisme de connexion entre les niveaux

-Deux connexions déterminantes:

- **Révolte**: des événements rapides à une échelle inférieure bouleversent des processus lents à une échelle supérieure

- **Mémoire**: Le renouvellement du cycle est organisé par la phase K (conservation) du prochain niveau. Le renouvellement s'appuie sur l'héritage (biologique, institutionnel, économique)

Cette approche implique que la disparition d'un sous système peut révéler la capacité de résilience d'un méta système

Dresde: Ville résiliente basée sur la mémoire



Résilience systémique

- Ainsi, les systèmes complexes adaptatifs sont résilients lorsque:
 - ⊙ Ils ne répondent pas passivement aux perturbations
 - ⊙ Ils sont capables de **s'adapter, d'apprendre**
 - ⊙ Pour se re constituer, se re organiser et donc se transformer

Résilience systémique

- Concept bien adapté à la gestion des risques possédant une double dimension physique et sociale (Van der Leeuw et Ashan Leygonie, 2000)
- Mais cette définition ne se distingue pas clairement de celle de vulnérabilité
- Etudier la vulnérabilité d'un SES c'est aussi analyser sa capacité à se remettre d'une situation, à récupérer. Or, le renouvellement du système, voire l'émergence de nouvelles trajectoires (notions liées à la résilience) sont des propriétés de récupération, des propriétés qui modifient la vulnérabilité d'un système.



Arc-en-ciel ou brouillard de sens?

Séminaire résilience, ENS Paris,
D. Provitolo, Nov. 2009

La vulnérabilité résilience : un regard dans une autre direction

● Anciens questionnements :

- ⊙ La résilience est-elle un facteur de vulnérabilité ou bien constitue-t-elle une composante externe aux éléments vulnérables ?
- ⊙ La vulnérabilité est négative, la résilience positive?
 - ⊙ Vulnérabilité positive (Gallopín, 2003) lorsque le changement apporte une transformation bénéfique
 - Vulnérabilité d'un système politique dictatorial entraîne l'effondrement du régime oppressif
 - Emergence d'un groupe social à partir d'une situation de pauvreté chronique

● Nouvelle perspective de recherche: la vulnérabilité et la résilience vue comme un continuum: **la notion de vulnérabilité résilience**

La vulnérabilité résilience

● Cette notion permet:

- ⊙ De se dégager d'une vision binaire : la connotation négative de la vulnérabilité et positive de la résilience
 - ⊙ La vulnérabilité ne décrit pas uniquement les facteurs qui peuvent détériorer la réponse individuelle ou collective

 - ⊙ La résilience n'est pas *de facto* une réponse appropriée.

- ⊙ D'appréhender la vulnérabilité à la fois comme une vulnérabilité latente mais aussi comme **un processus dynamique et réactif** qui arrive quand des activités « normales », des systèmes sont perturbées.

La vulnérabilité résilience

- Avoir une vulnérabilité résilience ne suggère pas que les éléments ne soient pas blessés ou endommagés, mais explique comment ils s'adaptent et se remettent du choc.
- La notion de vulnérabilité résilience se propose de traduire l'idée que la vulnérabilité peut être traversée et modifiée par la résilience considérée sous un angle global, à savoir que cette résilience peut, d'une part, être directement liée à la vulnérabilité à laquelle elle s'applique et d'autre part, avoir un effet positif ou négatif selon l'échelle à laquelle l'on étudie le système.

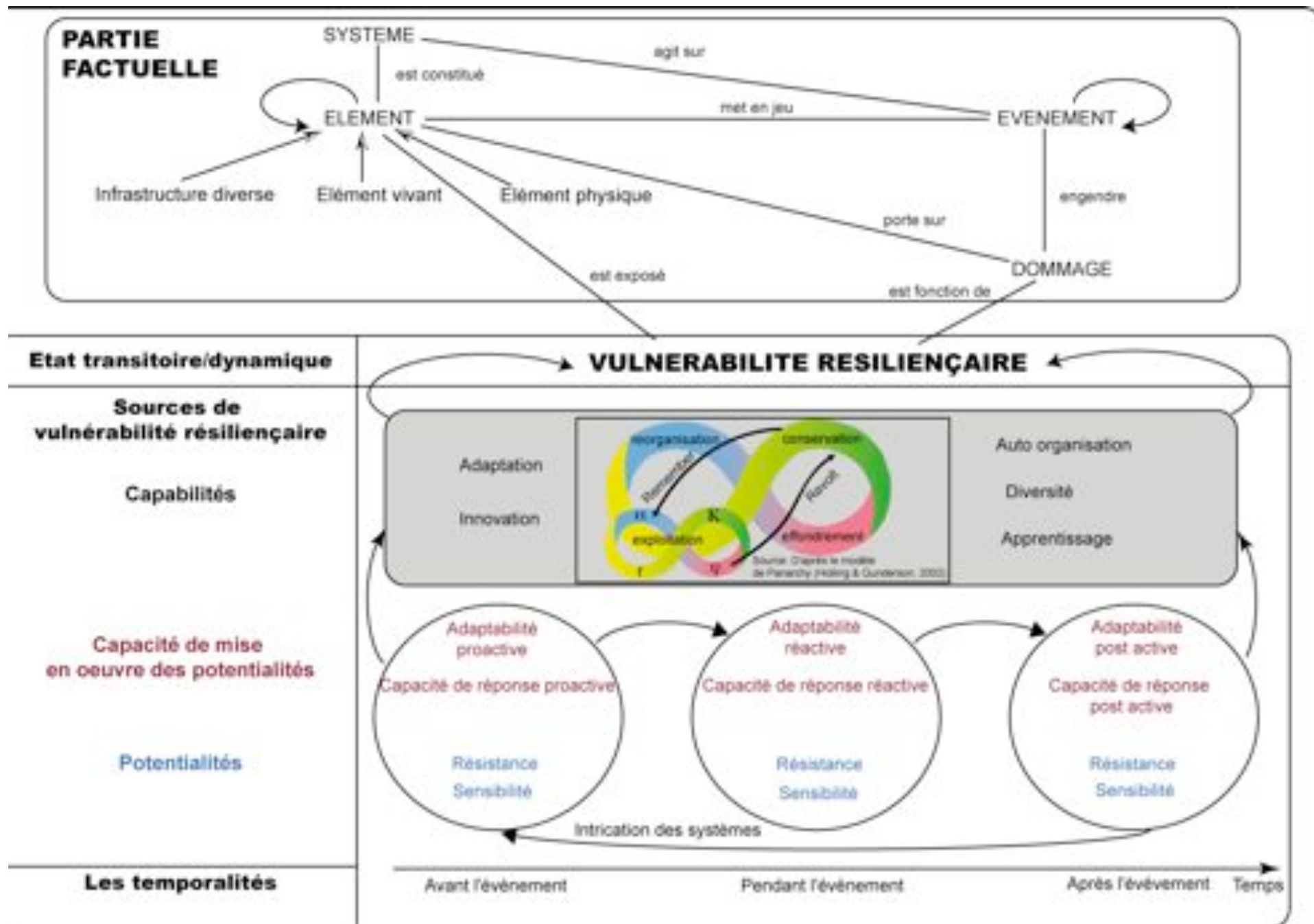


Figure 1. Un modèle conceptuel d'analyse de la vulnérabilité résilienceaire face aux risques et catastrophes

D. Provitolo, 2009

Un modèle conceptuel d'analyse de la vulnérabilité résilience face aux risques et catastrophes

- Modèle composé de deux sous-systèmes:
 - ⊙ La partie factuelle : les éléments et les événements en présence
 - ⊙ La partie vulnérabilité résilience : une double entrée de lecture : les potentialités, capacités et « capabilités » d'un système à se protéger des risques et à réagir aux catastrophes pour un environnement temporel complet

La vulnérabilité résilience

- L'analyse de la Vulnérabilité résilience s'effectue en 3 étapes et sur 3 temporalités:
 - ⊙ **Les potentialités**
 - ⊙ Résistance
 - ⊙ Sensibilité
 - ⊙ **Les capacités** de mise en œuvre des potentialités
 - ⊙ Adaptabilité
 - ⊙ Capacité de réponse
 - ⊙ **Les capabilités** = l'ensemble des actions effectivement mises en œuvre au sein d'un système exposé au risque et les différentes trajectoires par lesquelles le système peut transiter.

La vulnérabilité résilience

Les potentialités

- Résistance = capacité d'un système d'absorber ou contrecarrer les effets d'une perturbation sans subir de dégâts
- Sensibilité = potentiel de résistance et potentiel réactif (disponibilité des ressources, existence ou non d'observatoire de surveillance, de système d'alerte)

La vulnérabilité résilience

La capacité de mise en œuvre des potentialités

- Elle s'effectue par le biais des capacités de réponse du système et son adaptabilité
- Ces propriétés sont qualifiées de proactive, réactive, ou post active
- L'adaptabilité représente davantage un potentiel que l'adaptation actuelle (Brooks, 2003)
- La mise en place de la capacité adaptative va agir sur le processus d'adaptation et sur le résultat, i.e. le système s'adapte

Vulnérabilité résilience

- L'adaptabilité est souvent présentée comme un facteur qui augmente la résilience d'un système.
- Mais cela peut aussi amener à une perte de résilience:
 - ◎ le multi échelles, multi niveaux : adaptabilité de certains groupes d'éléments vivants au détriment d'autres, adaptabilité à l'échelle micro au détriment du macro,
 - ◎ adaptabilité du système pour un choc bien précis peut entraîner la décroissance d'une résilience générale face à des chocs inconnus ou extrêmes,
 - ◎ perte de la diversité des réponses.

La vulnérabilité résilience

⊙ Les capacités transcendent:

⊙ Les propriétés qui déterminent la dynamique d'un système affecté par une perturbation

- La diversité
- L'auto organisation
- L'apprentissage
- L'innovation
- L'adaptation

⊙ Les différentes trajectoires par lesquelles le système peut transiter : cf le modèle de Panarchy

Conclusion

- Se préparer aux événements extrêmes
 - ⊙ À partir des événements mineurs
 - ⊙ Accroître et diversifier les potentiels, capacités et capabilités
 - ⊙ Ex accroître les ressources des systèmes de santé publique des pays pauvres et des pays riches: cf Etats Unis

- Apprendre à vivre avec le changement et l'incertitude et ne pas chercher une maîtrise du court terme mais une dynamique résiliente sur le long terme
 - ⊙ Apprendre des crises
 - ⊙ Innover

Conclusion

- Utiliser la vulnérabilité résilience pour définir et réaliser des actions sur le long terme, des actions durables
- Eviter les erreurs du passé, mieux gérer collectivement
- Ouvrir la réflexion sur les propriétés dynamiques des systèmes vulnérables (et donc réaliser des comparaisons entre systèmes)