

RÉSILIENCE URBAINE

La vision des urbanistes et des ingénieurs



SOMMAIRE

- 1 UN ENJEU ÉMERGENT.....P. 3
- 2 LE CONCEPT DE RÉSILIENCE.....P. 6
- 3 NOTRE APPROCHE.....P. 10
- 4 ROSAU – EXEMPLES.....P. 13

UN ENJEU ÉMERGENT

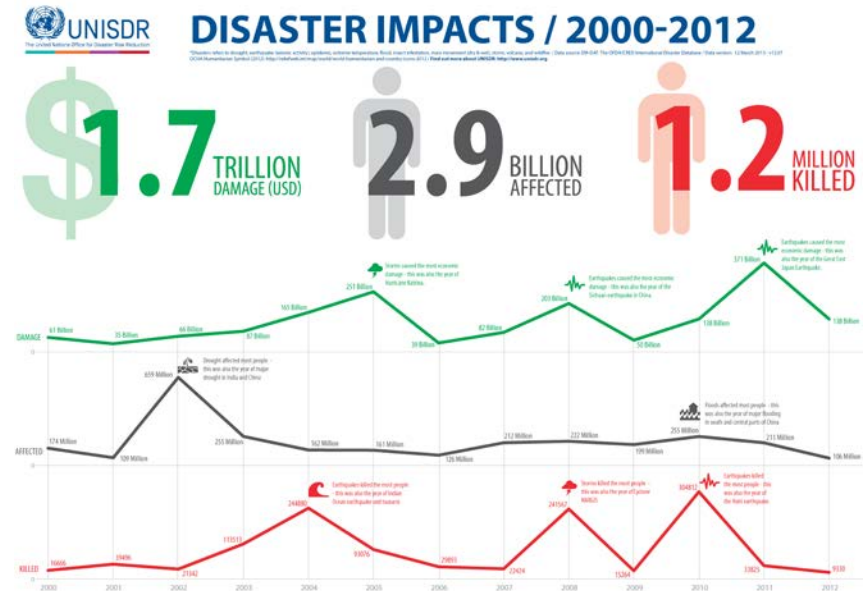
En 10 ans, chaque partie du monde a été touchée par des catastrophes.

Si les séismes sont parmi les plus meurtriers (Sichuan/Chine/2008, Haiti/Caraïbes/2010, Japon/Asie/2011), les ouragans (Katrina/USA/2005, Nargis/Asie du Sud/2008) et les tsunamis(Océan Indien/2004) ont été responsables de nombreuses pertes humaines et dommages.

Les sécheresses et les inondations, généralement moins impressionnantes, ont également affecté des centaines de milliers de personnes chaque année, avec des conséquences dramatiques sur le long terme.

Dans ces situations, la survie des populations dépend de la robustesse des bâtiments et des espaces publics, mais aussi de la capacité des autorités à réagir puis gérer la crise, de l'urgence à la reconstruction

Pour ce faire, les infrastructures sont indispensables, bien qu'elles soient généralement fortement endommagées. Capacité de résistance, gestion de crise et rétablissement sont alors remis en cause par la perte de ces services invisibles mais fondamentaux.



UN ENJEU ÉMERGENT

Les services techniques urbains, distribués par les infrastructures en réseau, sont vulnérables aux risques.

- D'après le Haiti Post Disaster Needs Assessment 2010, les dommages aux infrastructures (incluant les bâtiments) résultant du séisme de janvier nécessitent 15 % des besoins financiers totaux estimés pour la reconstruction.

Système technique	Dommages (coût direct en millions \$)	Pertes (coût indirect en millions \$)
Eau et assainissement	34	201,4
Transport	307,1	289,1
Télécommunications	94	46
Énergie	20,8	37,23

- Suite à l'ouragan Sandy, 7 tunnels traversant l'East River et 8 stations de métro ont été noyées à New York, ainsi que la gare de triage de North's Harmon et 6 dépôts de bus. Si 80 % du service opéré par MTA a été rétabli en 5 jours, les transports restent dégradés pendant plusieurs semaines. En conséquence, les New-Yorkais ont connu un service discontinu et moins efficace pendant plusieurs mois suite à la perte ou la dégradation des infrastructures de régulation entre autres.



Port-au-Prince après le séisme (source: Haiti PDNA 2010)



Le service de métro de New York à J+3 (à gauche), et J+6 (à droite) après Sandy (lignes interrompues en gris) (source: Metropolitan Transport Authority)

UN ENJEU ÉMERGENT

Quels changements?

Les urbanistes et les ingénieurs conçoivent des villes et des infrastructures depuis des décennies, voire des siècles.

Nous recherchons l'équilibre entre le coût et la performance, en assurant toujours la sécurité. Cependant, les perturbations sont inévitables et ces situations doivent être prises en compte.

C'est pourquoi il est nécessaire d'évaluer et de maîtriser les impacts du dysfonctionnement d'une infrastructure sur l'ensemble du territoire.

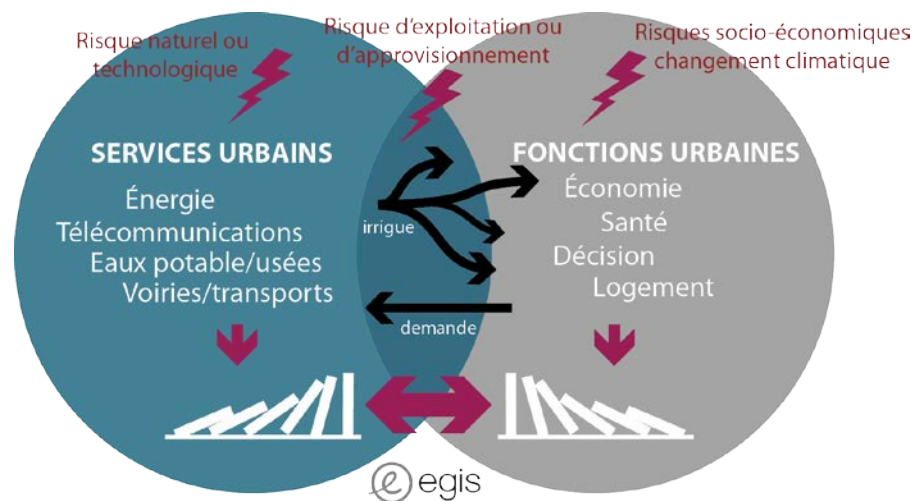
Les réseaux techniques urbains: électricité, eau potable, assainissement, télécommunications, routes, transports sont le support des fonctions de la ville.

Les réseaux sont vulnérables aux perturbations tout en étant indispensables à la gestion des risques et au rétablissement. Ils sont cependant gérés comme s'ils étaient autonomes alors qu'ils sont justement fortement interdépendants. Ainsi, leur capacité à soutenir les fonctions urbaines est remise en cause.

Nous faisons l'hypothèse que les réseaux sont un levier majeur de l'action des collectivités dans l'amélioration de la résilience urbaine.



Le Pont du Gard (France) construit au 1^{er} siècle

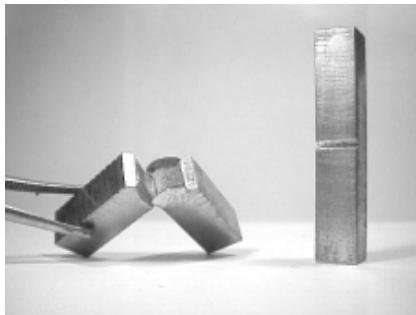


LE CONCEPT DE RÉSILIENCE

Resilire: littéralement sauter en arrière

Les premières acceptions du terme se réfèrent au rebond et à la capacité à revenir rapidement à l'état antérieur.

En mécanique, l'essai de résilience de Charpy est un test de résistance à la traction, torsion, compression, flexion, cisaillement et fatigue. Il caractérise la résistance d'un matériau à un choc.



Questions:

Propriété ou processus?

Inné ou acquis?

Retour à un état antérieur ou à un nouvel équilibre?

Psychologie

- | Capacité d'un individu à se reconstruire après un traumatisme

Écologie

- | Capacité d'un éco-système à maintenir son fonctionnement sous contraintes

Économie

- | Capacité à maintenir la production proche de son potentiel malgré un choc

Informatique

- | Capacité d'un système ou d'un réseau à maintenir le service durant une perturbation

Questions:

Quelle traduction pour une ville?

Quel périmètre du système?

Quelles caractéristiques à évaluer?

LE CONCEPT DE RÉSILIENCE

Le concept de résilience s'impose de plus en plus dans la gestion de la ville car il permet de prendre en compte les incertitudes et la complexité des systèmes urbains et de leur évolution, du court au long terme. En effet, des contraintes changeantes comme le changement climatique, les conditions socio-économiques, les normes mais également des chocs imprévisibles comme les catastrophes naturelles ou les accidents, déstabilisent le fonctionnement du système urbain et l'éloignent plus ou moins violemment de sa trajectoire idéale, c'est-à-dire la satisfaction optimale des besoins de tous ses occupants.

Le concept de résilience vise donc à répondre aux incertitudes en mettant l'accent non plus sur la technique et les mesures lourdes, mais davantage sur la continuité d'activité et la flexibilité. L'objectif final est bien le développement des territoires par le maintien de l'attractivité notamment.

Définition:

La résilience est une démarche d'amélioration continue visant à améliorer les capacités d'une ville à se remettre durablement d'une perturbation.



LE CONCEPT DE RÉSILIENCE

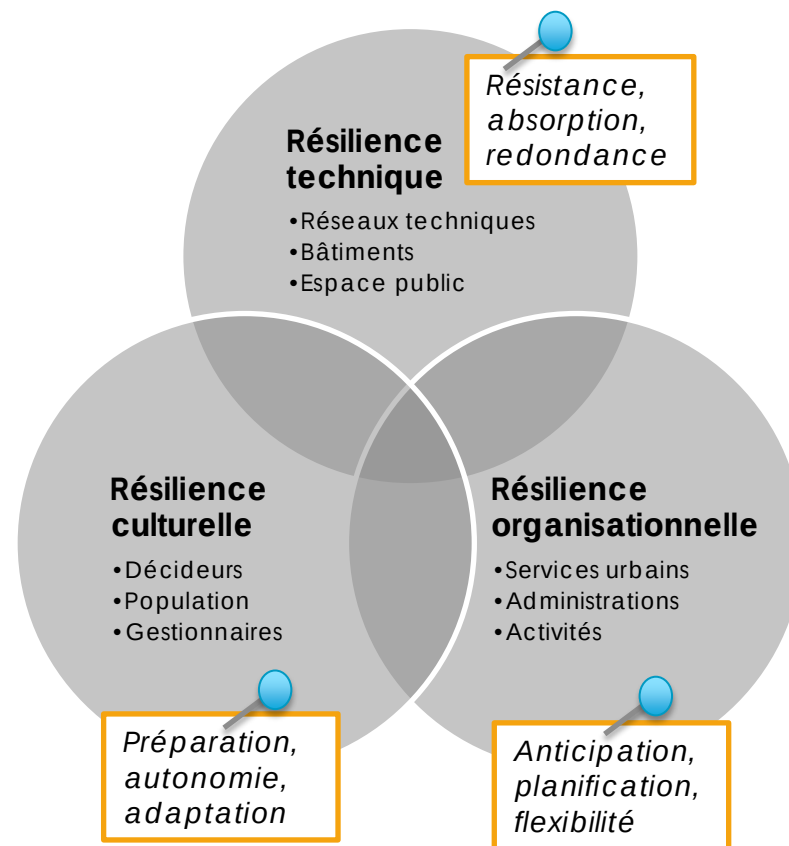
La résilience urbaine repose sur l'articulation de 3 dimensions dans une approche intégrée.

Une ville ou un système résilient est donc un système capable de s'adapter à des perturbations plus ou moins rapides et intenses de son environnement ou de son fonctionnement en mobilisant des capacités internes et externes : flexibilité, adaptation, autonomie, redondance, connectivité, etc.

Pour cela, toutes les échelles du système doivent être articulées : de l'usager au territoire élargi en passant par l'infrastructure et le quartier, afin de maintenir la stabilité du système.

Une analyse systémique permet d'identifier les interactions entre les composants du projet, entre le projet et son environnement (de la petite à la grande échelle géographique), et entre le projet et son contexte socio-économique (besoins de court à long terme, évolutions des données d'entrées).

Cette approche permet d'identifier les opportunités et les risques du projet et de mettre en place des mesures de contrôle, de compensation ou de réduction des effets négatifs afin d'assurer la durabilité du projet.



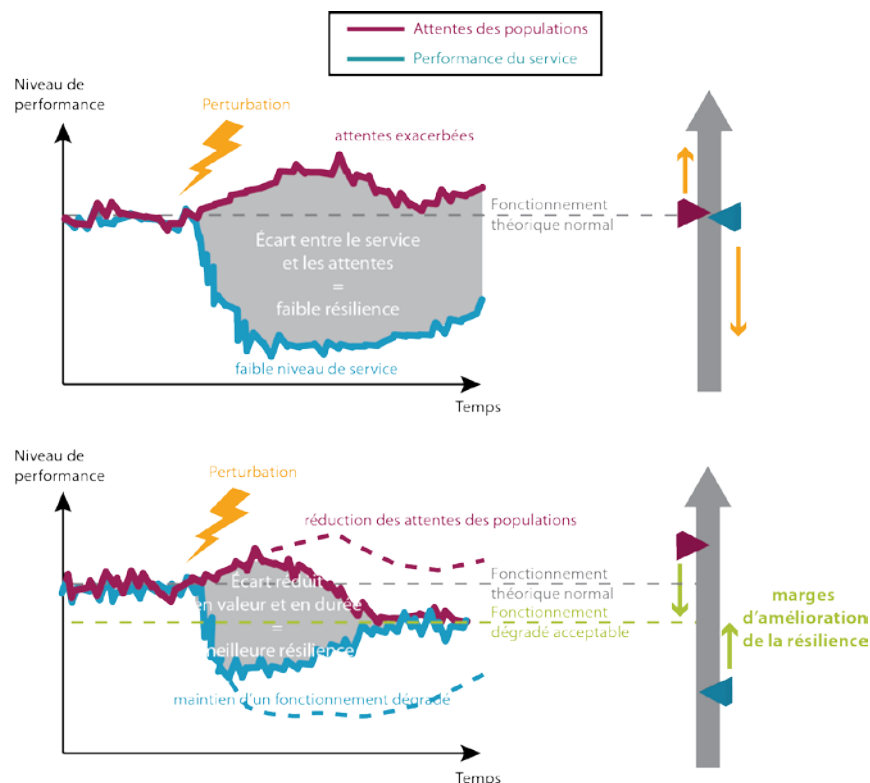
LE CONCEPT DE RÉSILIENCE

Réaliser un projet résilient nécessite d'envisager dès sa conception plusieurs niveaux de fonctionnement en regard des perturbations et de l'acceptabilité.

L'objectif est de dépasser les approches centrées sur la fiabilité qui ne permettent pas d'apporter des réponses adaptées à des perturbations dépassant les niveaux prescrits par la réglementation. Il ne s'agit pas de s'affranchir des normes mais d'établir une stratégie permettant d'activer une réponse adaptée à chaque situation, sans nécessairement recourir aux systèmes techniques lourds et coûteux. En effet, une réponse organisationnelle planifiée mais flexible permet bien souvent de maintenir un niveau de fonctionnement acceptable moyennant une communication et une coordination efficaces.

Assurer le bon fonctionnement du projet nécessite également d'adopter une vision de long terme sur les besoins à remplir et l'évolution du contexte (changement climatique, évolutions socio-économiques ou technologiques). Le maintien de marges d'adaptation ou de reconversion peut donc permettre d'assurer une meilleure adéquation du projet à son environnement et à ses objectifs. L'objectif est bien de limiter au maximum les choix irréversibles, sans pour autant remettre en cause la durabilité (au sens technique et économique notamment) ou les fonctionnalités immédiates.

Grâce à l'information et à l'anticipation, les attentes des populations peuvent être réduites jusqu'à un niveau de service dégradé acceptable. En parallèle, la flexibilité et l'adaptabilité du service doit permettre d'attendre un service dégradé en qualité ou en quantité.



NOTRE APPROCHE

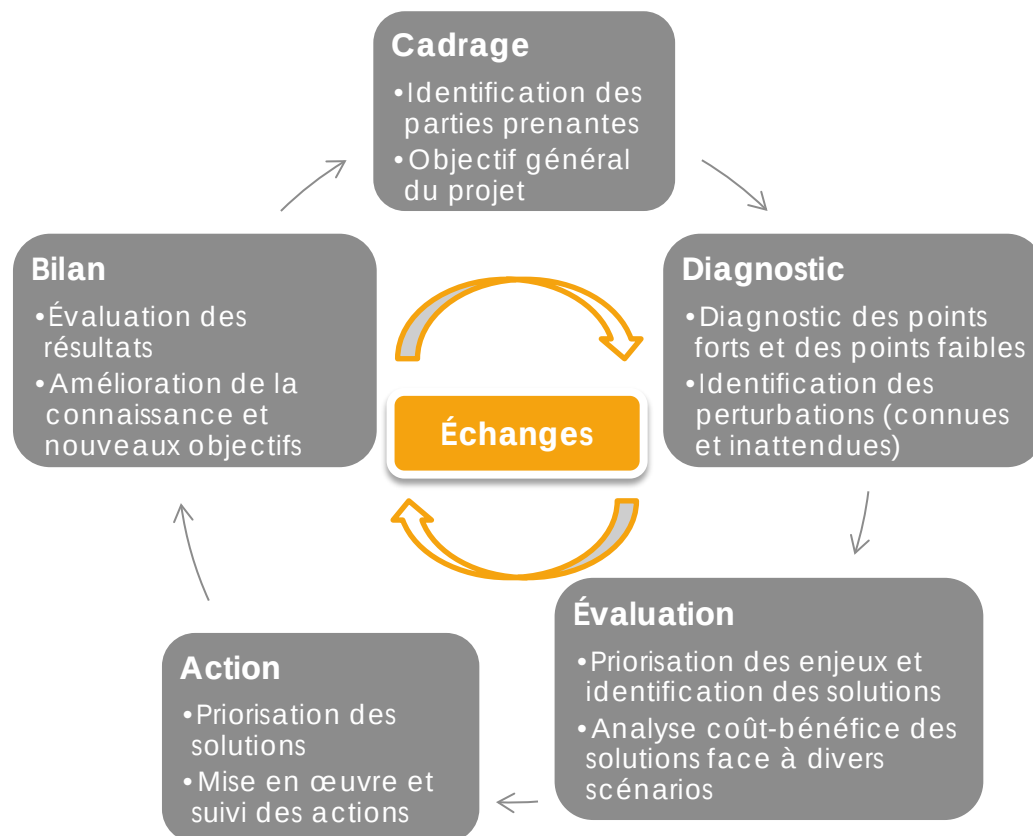
La mise en œuvre de la résilience nécessite d'abord d'identifier vos objectifs et vos moyens.

En effet, la résilience ne peut pas être absolue : elle nécessite certains arbitrages. Notre expertise peut vous aider à identifier les marges d'amélioration pour atteindre des objectifs ambitieux mais réalistes, leurs conséquences à court et long terme, à différentes échelles spatiales. Pour cela, un diagnostic de la résilience est réalisé sur votre projet puis traduit en actions concrètes.

L'évaluation de la résilience d'un système (territoire, infrastructure, équipement,...), s'appuie sur une démarche de projet alimentée par des échanges réguliers avec les parties prenantes. Un diagnostic recense d'abord les points forts et les points faibles. La vision systémique est ensuite essentielle pour prendre en compte les défaillances possibles et leurs effets dominos sur l'ensemble du projet.

Le diagnostic identifie les problèmes les plus critiques et amène à une priorisation des actions. L'objectif est d'abord de limiter la propagation des impacts négatifs et d'identifier les solutions à mettre en œuvre à l'aide d'une analyse coût-bénéfice. Nous pouvons alors vous assister dans la définition d'un plan d'action assurant un niveau de fonctionnement acceptable pour votre système, face à divers scénarios.

Des outils de suivi tels que les tableaux de bord permettent ensuite de contrôler la mise en œuvre et le résultat des actions afin d'initier une deuxième boucle de cette démarche itérative.



NOTRE APPROCHE

ROSAU est un outil SIG dédié à l'amélioration de la résilience urbaine.

L'outil appuie l'identification et l'évaluation des interdépendances des services urbains afin d'identifier les effets dominos possibles entre les réseaux électriques, d'eau, de télécommunications, de transports, etc.

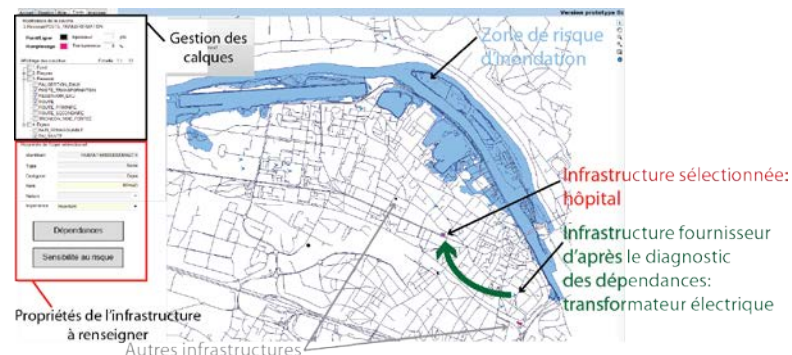
Cette évaluation et l'identification des solutions qui en découlent est menée collaborativement avec les acteurs de la ville afin de permettre une gestion intégrée des risques.

Cette solution peut être mobilisée à différentes étapes d'une stratégie de résilience, selon les objectifs poursuivis:

- | Diagnostic de la résilience d'une ville
- | Conception urbaine résiliente
- | Identification d'une implantation résiliente
- | Évaluation de la résilience d'une implantation dans la ville

Cette solution est fondée sur un outil SIG permettant l'identification et la formalisation d'une information existante mais dispersée. L'objectif est de créer une connaissance commune de la résilience des services urbains afin de permettre l'identification de solutions techniques et organisationnelles contribuant à l'amélioration globale de la résilience de la ville.

Les bénéfices touchent à la gestion courante et à la gestion d'urgence. En effet, la prise en compte des interdépendances dans le fonctionnement normal des services améliore leur fiabilité et leur efficacité. De plus, cette analyse préalable augmente la connaissance des points faibles du système urbain et facilite la communication entre gestionnaires. Ainsi, en cas de catastrophe, les actions prioritaires sont déjà connues et l'outil peut également, s'il est disponible, permettre l'anticipation des effets dominos.

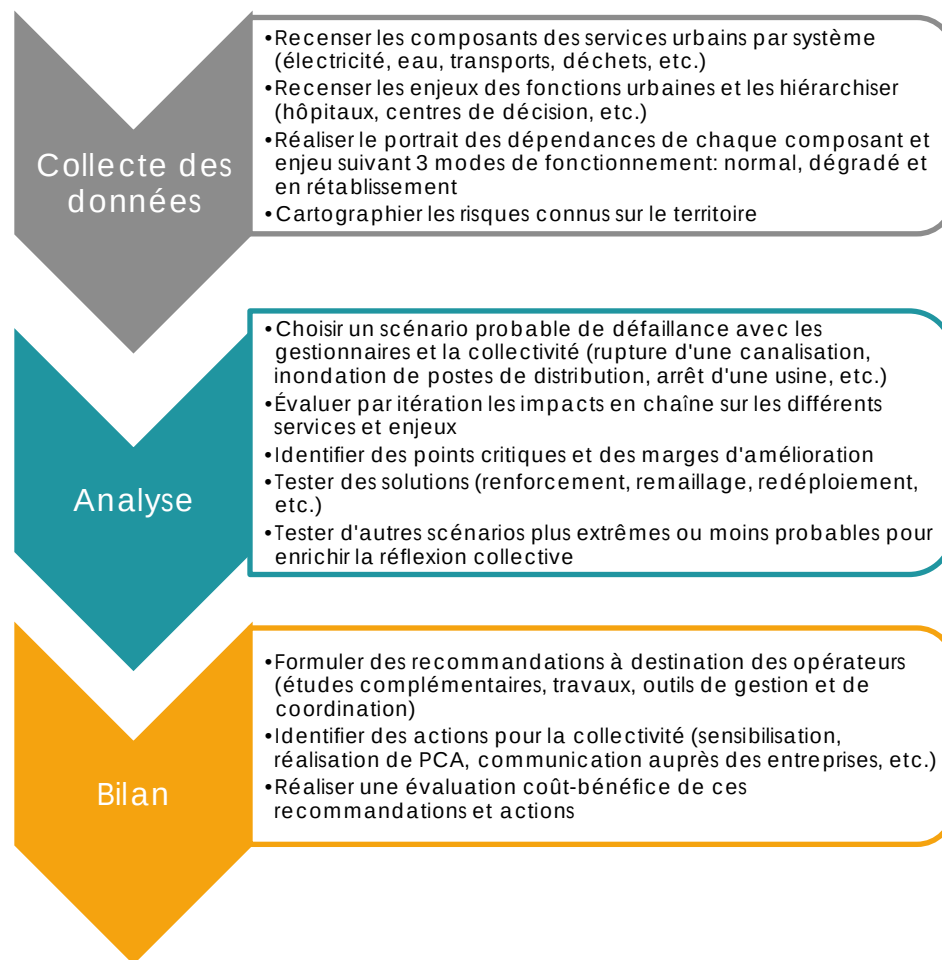


NOTRE APPROCHE

La première étape est la construction d'une base de données du fonctionnement des services urbains avec les opérateurs de réseaux.

L'objectif est de recenser et caractériser les dépendances de chaque composant urbain aux autres réseaux (approvisionnement électrique, besoin en eau potable, dépendance aux télécommunications ou aux transports, etc.). Une architecture de données simple et adaptable permet de modéliser tout niveau de détail disponible sur le territoire: des infrastructures majeures aux composants détaillés des réseaux.

L'outil permet alors d'évaluer des scénarios de perturbation et les effets dominos induits. L'évaluation qualitative des dépendances et l'évaluation temporelle des impacts permettent d'identifier les composants critiques, de manière spatiale mais aussi temporelle.



DIAGNOSTIC DE LA RÉSILIENCE D'UNE VILLE

À l'échelle urbaine, l'objectif est de prendre en compte à la fois les services techniques et les enjeux urbains.

Les transformateurs électriques, les réservoirs d'eau potable ou les nœuds de raccordement de télécommunications doivent être identifiés et localisés. Ensuite, les enjeux tels que les hôpitaux, les centres décisionnels, les entreprises majeures ou les zones densément peuplées sont également intégrées à la base de données.

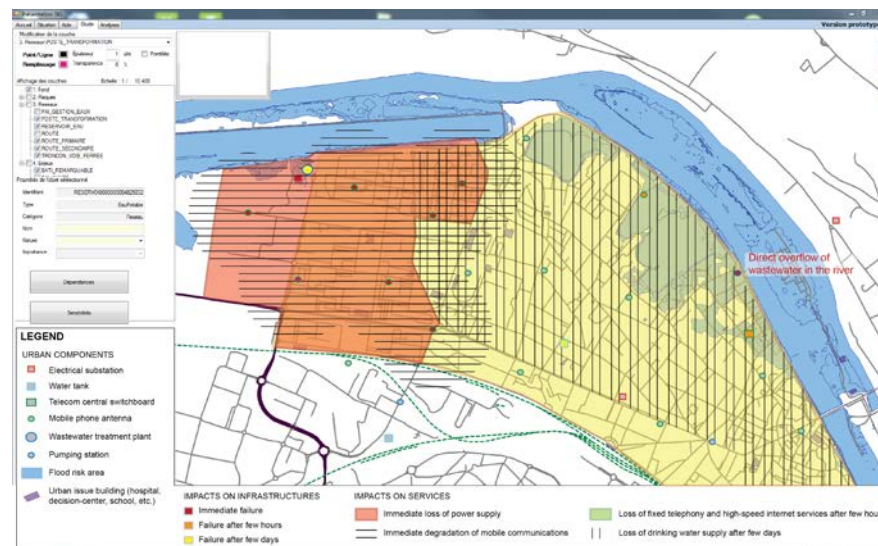
Ensuite, pour chacun de ces composants urbains, les dépendances aux autres services (par exemple le besoin en énergie, la consommation d'eau, la dépendance aux télécommunications ou aux transports) sont caractérisées. Pour ce faire, le meilleur moyen est de renseigner lors d'entretiens avec les opérateurs et les gestionnaires.

L'outil permet ensuite d'évaluer les scénarios de perturbations et d'effets dominos entre réseaux. L'objectif est d'évaluer les impacts sur le système: l'hôpital est-il capable de fonctionner? Combien de personnes sont privées d'électricité? Etc.

Ces résultats ne doivent pas être considérées comme des simulations d'événements réels mais comme une base de réflexion collaborative sur la capacité de la

ville à gérer la dégradation de ses services.

L'implication des parties prenantes urbaines permet alors d'identifier des pistes de solutions modélisées grâce à l'outil (déplacement d'un transformateur, renforcement d'une canalisation, réorganisation des services, mise en place d'un outil de gestion de crise, etc.). Ces solutions contribuent ainsi à l'amélioration de la résilience de tout le territoire et non d'un système ou d'un quartier seulement, ce qui est souvent le cas lorsque l'analyse reste sectorielle.



CONCEPTION URBAINE RÉSILIENTE

En conception, une structure de réseaux résilients peut être identifiée et l'usage des sols optimisé selon les risques.

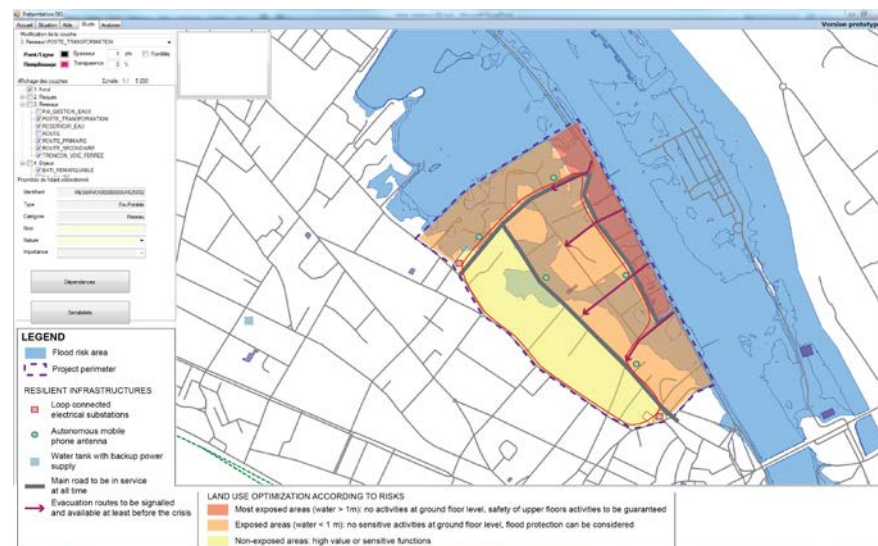
Grâce à l'identification des risques et à la compréhension du fonctionnement du territoire, il est possible de concevoir des projets résilients tenant compte des risques directs et de la fiabilité des services urbains.

La programmation urbaine doit d'abord tenir compte de l'exposition des parcelles afin d'optimiser l'usage des sols. Ainsi, les parcelles les plus «sûres» seront celles les mieux valorisées du point de vue foncier, par l'implantation d'activités à forte valeur ajoutée nécessitant une résilience maximale. À l'inverse, les zones les plus exposées ne doivent pas être interdites à l'aménagement mais doivent proposer des fonctions non sensibles: parking, espaces verts, terrains de sport, tout en contribuant notamment à la transparence hydraulique.

La connexion aux réseaux urbains doit également contribuer à la résilience de ce quartier lorsque les technologies le permettent. Les infrastructures peuvent être adaptées aux perturbations attendues: système bouclés, réseaux étanches, équipements autonomes, etc.

Pour cela, le réseau viaire est un composant majeur de la résilience du quartier car il est essentiel aux opérations d'évacuation et de secours. Des accès majeurs devraient être maintenus hors d'eau, assurant une desserte de chaque point par deux accès au minimum. Ces accès doivent être clairement identifiés et les populations informées de leur usage.

En effet, la sensibilisation et la formation des habitants est indispensable à la vie dans ces zones exposées.



IDENTIFICATION D'UNE IMPLANTATION RÉSILIENTE

Lors de la recherche d'une opportunité foncière, l'analyse de la résilience du site permet de sécuriser les investissements.

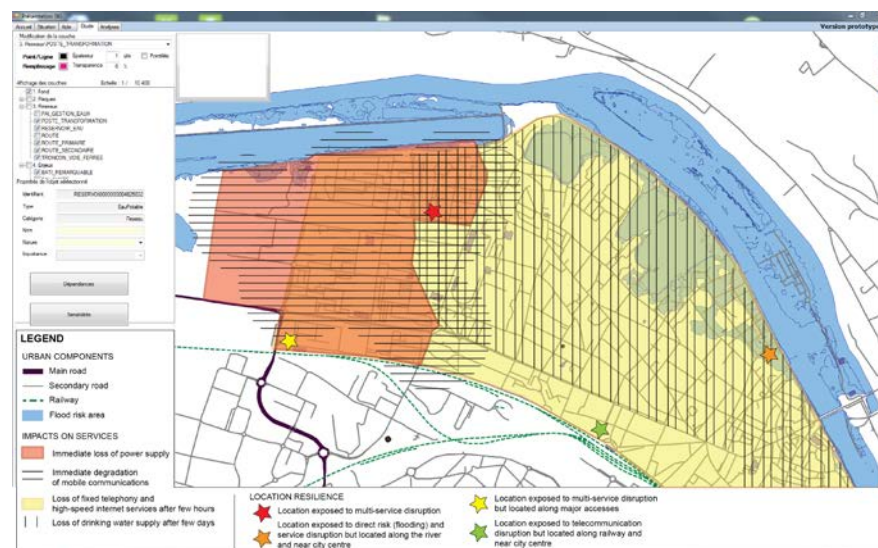
Selon les activités à implanter, la localisation la plus adaptée peut être identifiée grâce à l'outil. Plusieurs critères peuvent être combinés dans le but d'évaluer la faisabilité du projet et la résilience de l'emplacement.

Quel est le niveau de fonctionnement nécessaire à l'équipement: Toute l'année? Saisonnier? 24h/24? 7j/7? L'activité peut-elle être interrompue quelques heures? Quelques jours? Jamais?

Quels sont les services nécessaires à cette activité? Sont-ils directement indispensables? Servent-ils à l'optimisation de la production? À l'organisation de l'activité?

Quelles sont les contraintes et les bénéfices majeurs: une localisation à proximité des transports pour des activités logistiques? Une localisation près du consommateur pour les activités commerciales? Une localisation près des ressources pour une activité industrielle?

L'analyse multicritère, pondérée selon les attentes de l'exploitant ou de l'investisseur permet d'identifier la meilleure localisation pour l'activité envisagée. Ainsi, la définition des modes de fonctionnement et des niveaux de service de l'équipement peut s'appuyer sur ce premier diagnostic. Il peut ensuite être affiné par une analyse spécifique de la résilience des approvisionnements.



ÉVALUATION DE LA RÉSILIENCE D'UNE IMPLANTATION

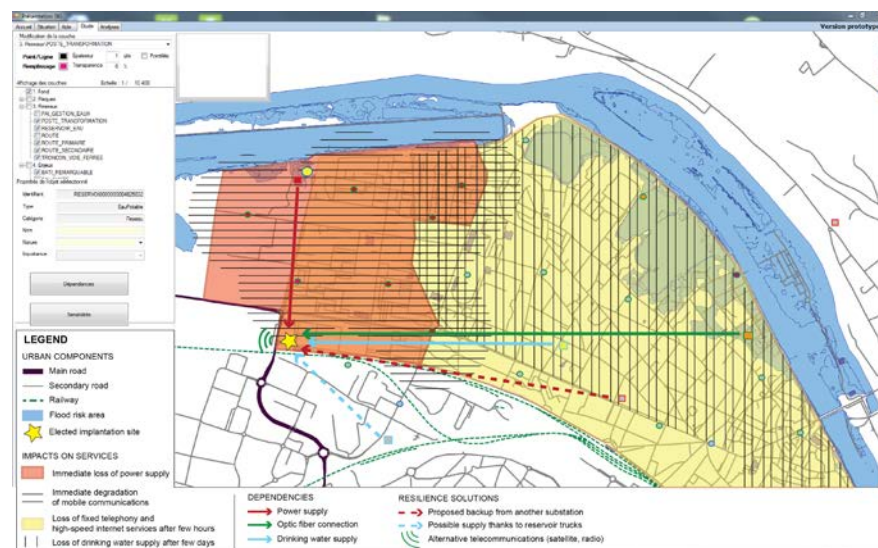
Garantir la sécurité et la continuité d'une activité repose sur l'identification des perturbations générées par les approvisionnements extérieurs.

Grâce au diagnostic réalisé sur un territoire, il est possible d'affiner l'évaluation de la résilience d'un site. Cette évaluation repose d'abord sur un diagnostic réalisé avec l'exploitant de l'équipement visant à identifier et évaluer les dépendances de son activité aux services extérieurs.

Il est ensuite possible d'évaluer la disponibilité de ces approvisionnements en cas de perturbation (inondations, coupure d'électricité, accident industriel, etc.) significative pour la continuité de cette activité.

L'outil cartographie les dépendances et leur exposition aux risques connus. Il permet également d'identifier et tester des solutions alternatives comme la mise en place d'un générateur de secours, la redondance ou le renforcement d'une connexion.

Ce modèle peut aider les exploitant à identifier les points faibles et les palliatifs possibles mais des analyses plus poussées devraient être effectuées sur chaque point sensible identifié. De la même manière la faisabilité des solutions proposées doit être évaluée au regard du coût et des contraintes de l'activité. Cependant, déjà à l'échelle de l'équipement, plusieurs solutions organisationnelles peuvent être mises en place rapidement pour limiter les impacts négatifs d'une défaillance.

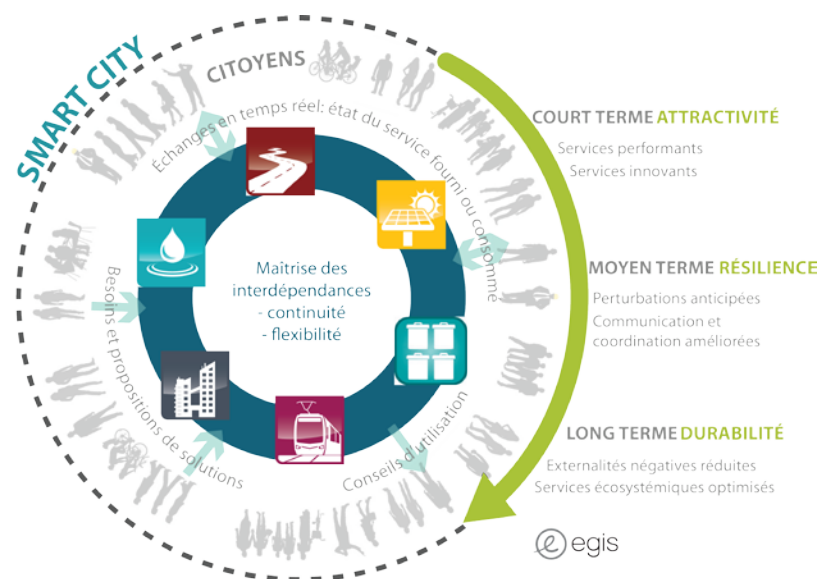


CONCLUSION

ROSAU est un outil simple et puissant dédié aux clients voulant anticiper les effets de la défaillance d'un service sur leur activité, que ce soit une industrie, un équipement public ou une ville.

Il n'est pas conçu pour analyser la vulnérabilité d'une infrastructure en elle-même mais pour identifier les effets dominos engendrés par une perturbation. Ainsi, il devrait être complété par d'autres méthodes existantes, focalisées par exemple sur l'analyse des effets du changement climatique ou sur l'endommagement des infrastructures.

Dans la mesure où ROSAU permet de reconstituer une information existante mais fragmentée entre de nombreux gestionnaires, il constitue une première étape fonctionnelle dans la spécification de ce que serait une Smart City où l'ensemble des réseaux seraient pilotés en temps réel, dans un système intégré, pour une plus grande performance environnementale et un meilleur service aux usagers.



— CONTACT —

Marie Toubin

| *Ingénieur et docteur en génie urbain*

| 0033 4 37 72 46 47

| *Marie.toubin@egis.fr*

www.egis-group.com

