

Journée d'étude Regards croisés sur la résilience
Organisée par la Commission Géographie physique, environnement et risques du
CNFG et par le séminaire Résilience urbaine
20 avril 2013

Édouard de Bélizal (docteur en géographie, université de Paris 1). Moyens de subsistance, résilience et vulnérabilité des populations à risque sur les flancs d'un volcan actif. L'exemple de l'exploitation des dépôts de lahars du volcan Merapi (Indonésie)

Étude des comportements post-catastrophe qui peuvent s'apparenter à la résilience. Le Merapi est caractérisé par des éruptions fréquentes (environ tous les 4-5 ans). C'est un volcan à nuées ardentes : les matériaux sont remobilisés par les pluies de mousson, ce qui entraîne des lahars.

1. Les populations transforment l'aléa en ressource pour se reconstruire
2. Côté paradoxal de cette exploitation qui crée un nouveau risque
3. Ressource durable ? Les populations peuvent-elles se fonder sur cette ressource pour assurer leur résilience ? C'est en réalité une activité qui à long terme augmente la vulnérabilité des populations.

Le Merapi : instabilité d'un milieu à risque

Volcan situé en Indonésie (17000 îles et 130 volcans actifs), sur l'île principale, Java (120 millions d'habitants sur l'équivalent du quart de la superficie de la France), qui compte 25 volcans actifs, le Merapi est situé à proximité de la capitale culturelle de l'île (Yogyakarta, 1 million d'habitants) : le volcan a toujours été relié à cette ville par des liens culturels étroits, il fait partie intégrante des paysages urbains de la capitale. En octobre-novembre 2010 se produit une éruption importante, annoncée par la plupart des volcanologues environ 3 mois à l'avance. C'est une éruption explosive (alors que d'habitude, processus extrusif avec dôme qui s'effondre et coulées pyroclastiques) estimée à un niveau 4 sur une échelle d'intensité à 8 niveaux : l'explosion décapite une partie du cône initial et est suivie par une émission de 30 à 40 millions de m³ de matériel volcanique (contre 3-4 pour éruption habituelle, type 2006 par exemple). C'est surtout cette dynamique qui a surpris : une éruption plus abondante, plus violente, avec plus de matériel magmatique. Une immense colonne éruptive se dégage (4 à 5 km dans le ciel) associée à des retombées de téphras, cendres très fines, qui retombent à 30 voire 40 km du volcan. Yogyakarta est sous les cendres. L'ensemble des territoires proches du cratère a été dévasté par le volcan.

Ce matériel abondant, peu cohérent, est remobilisé par les pluies de mousson (octobre à avril) et forme des lahars. Ces lahars prennent la forme de coulées de débris ($c > 60\%$) ou d'écoulements hyperconcentrés ($20\% < c < 60\%$) de 2 à 3h de durée et mobilisent des sédiments très chauds, transportés très loin du volcan des blocs de très grande dimension (jusqu'à un mètre de diamètre), à la vitesse de 5 à 6 m.s⁻¹.

Or, on se trouve en aval du volcan sur des rivières qui pendant des dizaines d'années n'avaient pas été touchées par des lahars (éruptions du XX^e siècle assez modérées : les lahars consécutifs à ces éruptions n'ont concerné que la partie amont des cours d'eau). Les rivières avant l'éruption étaient juste de petits filets d'eau, le corridor de lahar avait disparu. Les écoulements ont dévasté les villages en débordant hors des chenaux et en les élargissant. Dommages aux villages mais aussi aux rizières.

Lahars très fréquents après l'éruption : l'éruption a eu lieu fin octobre, et les premiers lahars ont commencé le 26. 240 lahars se sont produits du 26/10/2010 au 01/05/2011, soit en six mois, l'équivalent du volume des lahars émis entre 1975 et 2004. 55% se sont déclenchés sur la vallée Putih (versant ouest). La Boyong et la Gendol (versants sud et sud-est) ont aussi été touchés.

Un volcan densément peuplé et exploité

Comment ces aléas sont-ils utilisés par les populations locales ?

On a environ 950 hab/km² en moyenne à Java mais environ 1.000 hab/km² autour du Merapi. 1,3 millions de personnes se répartissent sur 300 villages (*dusun*). Or, plus de 570000 habitants résident dans la zone d'extension des aléas éruptifs (coulées et déferlantes pyroclastiques).

L'activité agricole (riziculture irriguée, cultures fruitières, plantations) est importante mais l'exploitation des lahars constitue aussi une activité majeure. De fait, l'étude menée permet de comprendre la relation risque/ressource à travers l'activité d'exploitation : l'aléa n'est plus seulement véhicule de danger mais constitue une ressource

1. Bénéficiaire des impacts de l'éruption : transformer l'aléa en ressource pour se reconstruire

Les éruptions sont à l'origine de dépôts de granulométrie assez variée : nombreux matériaux grossiers, grande proportion de sables. Les dépôts sont très riches, avec grande gamme de matériel : le sable sert avant tout pour le béton (en Indonésie, la demande en matériel de maçonnerie est très importante du fait de l'urbanisation : la plupart des maisons indonésiennes sont bâties en béton, il y a donc un marché très important) ; les blocs de lave (andésite) servent à la sculpture, soit d'ornement (lampes et ornements de jardin), soit pour les sites touristiques.

L'activité est très lucrative car les sables des lahars du Merapi sont très recherchés pour leur qualité, très supérieure aux sables habituels de rivière : environ 20 euros le camion, soit 4 fois le salaire journalier d'un agriculteur.

Cette activité a très vite attiré l'attention des gouvernements locaux : c'est une activité informelle et traditionnelle : les riverains ont toujours recherché les matériaux dans les rivières à proximité de chez eux. L'activité n'est toujours pas régulée mais les gouvernements ont mis en place des systèmes de taxes. Dans les années 2003, cela excédait 2,5 milliards de roupies pour le versant ouest, plus de 500 millions de roupies en 2010. Ces activités extractives sont également très marquées par la présence de mafias.

Sur ces sites, l'activité extractive en produit d'autres activités connexes : vente itinérante de nourriture et de boissons, entretien des routes (routes non bitumées avec des centaines voire des milliers de camions par jour), petites échoppes (*warung*) depuis

lesquelles la surveillance de nouveaux lahars est effectuée par talkie-walkie entre l'amont et l'aval).

Chaque site est donc un espace qui attire de nombreuses activités et de nombreuses personnes.

L'activité suit les rythmes éruptifs du volcan : elle se déplace sur le volcan.

Entre 1990 et 2006, c'est surtout le versant ouest (Putih) qui est exploité ; entre 2006 et 2010 c'est le versant sud (Gendol) qui concentre l'activité car l'éruption a eu lieu dans l'axe de la vallée de la Gendol amont. Après 2010, on assiste à une complète redistribution de l'activité, avec des sites d'extraction un peu partout et surtout en aval (Gendol notamment), avec des sites nouveaux et la réhabilitation d'anciens sites (versant ouest).

Après l'éruption de 2010, recrudescence des sites d'extraction : près de 3000 travailleurs quotidiens dans les corridors des lahars du Merapi. La plupart des travailleurs sont des chefs de famille qui travaillent pour 60% depuis l'éruption de 2010. Les agriculteurs dont les champs ont été recouverts par les cendres et qui ne peuvent plus récolter, mais aussi des éleveurs, des chauffeurs, tous ceux qui avaient perdus leurs biens, se reconvertissent en quelques semaines après l'éruption. 60% de ces travailleurs ne travaillent pas que dans ces sites d'extraction : ce sont des compléments de revenus pour des agriculteurs et éleveurs, mais aussi des précaires, par exemple des saisonniers agricoles. Pour les autres, ils ont changé de métier : c'étaient majoritairement des agriculteurs, mais aussi des sans-emplois ou des précaires. L'activité d'extraction permet ainsi de répondre à la fragilité sociale et économique des populations du Merapi, en permettant de réparer à court terme des dysfonctionnements observés ailleurs en lien avec l'éruption.

Cette activité attire aussi des travailleurs qui viennent parfois de loin, en particulier des grandes villes de Java (Semarang ou Kudus, au nord) avec des trajets très longs : 16h A/R. Les conditions de travail sont par ailleurs très pénibles.

Bilan : transformer l'aléa en atout ? On pourrait ici penser à un processus de résilience : adaptation à la perturbation et à la crise. Les ressources apportent de quoi faire face matériellement et financièrement à l'événement, sur une durée assez courte.

Mais problème : cette activité suppose la mise en danger des populations.

2. Risque et ressource : une exploitation dangereuse

L'exposition aux lahars est très problématique. L'exploitation a eu lieu pendant les périodes de pointe des lahars (entre janvier et mai) : 7 personnes sur les dix victimes de lahars post-éruption de 2010 étaient des travailleurs. Le bilan matériel est encore plus destructeur pour l'économie (perte de camions, de pelleteuses).

On remarque que la prise de risque est grande. Les personnes savent que lorsqu'il pleut au sommet, les lahars sont quasi certains. Mais la grande majorité continue à creuser (72 % à Pondokrejo, au sud-ouest du Mérap, sur la rivière Krasak). Travail en équipe (4 ou 5 creuseurs + 1 chauffeur et 1 camion ; 1 à 4 chargements par jour selon le lieu de livraison). Il existe des systèmes d'alertes, mais une proportion assez importante (1/4) ignore ce que signifie la sirène.

Création d'indices de risque pour situer les sites dangereux, à partir de questionnaires d'enquêtes (36 questions, 733 personnes interrogée sur 17 sites par des étudiants de l'université, en javanais, la langue locale, pour un contact plus facile).

On peut proposer une typologie de risques : certains sites ont une vulnérabilité faible, mais une exposition élevée avec des aléas fréquents. D'autres au contraire ont une vulnérabilité très forte malgré une faible exposition et des aléas peu fréquents.

Il faut noter ici que le type de risque est moins sur la vie des personnes que sur les biens, les infrastructures : les coûts liés aux pertes des ponts, routes, camions, crée une instabilité des systèmes d'extraction, mais plus largement du système social en général qui déstabilise encore plus le système et qui produit donc des conditions encore plus défavorables si une nouvelle éruption a lieu.

3. Une ressource durable ?

Au bout de 3-4 ans, on a une fréquentation plus élevée, la ressource diminue, du coup, l'activité se déplace vers l'amont du volcan. On passe d'un cercle économique apparemment vertueux juste après l'éruption, à un cercle vicieux (la pression s'accroît trop sur une ressource en voie d'épuisement). Environ 5 ans après l'éruption, l'environnement est totalement dégradé. Les routes se détériorent, or ce sont des chemins d'évacuation. On constate aussi une dégradation environnementale des sites importante : on exploite d'abord les dépôts de fonds de vallées puis ceux des versants, entraînant des risques accrus d'éboulement. Ceci perturbe les écoulements et les nappes phréatiques et entraîne des effets négatifs sur l'agriculture. Comme l'activité n'est pas régulée, on a des conflits et une situation qui se dégrade et pose finalement plus de problèmes qu'elle n'en résout, donc qui favorise moins la résilience qu'elle n'accroît la vulnérabilité

L'activité accroît la vulnérabilité en perturbant les systèmes sociaux et en augmentant l'exposition à l'aléa de nuées ardentes (plus on remonte vers le sommet, plus on s'expose). On pourrait ici faire référence à la « résilience toxique » de J. Hernandez : l'activité dégrade l'environnement, produit de la corruption et des conflits, déstabilise le système social, créant un cercle vicieux en augmentant l'exposition et la vulnérabilité.

C'est un exemple de contre-productivité de la ressource : sur 3-6 mois, c'est peut-être une façon de se reconstruire, avec une forte capacité d'adaptation et d'auto-organisation, mais sur une période plus longue ça ne marche pas, au contraire, ça augmente la vulnérabilité.

Bilan

Cette activité est présentée comme un facteur de résilience : elle permettrait aux populations de se renforcer, de se reconstruire, de faire face. En réalité, les faiblesses internes du système posent problème. Le caractère aléatoire de la ressource, non pérenne, ajoute encore un problème.

Ce type d'activité existe partout dans le monde : Indonésie, Pouzzolanes en Italie, Montserrat, etc. mais elle ne permet pas de véritable résilience (au sens de retour à l'état initial ou d'équilibre) : le système se maintient dans une situation instable. Si on parle de résilience, c'est en fait une résilience incomplète, à une échelle de temps très limitée.

Bilan :

1. une mise en question de la définition de la résilience
2. une mise en question du lien vulnérabilité/résilience
3. une mise en question des échelles de temps et d'espace
4. une illustration de la résilience toxique

Marie Toubin (EIVP, doctorante CIFRE à l'université Paris 7, recherche menée dans le cadre des projets Resilis et Paris Résiliente). Résilience des services urbains : Résilience des services urbains : l'intérêt de la collaboration des gestionnaires parisiens face à la crue centennale

La ville, les risques et les réseaux : un système complexe.

Les services urbains ont un rôle très important dans les villes. On observe des interactions très complexes entre le développement urbain, les risques et les réseaux qui supportent ces services urbains.

L'expression de « services urbains » comprend le support technique mais aussi les gestionnaires et l'organisation.

Comment les défaillances des réseaux techniques peuvent-ils perturber le fonctionnement de la ville ?

On observe malgré l'importance de ces services urbains et le caractère systémique des services urbains, un éclatement des compétences en termes de gestion. Il existe en France des réponses administratives et réglementaires (code de l'urbanisme, de la construction, des collectivités territoriales...). Ainsi, le code de la défense (avec la loi de modernisation de 2004) intègre aujourd'hui une obligation pour le gestionnaire d'assurer la continuité des services d'importance vitale. Mais il n'existe aucune obligation de coopération et d'échange entre les gestionnaires.

La définition de la résilience choisie ici est celle de la « capacité de la ville à absorber une perturbation et à récupérer ses fonctions à la suite de celle-ci » (S. Lhomme, 2012) avec 3 éléments : capacité de résistance, d'absorption, de récupération.

Passage d'une approche axée sur l'endommagement et la réponse technique vers une approche tournée vers la continuité d'activité et la participation, voire la collaboration, des parties prenantes.

Enjeux et problématique de la résilience urbaine et des réseaux

Nécessité de favoriser une vision transdisciplinaire pour prendre en compte la complexité et les incertitudes, faire apparaître et résoudre les conflits.

On doit ici combiner plusieurs échelles (risque, territoire, organisation, le réseau, etc), prendre en compte l'articulation avec les échelles supérieures, combiner les savoirs techniques et organisationnels.

Il faut souligner ici les enjeux politiques, non seulement en termes de gouvernance, mais également de jeux d'acteurs, de concurrence, etc. Or, les décisions des uns impactent les enjeux des autres : les connaissances techniques ne suffisent pas, il faut aussi ajouter des facteurs organisationnels.

Le problème de la collaboration est fondamental : Joliveau (2004) distingue plusieurs niveaux de collaboration, du niveau le plus faible à la véritable volonté d'échanger.

On a différents niveaux, différents outils, différentes formes de collaboration (quels outils, quelles finalités, quelles réussites ?). Les services urbains sont plutôt réticents à l'idée de rendre des comptes, il est difficile pour eux d'avoir une véritable approche participative car cela suppose de mettre tous les acteurs (y compris les usagers...) sur un pied d'égalité. Certains processus ne sont pas totalement participatifs : ils sont d'emblée orientés vers la recherche d'une solution, mais le diagnostic est préalable. C'est très différent lorsque la collaboration se place en amont, pour identifier le problème à régler.

L'expérimentation a porté sur les gestionnaires de services urbains parisiens en IDF sur le risque de crue centennale.

Nécessité préalable : identifier les acteurs et les relations d'interdépendance. Il faut prendre en compte les gestionnaires de réseaux, mais aussi ceux de crise (ici Préfecture de Police). Il a aussi fallu évaluer la criticité des services urbains : indispensable, important, peu important, négligeable. Méthodologie de recherche-action avec les gestionnaires, formalisation des données, etc.

Expérimentation avec les gestionnaires de services urbains parisiens pour un scénario type 1910. Des ateliers collaboratifs ont permis une première identification des interdépendances, puis des niveaux de dépendance (identification des services dits centraux, c'est-à-dire dont tout le monde dépend, et des services dits facilitateurs (un peu moins centraux ... mais qui peuvent le devenir si la crise dure plus longtemps que prévu). Très grande complexité.

Bilan : tout le monde dépend de tout le monde. On peut toutefois faire des distinctions en fonction des fournisseurs de ressources et des receveurs de ressources.

Y-a-t-il pour autant une hiérarchie ? Les discussions avec les gestionnaires ont fait émerger plusieurs niveaux.

Les interdépendances s'opèrent au niveau de différents composants : infrastructure, système de pilotage, sites d'exploitation. Les impacts peuvent d'ailleurs être différents (arrêt du service, perte de contrôle, baisse du confort).

En termes de solutions apportées, on a des solutions techniques (2^e alimentation électrique, groupe électrogène...) qui s'accompagnent de plus en plus de solutions organisationnelles (déplacement, autonomie...). Il s'avère que la transposabilité d'une solution d'un service à un autre est faible.

Une fois qu'on s'intéresse précisément à la crue (modulo les confidentialités de données), on s'aperçoit qu'il existe des décalages entre les stratégies des gestionnaires et la réalisation prévisible du risque. Par exemple pour ERDF, le gestionnaire a identifié qu'il déplacerait ses ateliers car ils seraient privés d'électricité, mais un autre atelier n'est pas identifié comme vulnérable.

Plus largement, on note que certaines actions sont contradictoires : certaines protections vont créer un risque pour une infrastructure car elles la rendent inaccessible et donc impossible à protéger. Comme il n'y a aucune communication entre les acteurs, ils ne savent pas si et quand la protection va être mise en place (les gestionnaires travaillent sur des scénarios d'actions à mettre en place, jour par jour voire heure par heure, dans le cas d'un événement type 1910) L'analyse des décalages

voire des contradictions entre les différents plans des gestionnaires permet d'améliorer la connaissance des interdépendances.

Bilan de la démarche : il est alors possible de proposer une analyse qualitative de la résilience des services urbains (sans prendre en compte toutefois les interdépendances) en ce qui concerne les trois volets résistance/absorption/récupération.

Chaque gestionnaire a une stratégie bien particulière en fonction du type de vulnérabilité, des besoins, etc. On voit aussi que les stratégies de résistances ne permettent pas la continuité d'activité. On voit aussi que peu d'acteurs ont une stratégie véritablement proactive (Eau de Paris est le service le plus avancé vers une adaptation proactive).

Il reste encore beaucoup d'incertitudes. Mais la collaboration entre gestionnaires a fait des progrès (constitution d'un réseau par le biais de ces ateliers, développement des échanges bilatéraux...).

Des éléments restent à prendre en compte (comportement des populations, prise en compte des remontées de nappes, confrontation des stratégies des gestionnaires à d'autres scénarios différents de 1910 ou d'autres risques, résilience à long terme...)

Il faut aussi poser la question de la mesure de la résilience : selon les échelles de temps, la résilience varie (un obstacle à la résilience à court terme peut se révéler un avantage pour la résilience à long terme) ; selon les indicateurs, on est plus ou moins résilient. Or on voit que chaque acteur développe une stratégie en fonction de ses propres logiques, l'indicateur de mesure de la résilience est donc différent pour chaque acteur (surface ou nombre de clients affectés ? interruption ou dégradation du service ? coût des dommages, d'exploitation ou de maintenance ?). ERDF raisonne en jours de défaillance parce qu'il a une obligation de service. Certains vont privilégier des réseaux moins résistants mais moins coûteux.

On constate aussi des difficultés à penser en termes d'adaptation, de fonctionnement dégradé. Nécessité de s'intéresser plus aux processus qu'aux indicateurs.

Sandrine Robert (maître de conférences à l'EHESS) et Hélène Noizet (maître de conférences à l'université Paris 1) : « L'étude de la résilience des formes entre archéologie, histoire et géographie ». L'articulation des échelles spatiales et temporelles.

Intervention de Sandrine Robert. Ce qu'a pu apporter la perception du temps et du temps long à ce concept de résilience en archéologie.

Fin des années 1990-2000 : des travaux pionniers associant archéologues et géographes

Concept de résilience travaillé chez les anthropologues dans les années 1970 et 1980

- Mc Cormick Adams sur la Mésopotamie, Tainter sur *The collapse of complex societies*

Archéozoologie et archéologie des techniques. C'est d'ailleurs par ce champ que la résilience arrive en France (Van der Leeuw, 2004) : le programme Archéomedes en particulier.

Van der Leeuw à travers les techniques commence à s'intéresser au rôle de l'innovation. Il pose la question du changement, avec une position de recherche nouvelle qui est celle des dynamiques non linéaires.

Time, Process and Structured Transformation in Archeology (1997) : c'est plus la question du changement. Les systèmes sociaux sont caractérisés par des trajectoires non linéaires dans le temps. Une des difficultés des archéologues, c'est de faire face à l'hétérogénéité des matériaux. La notion de culture attire l'attention sur la continuité alors que qu'il faut aussi tisser des liens avec la discontinuité pour comprendre comment des processus historiques peuvent émerger. Les systèmes loin de l'équilibre peuvent conduire le système vers un état autre et font émerger de nouveaux équilibres (proche de Prigogine).

De leur côté les géographes ont commencé à travailler sur ces questions. La convergence entre géographie et archéologie se fait autour du thème de la ville (B. Lepetit et D. Pumain) et avec le Programme ARCHÉOMEDES à Cambridge, puis à Paris 1 (1992-1994 et 1996-1999). Ouvrage *Des oppida aux métropoles*, 1998

Dans le détail, on a des transformations incessantes avec des phases de rétractions : seules quelques places demeurent.

C. Aschan travaille dans le cadre de ce programme et propose dans sa thèse une recherche sur ce thème de la résilience.

En archéologie, le concept n'apparaît pas en tant que tel : mots-clés associés : persistance, permanence, transmission, auto-organisation.

On voit l'arrivée en 1998 du terme de résilience dans l'archéologie spatiale, mais la notion n'est pas ressaisie. La résilience et les notions connexes ont été réappropriées dans la tradition morphologie, en particulier dans l'école de Chouquer. G. Chouquer propose le terme de « transformission » pour éviter les implicites véhiculés par les termes de transmission (qui suppose généralement une intention, un processus conscient) ou de transformation. Dans l'ensemble, transmission est préférée à résilience. Le transfert apparaît aussi dans l'archéologie environnementale.

L'introduction du concept est liée à des questions académiques : certaines branches de l'archéologie privilégient la synchronie à la diachronie. Or la résilience suppose la diachronie.

L'apport du temps long au concept de résilience

L'observation des cas contemporains ne permet d'observer que des cycles de résilience tronqués. L'archéologie permet d'observer un voire plusieurs cycles complets.

- Le temps long permet d'observer des causes d'effondrement de systèmes sociaux ou écologiques : les données archéologiques enregistrent les interactions homme/milieu sur le temps long. On voit ici comment des solutions adoptées par les sociétés pour favoriser la résilience sur le court terme ont été dommageables sur le long terme. À l'inverse, des actions qui peuvent paraître illogiques ou inefficaces à court terme peuvent être très pertinentes sur le long terme. La longue durée apporte donc un autre éclairage à cette question de la résilience.

- Le temps long permet aussi d'identifier ce qui correspond à de véritables et profondes transformations : les bifurcations (émergence de l'agriculture, des sociétés urbaines...). Certaines transformations vont être ressenties localement quand d'autres vont être plus profondes et plus globales.

- Le temps long permet de comprendre les interactions entre les échelles, les dynamiques spatiales et évolutives

- L'apprentissage par le passé : l'expérience accumulée sur le temps long, l'apprentissage des effets des perturbations sur le long terme permettent une meilleure réponse. Les structures héritées peuvent entraver l'évolution du système ou au contraire servir sa dynamique (C. Aschan-Leygonie, 1998, la résilience d'un système spatial : l'exemple du Comtat. Une étude comparative de deux périodes de crises au XIX^e et au XX^e siècle, thèse Paris 1).

L'articulation des échelles spatio-temporelles en archéogéographie

Le transfert du concept a lieu au début des années 2000 par G. Chouquer (G. Chouquer, 2000, L'étude des paysages, essais sur leurs formes et leur histoire, Errance, 208 p). La notion de résilience est reprise directement d'ARCHÉOMEDES. Permet de sortir des explications socio-politiques pour expliquer les changements des formes. Ce transfert se fait dans le contexte d'un fort développement de l'archéologie préventive : les morphologues vont travailler avec les gens de terrain. Ces profils mélangés permettent des allers-retours entre la carte, la photo et le terrain (« latence de la structure et mobilité incessante de sa morphologie » ; « le système ne se répète pas à l'identique, il se pérennise en se transformant », Chouquer, 2000, p. 109-110).

Premier constat : ce n'est pas par inertie ou par fossilisation que les grandes structures se transmettent jusqu'à nous. Il y a au contraire une mobilité incessante quand on observe à l'échelle du terrain : les limites ne cessent de varier dans le temps (limites de champs, routes et chemins, fossés, haies). Les structures paysagères ne se sont pas fossilisées : les perturbations ne vont pas dégrader la forme mais au contraire en renforcer la structure. Les trames planifiées médiévales par exemple, renforcent la trame d'origine tout en la transformant. Cette « *auto-organisation* » de la forme dans le

temps se fait parce que la forme s'inscrit dans des formes physiques, en particulier celle de l'organisation de l'eau de surface. Il y a donc une articulation très fine entre les formes du physique et du social, articulation non linéaire.

Par ailleurs, les chronologies ne sont pas linéaires : on a bien une transmission du tracé, mais cette limite se transforme dans le temps et il existe des périodes de hiatus de la forme qui peuvent être importantes (forme entièrement recréée après un effacement complet dans le paysage). C'est parce qu'elle s'inscrit dans des réseaux physiques à plus vaste échelle et dans des logiques fonctionnelles réactivées que la forme est reprise : par exemple, on a à nouveau besoin d'irriguer un champ et on reprend la forme qui elle-même reprenait le tracé du réseau hydrographique. Il existe des temps de latence entre la cause et son effet : c'est « l'hystérechronie », décalage dans le temps de la forme par rapport aux formations sociales et aux fonctions qu'elles induisent. Autre concept, « l'uchronie » ou potentiel de la forme dans le temps : un fait social fait rejouer la forme.

L'exemple des réseaux routiers

Étude de dix itinéraires qui traversent le Val d'Oise en combinant plusieurs échelles : macro, méso (département), micro (observations très précises de terrain en coupe). Bilan : certains itinéraires ne se maintiennent pas par le maintien d'une route mais par la multiplicité des tracés. Pour une trajectoire (attracteur du système), on va avoir un grand nombre de tracés qui vont osciller autour de cet attracteur. Ce sont ces variations qui permettent à l'itinéraire de se maintenir.

On peut alors identifier 3 niveaux (ayant des temporalités propres) pour un réseau routier : l'itinéraire (flux entre deux points à un temps T), le tracé (forme matérielle en plan, emprise au sol par association de différents tronçons qui peuvent être d'époques différentes), le modelé (forme construite de la voie, son état d'entretien...).

Pour les itinéraires, les temporalités sont relativement longues : les itinéraires sont mis en place à la période antique. Un seul cas de bifurcation.

Quand on descend à l'échelle des tracés, les temporalités sont beaucoup plus courtes avec des phénomènes complexes de reprise. À l'échelle de la coupe, les temporalités sont encore plus courtes : recharges, réfections de la voie, abandon, etc.. Les relations entre les trois niveaux existent et sont un élément clef de la résilience. Résilience de l'itinéraire grâce à la transformation des tracés et des modelés. Les perturbations sont créatrices : déviations RD 915 à Marines, réutilisation des remparts à Pontoise pour l'axe Paris-Dieppe, etc.

Hélène Noizel : La résilience dans l'étude des formes spatiales. Exemple de Paris.

Enceinte carolingienne sur la rive droite

Basculement de la centralité de la rive gauche à la rive droite au milieu du Moyen-Âge. On avait des éléments pour indiquer la présence d'une enceinte carolingienne au moins au X^e siècle.

Relevé de toutes les discontinuités, ruptures dans le parcellaire et dans le bâti du XIX^e siècle. On voit apparaître une forme curviligne dans le tissu urbain de 1810-1836 et 2004-2006 qu'on peut identifier à la forme carolingienne.

Comment cette enceinte nous est transmise dans le parcellaire urbain entre le X^e siècle et le XIX^e siècle ? Chaque segment de linéaire pouvait être identifié comme limite de voie, de parcelle, de bâti. On sait qu'une limite de voie a une « résilience » plus forte qu'une limite de parcelle et plus encore qu'une limite de bâti.

En regardant le SIG, on voit qu'à l'ouest de la rue Saint-Martin (ancien *cardo*), il y a une prédominance de limites viaires et une prédominance de limites de parcellaires et de bâtis à l'est. Ce constat rencontrait le discours sur les rythmes d'urbanisation : il y a eu à l'est une zone moins bâtie et qui a connu une forte accélération d'urbanisation au XIII^e siècle. (Templiers). La forme du réseau des rues a pu convenir à l'ouest alors qu'à l'est, on a très peu de transmission de cette enceinte par de la voie. À l'est, le réseau viaire hérité y a été profondément transformé par un processus plus volontariste avec des gros travaux (il faut modifier la voie) portés par un acteur puissant (ici un seigneur du XIII^e siècle) et l'enceinte n'est transmise que par le bâti et le parcellaire. L'historicité du processus d'urbanisation peut donc expliquer la résilience de la forme et ses modalités.

Résilience du paléoméandre de la Seine

(résultats à paraître dans le prochain numéro d' Études rurales)

Observer une forme semi-circulaire sur la rive droite qui va du port de l'Arsenal au Pont de l'Alma. C'est l'héritage de l'ancien bras de Seine. Il n'a plus été actif depuis une date indéterminée entre - 10.000 et l'an zéro. Ce tracé est néanmoins réapproprié jusqu'au XX^e siècle par différents acteurs, mais sans qu'existe une quelconque continuité dans la transmission ou volonté de transmettre la forme dans son ensemble : les projets sont localisés sur une partie de la forme.

Héritage du paléoméandre dans l'espace parisien médiéval :

Dès la fin de l'époque antique, pour le haut Moyen Âge, on a des documents textuels qui nous parlent des inondations. On a aussi un texte qui indique un don de terres à une communauté religieuse, Sainte-Opportune, au milieu du IX^e siècle. Cette zone sert au pacage des bêtes. Il y a concordance entre les zones inondables et la censive de Sainte-Opportune, qui draine la boucle marécageuse à partir du milieu du XII^e siècle. Ces droits ont été cartographiés en 1753. Dans le texte qui donne les terres à Sainte-Opportune, on ne parle pas de paléoméandre, ni d'une quelconque fonction hydrologique en relation avec la Seine.

La zone de pacage est drainée au milieu du XII^e siècle. Le projet est de faire des terres à blé, mais ça ne marche pas, c'est trop humide. On y fait donc du maraîchage. La zone devient le début de la ceinture maraîchère de Paris (du XIII^e siècle jusqu'au XVI^e siècle). Creusement de multiples fossés de drainage pour permettre cette activité. À partir du XIV^e siècle, on voit que la ligne d'écoulement principal de cette zone maraîchère devient l'ossature de l'égout de la rive droite, qui se structure jusqu'au XVIII^e siècle (plan de Jean Delagrive). On a d'abord un égout de fossé, puis un grand égout maçonné et à ciel ouvert (1738-1740), qui est ensuite progressivement couvert (1766-1833). Tout le paléoméandre n'est pas repris mais on retrouve bien une partie du tracé.

Cet égout fait l'objet de grands travaux d'aménagements au début du XVIII^e siècle car il a tendance à s'envaser. Il est inadapté pour absorber des crues, entraînant des morts lors des inondations, ce qui provoque des conflits avec les habitants. Or, il y a de plus en plus de personnes qui habitent à proximité. Il faut donc aménager cet égout qui est alors rigidifié (avant le fossé est en en matériaux meubles, là, on érige des murs) et élargi. Le tracé est rectifié localement, mais à l'échelle de la ville, le tracé est *grosso modo*

le même. Cet aménagement suscite de gros investissements de la part de la ville pour faciliter l'écoulement de l'eau. On construit un immense réservoir d'eau pour faire un effet « chasse d'eau ». Le coût est faramineux. Toute l'Europe est venue visiter le chantier. Mais la mémoire s'est érodée très vite.

Cet égout va attirer l'urbanisation : en 1740, quand il est reconstruit en dur, l'égout est à ciel ouvert. Mais peu à peu, les habitants obtiennent l'autorisation de couvrir l'égout dans leur secteur. En 1766, sur les 6 km du grand égout, 800 mètres sont couverts. En 1833, l'égout est totalement recouvert. On perce des voies, on construit des bâtiments. L'enchaînement entre l'égout et la rue est conscient, mais on a oublié que c'était une ancienne zone maraîchère, qui était avant une zone de pacage, et qui était avant un ancien méandre de la Seine.

Aujourd'hui, un certain nombre de rues s'inscrivent dans la forme initiale du méandre. Certaines rues sont présentes dès 1744. Mais d'autres sont beaucoup plus récentes (1836). On peut avoir l'impression d'une cohérence et d'un projet. Mais ce n'est pas le cas : chacune de ces voies est le résultat d'une initiative locale, privée. S'il y a résilience, elle n'a jamais été pensée. Le grand réservoir, qui avait fait l'objet d'une grande admiration et qui avait failli mettre en faillite la ville, est détruit à peine quarante ans plus tard. On a oublié le projet précédent : c'est l'urbanisation qui prend le dessus. L'égout est oublié : il se bouche. Dès le début du XIX^e siècle, la structure n'est plus utilisable et il faut à nouveau aménager. Belgrand sera obligé de reprendre le tracé de ce grand égout pour l'égout actuel car les autres terrains sont trop humides.

NB : en 1910, reprise de l'ancien lit de la Seine lors de la crue de 1910 : remontée préférentielle de l'eau dans les caves sur le tracé du grand égout. Il ne reprend pas tout le méandre.

Il y a bien une forme que l'on voit à l'échelle de la ville, qu'on appelle un corridor « fluvial » (de fluvial + viaire), qui se transmet dans le temps très long. Aucun usage n'a pensé la continuité, mais en faisant ces travaux et ces aménagements, malgré la discontinuité des usages, acteurs, motivations, on a continuité, on a bien la reprise d'une forme à l'échelle de la ville. Plus il y a de transformations du modelé, de discontinuités, plus la forme peut se transmettre. La transmission se fait *via* la matérialité de l'objet, mais sans conscience préalable car la mémoire sociale est très courte.

Question : maintien de la forme ou maintien de la fonction ?

Transmission de la forme avec transformation de la fonction : exemple des fossés d'enceinte pour créer les périphériques. Dans la tradition d'analyse morphologique, on s'intéresse à la transmission de la forme. Mais on voit aussi des cas de transmission des fonctions sans la forme.

Différence entre inertie et résilience : le concept de résilience permet de mettre l'accent sur la discontinuité, contrairement à l'inertie, qui laisse dominer la continuité. La résilience implique de la réactualisation mais pas une impression continuiste, contrairement à l'inertie.

La question du hiatus est également posée et la théorie de « l'auto-organisation » est intéressante pour penser ce problème de la transmission malgré le hiatus, par le biais de micro-transformations qui servent de support à ce processus de transmission non consciente, car ces micro-transformations jouent un rôle structurant.

Remise en question très forte de la question de l'état originel qui se maintient même en mode dégradé. Cette question de l'impossible état initial rejoint les conclusions des géographes et met en question le concept de résilience, entendu comme retour à l'état d'origine.

La continuité ne vient pas du déterminisme géomorphologique, mais de la réappropriation continue par les sociétés et les configurations d'acteurs, mais jamais en référence à la forme globale, « initiale ». La forme finale pourrait être pensée comme le résultat d'une cohérence. Or, il n'y a absolument pas de cohérence. Il n'y a pas de maintien à l'identique ou de reprise, mais une rationalisation *a posteriori* de processus, micro-initiatives et actions multiples spontanées