

Évaluation environnementale et choix de stratégies durables de gestion des risques naturels

Abla Mimi EDJOSSAN-SOSSOU ^{a,b}

O. DECK ^a

M. AL HEIB ^b

T. VERDEL ^a

^a Université de Lorraine, GeoRessources, UMR 7359, Ecole des Mines de Nancy, Campus Artem, Nancy, F-54042, France

^b INERIS, Campus Artem, Nancy, F-54042, France

Actuellement en thèse au sein du laboratoire Géoressources de l'Université de Lorraine, Abla Mimi EDJOSSAN-SOSSOU travaille sur la problématique de la prise en compte des diverses incertitudes dans le processus de prise de décisions de gestion des risques naturels, en l'occurrence ceux liés aux inondations et aux affaissements miniers. Ses travaux portent sur la proposition d'une méthodologie d'intégration des incertitudes dans l'analyse multicritère des stratégies de gestion des risques à travers l'identification ou la proposition des critères de durabilité desdites stratégies, des méthodes d'évaluation des critères et d'appréhension des incertitudes dans la prise de décision. Pour mener à bien cette recherche située dans le cadre du projet INCERDD (Prise en compte des incertitudes pour des décisions durables), elle met à profit des compétences pluridisciplinaires acquises dans son parcours professionnel et dans ses études supérieures (en tant qu'ingénieur agro-économiste et détentrice d'un Master en développement durable - option Gestion de l'environnement).

Résumé

Devenus une référence suite à la Déclaration de Rio (1992), les principes du développement durable ont entraîné une modification des pratiques décisionnelles dans plusieurs domaines, dont celui de la gestion des risques naturels et des catastrophes induites. Aussi l'évaluation s'impose aujourd'hui comme une étape cruciale dans l'opérationnalisation de la durabilité. Dans le cadre du projet de recherche intitulé « Prise en compte des INCERTitudes pour des Décisions Durables » (INCERDD), financé par l'ANR¹, qui vise à élaborer une démarche pour l'intégration des différentes incertitudes dans le processus de prise de décision, une méthodologie a été proposée pour évaluer la durabilité des stratégies de gestion. Cette méthodologie est basée sur une série de critères parmi lesquels la « durabilité environnementale » pour cerner les implications environnementales des stratégies. La présente communication se propose de démontrer l'adéquation de l'évaluation environnementale comme support de décision dans la gestion durable des risques et catastrophes naturels. Elle vise donc à apporter des éléments méthodologiques pour mesurer la qualité environnementale des stratégies de gestion des risques naturels en milieu urbain.

Mots-clés : Risques naturels, Gestion durable, Évaluation environnementale, Durabilité environnementale, Aide à la décision, Inondation

Introduction

La convergence des risques environnementaux, techniques et socio-économiques est un défi pour le développement durable. Il s'agit d'un problème générationnel qui exige des efforts collectifs pour penser et construire des politiques d'amélioration de la résilience des populations. Par ailleurs, il semble utile de s'attaquer aux causes profondes de ces risques et de renforcer le mode actuel de leur gestion.

Les défis émergents soulevés par la durabilité urbaine obligent les services publics à donner une nouvelle orientation à la prise des décisions de gestion (prévention, atténuation, réparation) des catastrophes induites par les risques naturels. Plus concrètement, il leur revient de prendre des décisions durables qui permettront de réduire les pertes occasionnées par les catastrophes naturelles tout en contribuant au développement durable du territoire.

Dans un tel contexte, il apparaît capital, dans le processus de prise de décision, de s'interroger sur les performances des stratégies proposées. L'enjeu de l'évaluation des stratégies consiste à répondre aux interrogations suivantes : les stratégies répondent-elles aux objectifs de gestion fixés ? Sont-elles économiquement viables, socialement équitables et écologiquement acceptables ? Bref, sont-elles durables ? Une question fondamentale se pose alors : comment mesurer la durabilité des stratégies de gestion des risques naturels ?

Face à la rareté voire l'absence d'outils d'évaluation des différentes composantes de cette durabilité, le projet INCERDD a élaboré une méthodologie basée sur des critères et indicateurs. Il s'agit d'un cadre conceptuel de

¹ Agence Nationale de la Recherche (organisme de financement de la recherche en France)

référence facilement utilisable par les parties prenantes de la gestion des risques permettant d'orienter les décisions vers une optique de développement durable. La méthodologie proposée prend simultanément en compte, autant que possible, les différentes dimensions de la durabilité, dont l'aspect écologique sous le critère « durabilité environnementale ». Ce critère offre la possibilité d'analyser les diverses conséquences, aussi bien négatives que positives, des stratégies sur l'environnement.

L'objet de cette communication est d'illustrer l'utilité du processus d'évaluation environnementale dans la prise de décision de gestion à travers la fourniture des informations et données nécessaires à l'estimation de la performance environnementale des stratégies en lice. Elle tente d'apporter un éclairage sur les indicateurs et paramètres (ou variables) à considérer à minima dans cette évaluation.

À cet effet, la première section de cet article présente les enjeux de l'évaluation environnementale dans la gestion durable des risques. La seconde décrit la méthodologie élaborée. La troisième présente une revue des indicateurs et paramètres à considérer au sein du critère « durabilité environnementale ». Elle renseigne également sur les outils prospectifs d'évaluation environnementale pouvant aider à prédire la qualité écologique des stratégies. Finalement, dans la quatrième section, une application à un cas d'étude théorique est décrite afin d'illustrer l'utilisation de l'évaluation environnementale comme outil d'aide à la décision.

1. Enjeux de l'évaluation environnementale dans la gestion durable des risques naturels

Bien que l'utilisation de la terminologie « gestion durable » des risques soit en constante augmentation, sa définition reste encore difficile à appréhender. Néanmoins, comme l'affirment Puszkin-Chevlin *et al.* (2006) cités par Saunders (2010), la gestion durable des risques devrait permettre de réduire, ou du moins de maintenir, la vulnérabilité des communautés et les coûts de reprise d'une vie normale après une catastrophe à des niveaux qui ne compromettraient pas d'autres intérêts publics ni ne pénaliseraient les générations futures. L'objectif principal d'une gestion durable des risques est de contribuer à la construction de la durabilité d'un territoire donné par des stratégies appropriées qui, en plus de réduire les dommages dus à ces risques, intègrent les principes du développement durable.

Dans ce contexte, l'atteinte de la durabilité de la gestion des risques tout comme la mise en œuvre du développement durable, dont elle tire son essence, demeure un important défi méthodologique (Crowley et Risse, 2011). La réponse à ce défi consiste à rendre compte de l'efficacité des politiques publiques à travers leurs conséquences sur le plan des différentes dimensions de durabilité. Plus concrètement il s'agit de mesurer le degré d'intégration des principes du développement durable en amont des décisions en vue d'en estimer l'efficacité, la pertinence, mais surtout la performance par rapport aux objectifs de durabilité.

Si la prise de décision se définit comme la sélection d'une solution selon les objectifs de départ et en fonction des informations connues au moment du choix, l'information devient alors l'élément clé de la décision. En outre, certaines décisions nécessitent que cette information soit basée sur des éléments tangibles permettant au décideur d'avoir une vue d'ensemble plus concrète du problème étudié (Moreau, 2012); d'où la nécessité de disposer de données analytiques sur lesquelles celles-ci seront fondées. Plus le décideur dispose de données analytiques, moins sa décision sera intuitive (Van Cawenbergh *et al.*, 1996). La prise de décision pour une gestion durable des risques nécessite une bonne compréhension des enjeux, de différentes natures, associés tant à la survenance des risques qu'à la mise en œuvre des stratégies de gestion identifiées.

L'opérationnalisation de la démarche de gestion durable des risques naturels s'organise donc autour de la capacité des décideurs à mesurer les conséquences potentielles des stratégies à travers une évaluation de leurs répercussions techniques, économiques, sociales, environnementales et institutionnelles. Cette capacité est renforcée par l'existence de méthodes et outils d'évaluation de la durabilité des stratégies à l'étude. Dans cette logique, les travaux du projet INCERDD ont permis d'élaborer une approche méthodologique d'évaluation basée sur un processus de calcul identique (quelle que soit la nature des enjeux), mais se référant à des méthodes d'évaluation spécifiques aux enjeux.

Ainsi, concernant les enjeux écologiques, l'évaluation environnementale s'avère un outil pertinent de production de l'information nécessaire à l'évaluation de la durabilité des décisions sur le plan environnemental. En effet, à travers l'identification et la quantification des effets potentiels des stratégies de gestion envisagées sur l'environnement, elle permet de mesurer leur qualité environnementale dans l'optique de les différencier et d'éclairer les décideurs dans le choix final. Elle apporte des éléments d'analyse sur l'état de l'environnement avant et après la mise en œuvre d'une stratégie à travers une information suffisante et formalisée (Lerond *et al.*, 2003).

De ce fait, l'évaluation environnementale, ensemble de processus d'analyse visant à déterminer les incidences positives et négatives aussi bien directes qu'indirectes de toute activité humaine sur l'environnement, a pour objet l'intégration des considérations écologiques dans la formulation des stratégies pour une gestion durable des risques. Cela nécessite l'identification, la quantification et la prédiction des évolutions dans le temps des conséquences potentielles d'une stratégie sur la base de paramètres dont les valeurs estimées constituent la « carte d'identité » de cette stratégie.

2. Présentation de la méthodologie d'évaluation de la durabilité des décisions

La démarche adoptée pour l'évaluation environnementale des stratégies est identique à celle de l'évaluation de leur durabilité globale. Elle consiste à (1) analyser une situation de référence, (2) simuler la mise en œuvre

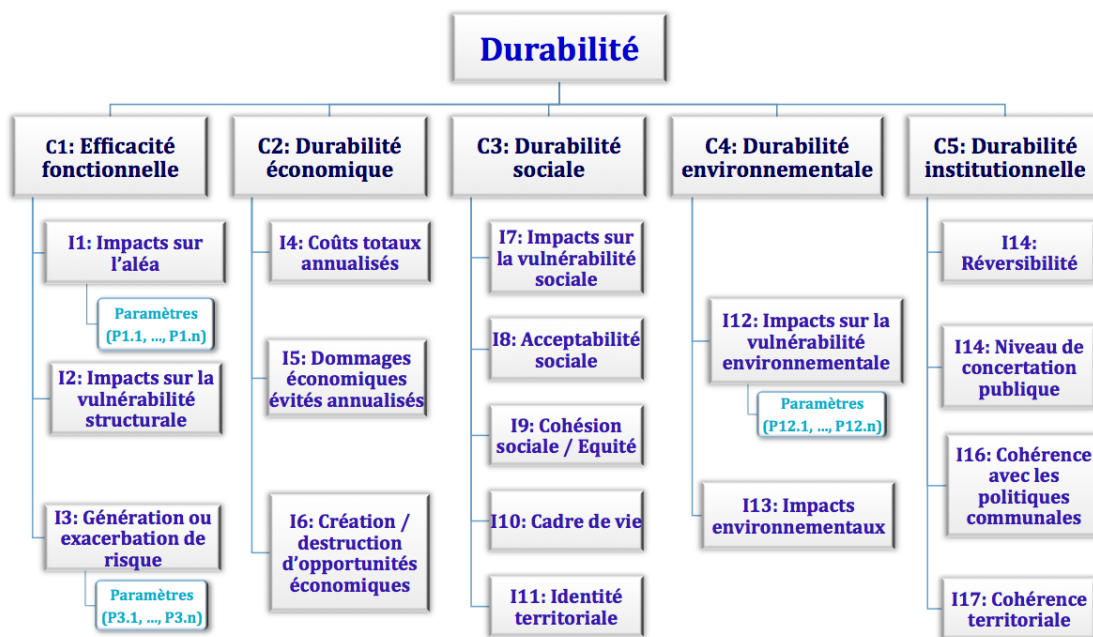
de la stratégie étudiée, (3) estimer les variations induites par la stratégie par rapport à la situation de référence, (4) analyser les forces et faiblesses de la stratégie dans l'atteinte des objectifs fixés et (5) prendre une décision. La méthodologie élaborée à cet effet repose sur une approche d'analyse de performances relatives à de multiples critères. Elle est structurée en deux phases.

2.1. Identification et sélection des critères et indicateurs

Cette phase essentielle a servi à définir le cadre théorique de l'évaluation de la durabilité des stratégies de gestion. Elle a permis, face à l'absence d'outils d'évaluation de la durabilité des décisions de gestion des risques naturels, de proposer un outil à structure hiérarchique formalisé sous forme de critères, indicateurs et paramètres (Figure 1). L'originalité de l'outil réside principalement dans les éléments du contexte de gestion des risques naturels considérés comme lignes directrices pour son élaboration. Par contre les critères, indicateurs et paramètres retenus sont tirés d'une revue bibliographique d'outils existants dans d'autres domaines. Le choix des composantes de l'outil s'est basé sur les principes de gestion durable des catastrophes naturelles énoncées par Mileti (1999).

Les préoccupations environnementales sont examinées grâce au **critère « durabilité environnementale »** et à ses deux **indicateurs « impacts sur la vulnérabilité environnementale »** et **« impacts environnementaux »**. L'indicateur **« impacts sur la vulnérabilité environnementale »** rend compte de la capacité de la stratégie étudiée à réduire les dommages potentiels aux enjeux environnementaux du territoire lors de la survenance du risque traité. L'indicateur **« impacts environnementaux »**, quant à lui, vise à dresser un bilan suffisamment exhaustif des incidences environnementales intrinsèques de la stratégie (depuis sa planification à la fin de mission). Ces indicateurs sont à leur tour déclinés en paramètres dont les valeurs constituent les données d'entrée de la méthodologie d'évaluation des performances proposée. Les indicateurs et paramètres associés à la thématique environnementale sont expliqués dans la section suivante.

Figure 1 : Grille d'évaluation de la durabilité des stratégies de gestion

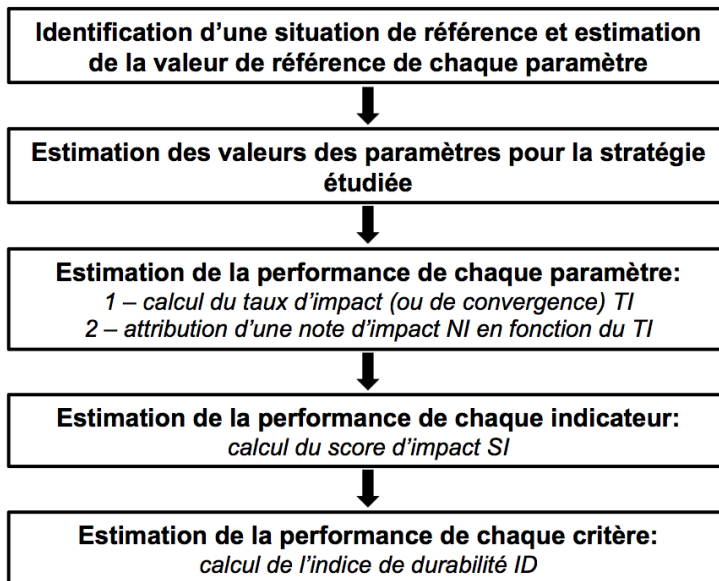


Source : Auteurs

2.2. Proposition d'un mode de calcul des performances

Le protocole de calcul proposé se veut une démarche scientifique simple et claire pour que tous les acteurs de la gestion des risques puissent comprendre les choix opérés, mais aussi générique pour permettre aux utilisateurs de l'adapter aux spécificités de leur étude. Elle est caractérisée par cinq étapes (Figure 2).

Figure 2 : Protocole d'évaluation de la durabilité des stratégies de gestion



Source : Auteurs

a) *Identification de la situation de référence*

L'estimation de la performance des paramètres suit une logique d'évaluation relative basée sur la comparaison des valeurs paramétriques des stratégies à des valeurs de référence (Acosta-Alba et Van der Werf, 2011); d'où la définition de valeurs de référence. Ces dernières peuvent être :

- soit des objectifs souhaités à atteindre (van Cauwenbergh et al., 2007);
- soit des seuils d'acceptabilité provenant de normes, réglementations, jugements d'experts ou d'études empiriques (Wiek et Binder, 2005; Zahm et al., 2006);
- soit des estimations provenant du diagnostic d'une stratégie de référence qui le plus souvent est le statu quo ou le maintien de la politique actuelle sans aucune modification (Klijn et al., 2009).

Le caractère générique recherché pour la méthodologie permet à chaque utilisateur de choisir sa situation de référence.

b) *Estimation des valeurs paramétriques des stratégies*

Cette étape consiste à inventorier et analyser les conséquences potentielles des stratégies à l'étude puis d'en quantifier les paramètres. Les paramètres peuvent aussi bien être quantitatifs que qualitatifs. La méthodologie s'applique quelque soit leur nature. Pour les besoins de calcul, lorsqu'ils sont qualitatifs des codifications numériques seront utilisées.

c) *Estimation de la performance des paramètres*

Cette estimation se fait en deux temps : d'abord en calculant un taux d'impact ou de convergence² puis en attribuant une note d'impact à ce taux. Le taux d'impact (TI) est le rapport de la variation induite par la stratégie relativement à la référence sur la valeur de cette dernière (équation 1).

$$TI = \frac{V_{strat} - V_{ref}}{V_{ref}} \quad (1)$$

La note d'impact (NI) est obtenue par normalisation du TI sur la base de barèmes de percentiles, de type échelle de Likert. Cette codification permet de passer des valeurs cardinales à des ordinales pour une meilleure manipulation des calculs. Les barèmes sont bidirectionnels : les valeurs positives sont pour les impacts avantageux, les négatives pour les désavantages et le zéro pour l'absence de variation. Le nombre de points de l'échelle dépend de la précision que le décideur souhaite donner à ses estimations en tenant compte des caractéristiques spécifiques du système urbain auquel les décisions seront appliquées. Ainsi, une échelle à neuf points (avec une unité de pas identique de 25 %) représentée par le tableau 1 aura moins de précision que celle à onze points (20 %) ou à vingt et un points (10 %). Il faut aussi noter que l'utilisateur de la méthodologie est libre d'adopter une échelle ayant des unités de pas variables qui traduisent mieux les spécificités du

² Le taux de convergence reflète la proportion de la distance séparant la stratégie du seuil/objectif par rapport à ce seuil/objectif.

système urbain. L'élément important est le respect d'une certaine cohérence en utilisant la même échelle pour un aspect donné dans l'analyse de toutes les options. Dans le cas d'application de cette communication, un choix méthodologique arbitraire a été fait utiliser une échelle à neuf points avec des unités de pas identiques de 25 % durant toute l'évaluation.

Dans le cadre des paramètres environnementaux, la note d'impact permet d'attribuer une valeur aux variations des composantes environnementales ciblées. Elle permet également d'identifier et de répertorier les variations désavantageuses avant toute agrégation (source de perte d'information) afin d'envisager les actions correctrices qui s'imposent.

Tableau 1: Exemple d'échelle de normalisation en fonction de la nature de l'impact

Intervalle de valeur du taux d'impact	Impact positif	Note d'impact (NI)	Impact négatif	Note d'impact (NI)
TI > 0.75	Avantage très élevé	4	Désavantage très élevé	- 4
0.75 ≥ TI > 0.5	Avantage élevé	3	Désavantage élevé	- 3
0.5 ≥ TI > 0.25	Avantage moyen	2	Désavantage moyen	- 2
0.25 ≥ TI > 0	Faible avantage	1	Faible désavantage	- 1
TI = 0	Impact nul	0	Impact nul	0

Source: Auteurs

d) Estimation de la performance des indicateurs

L'estimation de la performance des indicateurs se fait par le calcul des scores d'impact (SI). Ces derniers sont des indices composites obtenus par agrégation³ des performances des paramètres (ou NI). Pour le calcul de tous les indices composites de la méthodologie (performances des indicateurs, des critères et de durabilité globale), la moyenne arithmétique pondérée qui est une méthode d'agrégation additive a été retenue parmi les différents opérateurs d'agrégation existants. Ce choix s'explique par sa facilité d'utilisation et par l'obtention de résultats identiques (dans le classement des stratégies) avec une moyenne géométrique pondérée (agrégation cumulative) pour le cas d'étude.

Ainsi, le score d'impact (SI) consiste en une moyenne pondérée des notes d'impact (NI) suivant l'équation 2; tout en ayant à l'esprit qu'une agrégation additive engendre une compensation des performances entre elles : des notes positives peuvent cacher l'existence de notes négatives.

$$SI = \frac{\sum x_i * NI_i}{\sum x_i} \quad (2)$$

avec x_i = coefficient de pondération relatif au paramètre i

Dans le cadre de la thématique environnementale, les poids attribués aux notes d'impact des paramètres dépendent de la sensibilité supposée ou de l'importance accordée par le décideur aux composantes environnementales. Ils traduisent donc l'importance relative de la contribution de chaque paramètre à l'indicateur (Bonierbale, 2004). Bien que la pondération soit un exercice hautement subjectif basé sur des jugements de valeur, il existe des pistes de solution pour les décideurs. Ils peuvent soit choisir d'utiliser une pondération identique pour éviter les biais soit se référer à des pondérations existant dans la littérature (à condition qu'elles conviennent à leur contexte).

À titre illustratif, concernant les paramètres de l'indicateur « impacts sur la vulnérabilité environnementale », dans un contexte français, la pondération peut être déduite du Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT)⁴. En s'inspirant des travaux de Daoud (2009), un poids sera attribué aux paramètres sur la base :

- de l'importance ou de la sensibilité des orientations environnementales signalée par le SCOT : les paramètres correspondant à une orientation à forte sensibilité auront un poids élevé et inversement; et
- d'une échelle de cotation déclinée comme suit : 1 pour une sensibilité faible à moyenne; 2 pour une sensibilité allant de moyen à fort et 3 pour une sensibilité forte à très forte.

Le tableau 2 présente un exemple de pondération issu de la démarche susmentionnée. Néanmoins, certains SCOT peuvent donner directement des poids à leurs orientations environnementales stratégiques.

³ Une agrégation permet d'aboutir à une information unique obtenue en fusionnant des informations provenant de plusieurs variables.

⁴ Le SCOT est un document de planification français qui permet à des communes de se regrouper en intercommunalité en vue d'élaborer des politiques cohérentes dans une perspective de développement durable. Ce document prospectif permet d'élaborer des scénarios d'évolution en fonction des caractéristiques économiques, sociales et environnementales de l'intercommunalité. Pour ce faire, il intègre un diagnostic et une étude d'impact environnemental de ces différents scénarios. Ceci permet d'identifier les orientations environnementales futures du territoire et de les hiérarchiser.

Tableau 2 : Pondération des orientations environnementales en fonction de leur sensibilité

Orientations environnementales stratégiques	Sensibilité	Poids
Préserver les paysages	Fort à très fort	3
Préserver le patrimoine naturel remarquable	Fort à très fort	3
Préserver la biodiversité et la fonctionnalité écologique	Fort à très fort	3
Préserver les ressources en eau (quantité)	Fort à très fort	3
Gérer l'énergie de manière économe et recourir aux énergies renouvelables	Fort à très fort	3
Limiter la production de GES et anticiper	Fort à très fort	3
Protéger le patrimoine	Moyen à fort	2
Préserver le caractère sauvage des rivières	Moyen à fort	2
Maîtriser les pollutions de l'eau (qualité)	Moyen à fort	2
Gérer de façon économe les ressources naturelles (sous-sol, minérales)	Moyen à fort	2
Préserver la qualité de l'air et lutter contre la pollution atmosphérique	Moyen à fort	2
Gérer de façon coordonnée les déchets	Moyen à fort	2
Limiter la consommation des espaces naturels et agricoles	Faible à moyen	1
Limiter les sites et sols pollués	Faible à moyen	1
Réduire la pollution sonore (bruit)	Faible à moyen	1

Source : auteurs inspirés du SCOT du Grand Clermont

Les paramètres relatifs à l'indicateur nommé « impacts environnementaux » peuvent quant à eux être agrégés en utilisant des coefficients fournis par des méthodes et outils d'analyse d'impact environnemental (Eco-indicator 99, LEED, IMPACT 2002+, TRACI, etc.) ou des études scientifiques sur le sujet (Norberg-Bohm *et al.*, 1992; EPA, 2000; Jourmard et Nicolas, 2007, etc.)

e) Estimation de la performance des critères

La performance des critères ou indices de durabilité (ID) se calcule par une agrégation par moyenne pondérée des scores d'impact (SI) en utilisant une formule similaire à l'équation 2.

Contrairement à celle des paramètres, la pondération des deux indicateurs ne possède pas de référentiel scientifique existant. Ce qui semble normal étant donné que c'est la première fois que ces indicateurs sont explicitement proposés pour évaluer la durabilité environnementale d'une stratégie de gestion des risques. Il revient donc au décideur de définir la pondération des indicateurs en fonction des spécificités de son territoire, des choix politiques découlant du mandat politique qu'il détient ou de la perception par les acteurs de la gestion des risques des enjeux relatifs aux indicateurs.

Les indices de durabilité obtenus seront analysés et les différentes stratégies comparées en vue de choisir la plus durable d'entre elles en fonction des règles de décision arrêtées en concordance avec la vision du développement durable du territoire.

3. Description des indicateurs et paramètres du critère « durabilité environnementale »

Bien que la durabilité environnementale soit une notion encore floue, elle est de plus en plus intégrée dans les politiques, projets et autres des activités humaines. Elle est liée au principe de préservation du patrimoine écologique véhiculé par le développement durable. Assurer la durabilité environnementale d'une activité s'inscrit donc dans une vision de limitation de ses conséquences néfastes et de maximisation des incidences positives sur l'environnement sur un horizon temporel suffisamment éloigné pour intégrer l'équité intergénérationnelle.

Par souci de cohérence avec l'objet de la gestion durable des risques naturels, les indicateurs proposés pour jauger la performance environnementale doivent fournir des informations sur la capacité des stratégies à réduire la vulnérabilité des enjeux environnementaux du territoire et à contribuer positivement à la qualité de son capital écologique. D'où les indicateurs « impacts sur la vulnérabilité environnementale » et « impacts environnementaux ». Les paramètres retenus sont spécifiques à l'échelle de la commune.

3.1. Paramètres liés à l'indicateur « impacts sur la vulnérabilité environnementale »

Les travaux de Barczak et Grivault (2007), Milograna *et al.* (2010), Renard (2010) et du Commissariat général au développement durable (2012) ont permis d'identifier les éléments déterminants pour l'appréciation de la vulnérabilité environnementale du territoire. Ainsi dans la zone soumise au risque résiduel avec la mise en place de la stratégie, il faudra estimer :

- Superficie des espaces naturels protégés (Parcs nationaux, sites Ramsar, etc.)
- Superficie des zones à intérêt paysager (bocages, etc.)
- Superficie des espaces naturels non protégés (forêts, friches, prés, etc.)
- Superficie d'espaces verts aménagés (parcs, jardins, etc.)

- Superficie d'habitat aquatique
- Espèces faunistiques et floristiques menacées de disparition

Ces paramètres portent sur les sites d'intérêt de sauvegarde de la biodiversité, zoologique, botanique, hydrologique, esthétique, etc.

- Capacité des points de captage d'eau potable

Il permet de rendre compte de la capacité de production mise en danger par la survenance du risque pour une optimisation de l'accès des citoyens à l'eau potable.

- Capacité de traitement des stations d'épuration (STEP)
- Capacité des points de traitement et de stockage de déchets
- Quantité de déchets susceptibles d'être générés à la suite de la survenance du risque résiduel (ameublement, équipement, médicament, gravats, débris, végétaux, etc.)
- Nombre d'installations manipulant des substances potentiellement dangereuses (aussi bien les installations classées que les non-classés)
- Superficie des sites et sols pollués

Ils mettent l'accent sur les risques sanitaires et environnementaux encourus suite à un déversement potentiel des eaux usées dans la nature, à une perturbation du traitement des déchets voire à leur dispersion sur le territoire, à une incapacité de gestion des déchets post-catastrophe, à une mise en contact avec des contaminants, etc.

Cette liste de paramètres n'est pourtant pas exhaustive. Elle constitue un panorama des différentes possibilités dont il faut tenir compte dans l'évaluation de la performance des stratégies en matière de réduction des dommages environnementaux. Elle demeure avant tout un guide pour l'application pratique de la méthodologie. Elle est de ce fait appelée à évoluer en interaction avec les résultats des différentes études sur le sujet et les nouvelles orientations induites par une évolution de la problématique de gestion durable des risques naturels en milieu urbain.

3.2. Paramètres liés à l'indicateur « impacts environnementaux »

Pour évaluer les externalités environnementales (négatives/positives, directes/indirectes) de leurs activités, les décideurs sont aidés par nombre de paramètres de contexte. Ils sont le plus souvent en rapport avec chacune des composantes clés de l'environnement. Les paramètres retenus pour l'évaluation de cet indicateur représentent la liste des dix impacts environnementaux communément utilisés dans une analyse de cycle de vie. Il s'agit de :

- Émission de gaz à effet de serre
- Eutrophisation
- Formation de smog photochimique
- Toxicité humaine
- Consommation et transformation d'espace
- Écotoxicité des milieux ambiants
- Acidification
- Consommation d'eau
- Consommation d'énergie et de ressources naturelles abiotiques
- Émission de particules en suspension

3.3. Outils d'évaluation environnementale

La méthodologie proposée peut se référer à l'utilisation de divers outils prospectifs d'évaluation environnementale. L'objectif étant qu'ils puissent permettre de documenter les différents paramètres⁵ qui constituent les données d'entrée du protocole de calcul.

La quantification des paramètres de l'indicateur « impacts sur la vulnérabilité environnementale » suit une approche d'évaluation environnementale stratégique. En effet, choisir la meilleure stratégie sur le plan écologique nécessite, en amont, d'identifier les enjeux environnementaux critiques pour le développement durable du territoire.

La quantification des paramètres de l'indicateur « impacts environnementaux » repose sur une démarche de bilan des impacts environnementaux intégrant la pensée « cycle de vie »; ceci afin d'intégrer autant que possible la dimension temporelle des impacts.

4. Application à un cas d'étude théorique

⁵ En clair, les données d'entrée de la méthodologie sont issues de calculs effectués en utilisant des méthodes et outils d'évaluation environnementale.

Une première application à un cas d'étude théorique a été faite pour illustrer la faisabilité de la méthodologie élaborée et la valider. Le cas d'étude porte sur l'analyse des performances environnementales de trois stratégies de gestion des inondations.

Le site d'étude est représenté par une commune fictive ayant les caractéristiques d'une commune française : population moyenne de 2.000 habitants sur environ 20 km². Cette commune, traversée par un cours d'eau, est soumise à des inondations de plaine.

Les données utilisées sont imaginaires, mais elles ont été choisies pour être représentatives des caractéristiques fréquemment observées et être ainsi réalistes.

4.1. Description des stratégies de gestion envisagées

Trois stratégies sont étudiées sur cette commune sur un horizon de trente ans.

La première stratégie (Strat 1) consiste à demander aux citoyens de mettre en place des mesures individuelles (batardeaux, murets, etc.) de protection de leur habitation pour en diminuer la vulnérabilité structurelle.

La stratégie Strat 2 s'appuie essentiellement sur l'exploitation de la zone à risque (infrastructures, habitations, etc. capables de résister à certain niveau d'aléa) en faisant le pari que les retombées positives seraient supérieures aux désavantages.

La stratégie Strat 3 vise à aménager une zone d'expansion de crue en vue de réduire l'aléa.

4.2. Choix méthodologiques

La présente étude constitue une analyse ponctuelle à un temps T donné supposé se situer dans le moyen terme (15-20 ans); la durabilité semble difficilement atteignable dans le court terme et le long terme étant sujet à de nombreuses incertitudes.

La situation de référence choisie est la stratégie actuelle de gestion sur la commune. Une échelle à neuf points a été utilisée pour le scoring. La pondération des paramètres est adaptée du SCOT du Grand Clermont et de la version 2010 de LEED. Pour les indicateurs, trois jeux de pondération différents ont été utilisés afin d'étudier la variabilité des indices de durabilité. Il s'agit (cas a) de considérer les deux indicateurs égaux, (cas b) de donner la priorité à la réduction de la vulnérabilité environnementale et (cas c) de donner plutôt la priorité à la limitation des impacts environnementaux des stratégies.

4.3. Résultats et discussion

Les résultats obtenus pour les indicateurs et le critère sont présentés dans le tableau 3. Aussi bien pour les paramètres, indicateurs que pour le critère, les performances estimées permettent de ressortir les forces et les faiblesses des stratégies par rapport à la situation de référence puis les unes par rapport aux autres.

Tableau 3 : Performances des stratégies

	Scores d'impact		Indice de durabilité environnementale		
	SI vul. env	SI imp. env	Cas a C ₁ = 1; C ₂ = 1 *	Cas b C ₁ = 2; C ₂ = 1	Cas c C ₁ = 1; C ₂ = 2
Strat 1	0,58	- 0,35	0,11	0,27	-0,04
Strat 2	0,91	- 0,35	0,28	0,49	0,07
Strat 3	0,8	- 0,24	0,28	0,45	0,1

* C₁ et C₂ sont respectivement les coefficients de pondération des indicateurs « impacts sur la vulnérabilité environnementale » et « impacts environnementaux »

Source: Auteurs

Par rapport à la situation actuelle, les trois stratégies permettent de réduire la vulnérabilité environnementale du territoire; Strat 2 y contribue le mieux. Par contre, elles semblent générer plus d'impacts environnementaux et Strat 3 apparaît comme la moins désavantageuse. La réduction de la vulnérabilité des enjeux écologiques du territoire est donc l'objectif le mieux assuré des deux.

Les stratégies ayant le meilleur indice de durabilité diffèrent d'un jeu de pondération à l'autre. Lorsqu'une considération égale est accordée aux indicateurs (cas a), Strat 2 et Strat 3 sont équivalentes. Le décideur peut invariablement choisir l'une ou l'autre toute chose étant égale par ailleurs. Le cas échéant, ces deux stratégies seront différenciées par leurs performances relatives aux quatre autres critères. Lorsque le choix politique du territoire est de mettre l'accent sur la vulnérabilité environnementale (cas b), Strat 2 est la plus performante. Le basculement du choix en faveur de la réduction des impacts environnementaux (cas c) donne la Strat 3 comme la plus performante. Ainsi, lorsque dans l'évaluation de la performance des stratégies la pondération fait l'objet d'arbitrage politique, les résultats sont susceptibles de varier d'un territoire à l'autre en fonction des caractéristiques spécifiques.

L'indice de durabilité environnementale permet de mesurer de façon objective la qualité écologique des décisions envisagées. Il constitue un élément cohérent de discussion entre les acteurs de la gestion des risques naturels et d'argumentation transparente des choix opérés.

Cette application correspond en réalité à une évaluation ponctuelle dans le temps donnant à cet instant T une image instantanée de la durabilité environnementale des stratégies. Or la logique de la durabilité nécessite de s'interroger sur les conséquences potentielles des stratégies aussi bien dans un futur proche que lointain. L'évaluation de la durabilité étant aussi bien basée sur les caractéristiques des stratégies que sur les spécificités territoriales, les résultats sont susceptibles d'évoluer en fonction de l'évolution technologique, des trajectoires de la dynamique territoriale, etc. Il convient donc d'aborder cette évaluation de la durabilité comme un continuum (allant du court au long terme) en intégrant toutes les composantes d'évolution du contexte. La réalisation de plusieurs évaluations à des échelles temporelles différentes permettra alors d'analyser et de comparer les évolutions de la durabilité des stratégies dans le temps en vue de déterminer de façon pertinente la plus durable d'entre elles.

Cette étude de cas a permis de démontrer la faisabilité de l'utilisation de l'évaluation environnementale comme outil d'aide à la décision et l'efficacité de la méthodologie élaborée. Toutefois, il est nécessaire de réaliser des cas d'étude réels avec des contextes spécifiques pour détecter ses faiblesses, tester sa robustesse et valider son opérationnalité.

Conclusion

La prise en compte des considérations environnementales devient de plus en plus essentielle dans toute prise de décision au regard des enjeux du développement durable. La réflexion sur l'importance à accorder à l'évaluation environnementale dans le domaine de la gestion des risques et catastrophes naturels lève le voile sur des éléments pertinents auxquels il faudrait s'intéresser pour une optimisation des choix. Cette communication est une contribution méthodologique au sujet posé. Elle a donc permis de démontrer et de formaliser cette intégration plus que nécessaire aujourd'hui par la proposition d'un ensemble de paramètres et indicateurs pour l'évaluation des décisions. Son utilité consiste non seulement à sensibiliser les décideurs à la notion de durabilité dans le cadre de la gestion des risques naturels, mais à leur donner un outil capable de les accompagner dans l'apprentissage de la mise en œuvre opérationnelle de cette notion.

Néanmoins, la démarche proposée pour la prise en compte de l'environnement n'est pas figée, car elle ne prétend pas être parfaite. Elle est appelée à s'améliorer avec l'adaptation des paramètres et indicateurs compte tenu des évolutions futures afin d'aboutir à des décisions toujours plus satisfaisantes sur le plan écologique. Elle permet de pallier l'absence de méthodologie traitant du sujet et d'ouvrir la voie à l'approfondissement et à l'élargissement des recherches sur le sujet avec à l'évidence une adaptation à des échelles spatiales plus importantes (département, région, pays, communauté de pays). Bien que développée pour la gestion des risques, cette approche pourrait être appliquée à toute politique publique après une adaptation des indicateurs et paramètres au domaine spécifique.

Références bibliographiques

Acosta-Alba, I., Van der Werf, H.M.G. (2011). "The use of reference values in indicator-based methods for the environmental assessment of agricultural systems." In Sustainability, Vol. 3: Issue n° 2, p 424-442.

Barczak, A. et Grivault, C (2007). "Système d'information géographique pour l'évaluation de la vulnérabilité au risque de ruissellement urbain." Actes de la 6^{ème} Conférence Internationale sur les techniques et stratégies durables pour la gestion des eaux urbaines par temps de pluie (NOVATECH 2007), 25 - 28 Juin 2007, Lyon, pp 139 - 146.

Bonierbale, T. (2004). "Éléments pour l'évaluation de la qualité environnementale des systèmes d'assainissement urbains." Thèse de doctorat, Université de Marne-la-vallée, 265 pages.

Commissariat général au développement durable - Service de l'observation et des statistiques - Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable. (2012). "Analyse multicritères : application aux mesures de prévention des inondations - Guide méthodologique." Document de travail n° 6.B. 168 pages.

Crowley, M. et Risse, N. (2011). "L'évaluation environnementale stratégique : un outil pour aider les administrations publiques à mettre en œuvre le développement durable." In Télescope, Vol. 17, n° 2, p 1-29.

Daoud, W. (2009). "Développement d'un système de management intégré de l'éco-conception des appareillages électriques de moyenne tension." Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, CER Paris, 231 pages.

EPA: United States Environmental Protection Agency, Science Advisory Board. (2000) "Toward integrated environmental decision-making." EPA-SAB-EC-00-0011. Washington, D.C., 48 pages.

- Joumard, R. et Nicolas, J.-P. (2007). "Méthodologie d'évaluation de projets de transport dans le cadre du développement durable." Actes du 12^{ème} Colloque international du Secrétariat international francophone pour l'évaluation environnementale (SIFÉE) sur le thème de *L'évaluation environnementale et transports*, 18-22 Juin 2007, Genève, Suisse. Disponible sur l'url : http://www.sifee.org/Actes/actes_geneve_2007/communications/C_Session_2/2_Joumard_et_al_comm.pdf
- Klijin, F.; de Bruijn, K.; McGahey, C.; Mens, M.; Wolfert, H.; (2009) "Towards sustainable flood risk management: on methods for design and assessment of strategic alternatives exemplified on the Schelde Estuary. Executive summary. *Integrated Flood Risk Analysis and Management Methodologies*" – FLOODsite project report T14-08-02. 30 pages.
- Lerond, M., Larue, C., Michel, P., Roudier, B. et Sanson, C. (2003). "L'évaluation environnementale des politiques, plans et programmes : Objectifs, méthodologies et cas pratiques." Editions Tec & Doc, Lavoisier, 310 pages.
- Mileti, D. (1999). "Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States." Washington, D.C.: The Joseph Henry Press. 376 pages.
- Milograna, J., Baptista, M., Barraud, S. et Campana, N. (2010) "Choix de mesures permettant le contrôle des inondations en zones urbaines – Un outil d'aide à la décision." Actes de la 7^{ème} Conférence Internationale sur les techniques et stratégies durables pour la gestion des eaux urbaines par temps de pluie (NOVATECH 2010), Juin 2010, Lyon, 10 pages.
- Moreau, V. (2012). "Méthodologie de représentation des impacts environnementaux locaux et planétaires, directs et indirects – Application aux technologies de l'information." Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne. 334 pages.
- Norberg-Bohm, V.; Clark, W.C.; Bakshi, B.; Berkenkamp, J.; Bishko, S.A.; Koehler, M.D.; Marrs, J.A.; Nielsen, C.P.; Sagar, A.; (1992) "International comparisons of environmental hazards: Development and evaluation of a method for linking environmental data with the strategic debate management priorities for risk management." Discussion Paper 92-09, Center for Science and International Affairs (CSIA), John F. Kennedy School of Government, Harvard University.
- Puszkin-Chevlin, A.; Hernandez, D.; Murley, J. (2006) "Land use planning and its potential to reduce hazard vulnerability: current practices and future possibilities." In *Marine Technology Society Journal*. Vol. 40: Issue n° 4, p 7-15.
- Renard, F. (2010). "Le risque pluvial en milieu urbain. De la caractérisation de l'aléa à l'évaluation de la vulnérabilité : le cas du Grand Lyon." Thèse de doctorat, Université de Lyon. 528 pages.
- Saunders, W.S.A. (2010). "Sustainable urban design for natural hazard risk reduction." In SB10, innovation and transformation: New Zealand Sustainable Building Conference, 26-28 May 2010, Te Papa, Wellington, New Zealand: conference proceedings. 11 pages.
- Van Cauwenbergh, A.; Durinck, E.; Martens, R.; Laveren, R.; Bogaert, I. (1996) "On the role and function of formal analysis in strategic investment decision processes: Results from an empirical study in Belgium." In *Management Accounting Research*, 7, p 169-184.
- Van Cauwenbergh, N.; Biala, K.; Bielders, C.; Brouckaert, V.; Franchois, L.; Garcia Ciudad, V.; Hermy, M.; Mathijs, E.; Muys, B.; Reijnders, J.; Sauvenier, X.; Valckx, J.; Vanclooster, M.; Van der Veken, B.; Wauters, E.; Peeters, A. (2007). "SAFE – A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems." In *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol. 120: Issues 2 – 4, p 229-242.
- Wiek, A. and Binder, C. (2005). "Solution spaces for decision-making – A sustainability assessment tool for city-regions." In *Environmental Impact Assessment Review*, Vol. 25: Issues 6, p 589-608.
- Zahm, F.; Viaux, P.; Girardin, P.; Vilain, L.; Mouchet, C. (2006) "Farm sustainability assessment using the IDEA Method: From the concept of farm sustainability to the case studies on French farms." In Häni, F.J.; Pintér, L.; Herren, H.R. (Eds.): *From common principles to common practices*. Proceedings and Outputs of the first Symposium of the International Forum on Assessing Sustainability in Agriculture (INFASA), International Institute of Sustainable Development and Swiss College of Agriculture, Bern, p 77-110.