Durabilité des mesures de gestion du risque : méthodologie d'analyse

C. Curt, P. Di Maiolo, T. Curt, Alexandra Schleyer-Lindenmann, A. Tricot, M. Merad, A. Arnaud

▶ **To cite this version:**

C. Curt, P. Di Maiolo, T. Curt, Alexandra Schleyer-Lindenmann, A. Tricot, et al.. Durabilité des mesures de gestion du risque : méthodologie d'analyse. Lambda-Mu 21, Oct 2018, Reims, France. hal-01958779

HAL Id: hal-01958779
https://hal.science/hal-01958779

Submitted on 18 Dec 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

DURABILITE DES MESURES DE GESTION DU RISQUE : METHODOLOGIE D'ANALYSE

SUSTAINABILITY OF RISK MANAGEMENT MEASURES: AN ANALYSIS METHODOLOGY

Curt C., Di Maiolo P., Curt T.

Irstea
3275 route de Cézanne – CS 40061
13182 Aix-en-Provence Cedex 5
FR ECCOREV

Schleyer-Lindenmann A., Tricot A Merad M.
UMR ESPACE
Aix Marseille Univ, Univ Nice Sophia Antipolis, Avignon Université, CNRS,
Technopôle de l'environnement Arbois
13 545 Aix-en-Provence Cedex 04
FR ECCOREV

Arnaud A.
LIEU-IUAR
2 av. Henri Poncet
13090 Aix-en-Provence
FR ECCOREV

Résumé
Différentes mesures structurelles permettent de gérer les risques. La communication présente un inventaire de ces mesures et propose une méthode pour l'analyse de leur durabilité en définissant des critères et indicateurs environnementaux, économiques et sociaux, en complément de leur performance en termes de protection/prévention du risque. Les travaux sont appliqués à 3 risques : inondation, incendie de forêt et submersion marine. Une évaluation de 4 mesures (bassin sec, bassin multifonctionnel, débroussaillage mécanique, débroussaillage par pâturage) est réalisée.

Summary
Various structural measures are used to manage risk. The communication presents an inventory of these measures and proposes a method for analyzing their sustainability by defining environmental, economic and social criteria and indicators, in addition to their performance in terms of protection / risk prevention. The study is applied to 3 risks: flood, forest fire and marine submersion. An evaluation of 4 measurements (dry basin, multifunctional basin, mechanical brushing, brushing by grazing) is carried out.

1. Introduction

Selon un rapport de la Banque Mondiale, environ 3,8 millions de km² et 790 millions de personnes dans le monde étaient en 2005 relativement fortement exposés à au moins deux aléas naturels, et près de 0,5 million de km² et 105 millions de personnes à trois ou plus de aléas (Diley et al., 2005). La prise en compte des risques technologiques renforce encore ces chiffres, dans un contexte où la distance entre les zones habitées et industrielles diminue rapidement et où le nombre d'infrastructures et leurs interrelations augmentent. Le changement global, à la fois climatique et d'occupation de l'espace, pourrait augmenter l'exposition des enjeux humains et naturels en augmentant l'amplitude, la fréquence et la répartition spatiale des aléas. En France, de nombreuses communes sont ainsi concernées par des aléas multiples (inondation, incendie de forêt, accidents technologiques…) susceptibles de toucher des enjeux divers, anthropiques ou naturels. Les problématiques multirisques sont donc devenues importantes pour les décideurs publics.

En France, la gestion du risque est cadrée par un ensemble de règlementations. Ces politiques sont traduites concrètement sur les territoires concernés par des mesures de prévention et de protection structurelles (dispositifs de protection tels que digues, barrages écrêteurs, noues…) et non structurelles (occupation du sol, débroussaillage des forêts vis-à-vis des incendies, alerte…). Ces mesures visent à limiter le risque vis-à-vis de différents aléas naturels ou technologiques. Dans la communication, nous nous penchons plus spécifiquement sur les mesures structurelles. Celles-ci sont classées en 2 grands types : d'une part, les solutions fondées sur la nature (SFN) (nommées aussi infrastructures vertes/bleues ou techniques alternatives) qui s'appuient sur la nature, s'en inspirent ou la copient (European Commission, 2015), d'autre part, les solutions grises dans le cas d'ouvrages anthropiques. La combinaison des 2 types mène à des solutions hybrides. Par exemple, les systèmes de protection contre les inondations sont généralement des solutions hybrides composées par :

- Des composants naturels comme des dunes, des tertres…
- Des digues qui sont des parties vitales d'un système de management du risque d'inondation (Sharp et al., 2013) ainsi que d'autres éléments technologiques tels que des vannes, portes, stations de pompage.

Tous ces composants jouent un rôle important dans le système de protection contre les inondations et sont à considérer pour l'évaluation de la performance de la fonction de protection (Tourment et al., 2015).

L'analyse de ces mesures de gestion du risque doit prendre en compte la question de leur durabilité au travers de critères environnementaux, économiques et sociaux (Brundtland, 1987). Si les critères économiques sont généralement considérés lors de la mise en œuvre, les critères environnementaux et sociaux sont plus récemment ou rarement pris en compte alors qu'ils devraient jouer un rôle important. Pour les critères environnementaux, il s'agit de limiter les interventions, de considérer conjointement la prévention des risques et l'équilibre des écosystèmes (cadre GEMAPI – Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations par exemple) ou encore de proposer des alternatives SFN et hybrides. Pour les aspects sociaux, il s'agit d'analyser les mesures pour favoriser un usage complémentaire à la fonction première de réduction du risque, et notamment un service de loisirs, de culture, d'éducation, de liens sociaux... Les aspects économiques peuvent être également abordés avec les bénéfices que l'on peut tirer de ces nouvelles stratégies (élevage d'animaux contribuant au débroussaillage et donc à la réduction des incendies) : on vise alors à développer de nouvelles formes d'économie territoriale durable fondées sur les atouts des territoires. Des actions ont été menées dans ce sens sur différents territoires : par exemple, sur la commune de Vitrolles dans les Bouches du Rhône, le Vélodrome Aimé Constant, un bassin de rétention mixte, a également un rôle social puisqu'il est aussi un vélodrome homologué au niveau international et un terrain de football enherbé ; sur la commune de Bormes-les-Mimosas, l'éco-pâturage permet d'entretenir les pare-feu participant à la défense contre les incendies à des coûts peu élevés et avec un rôle social et pédagogique. Toutefois, les initiatives restent isolées et concernent rarement tous les aspects du développement durable.

Dans ce contexte, il est important de dresser un état des lieux de ces mesures de gestion des risques et de proposer une méthode pour leur analyse selon des critères environnementaux, économiques et sociaux, en complément de leur performance en termes de protection/prévention du risque. Des travaux mettant en œuvre des approches multicritères d'aide à la décision ont été proposés notamment pour implémenter des principes de développement durable dans les organisations (Merad et al., 2013). Cet article présente ainsi une méthodologie d'analyse de la durabilité des mesures de gestion du risque. Les démarches sont menées à l'échelle de territoires concernés par des risques multiples, plus spécifiquement ici les risques inondation, incendie de forêt et submersion marine. La communication s'inscrit au sein des projets APOGEE[1] et GERIMAE[2] qui visent à apporter une vision innovante de la gestion des risques selon des angles peu explorés jusqu'alors : d'une part, l'inventaire et l'examen conjoint des différentes politiques publiques du risque, de la protection de l'environnement et de l'aménagement du Territoire (présentés dans la communication portée par Vigier et al. (Vigier et al., 2018) et d'autre part, l'analyse de la durabilité des mesures de gestion du risque (objet de la présente communication).

2. Méthode

Nous proposons une démarche en 4 grandes phases (cf. Figure 1).

La première étape est une revue bibliographique afin de réaliser un inventaire des mesures structurelles grises, vertes, bleues ou hybrides de gestion du risque. Une analyse fonctionnelle (AFNOR, 2011) a été réalisée dans le but d'organiser ce recensement. La fonction de service de la mesure et les différentes fonctions techniques permettant de remplir cette fonction de service sont identifiées. Lors de cet inventaire, sont également recensés les éléments, notamment les avantages et inconvénients de la mesure, permettant d'alimenter les critères et indicateurs de durabilité lors des phases 2 et 3. Les sources pour effectuer ce recensement sont diverses : littérature scientifique et technique (Cherqui et al., 2016 ; Sharp et al., 2013) mais également le recensement de réalisations concrètes dans différents pays ou communes.

L'étape 2 correspond à la définition de critères d'évaluation de la durabilité des mesures de gestion du risque. Nous avons utilisé la norme « Système de management pour le développement durable au sein des communautés territoriales » de la norme NF ISO 37101 (AFNOR, 2016) et plus particulièrement les 6 « finalités du développement durable » identifiées : Attractivité ; Préservation et amélioration de l'environnement ; Résilience ; Utilisation responsable des ressources ; Cohésion sociale ; Bien-être. Ces finalités ont été complétées et revues afin de répondre à notre questionnement.

L'étape 3 vise à proposer des indicateurs alimentant les critères de durabilité définis dans l'étape 2. Ces indicateurs sont élaborés à partir de 2 sources :

- les avantages et inconvénients des mesures de gestion sur un plan environnemental, social et économique (éléments de coût à ce stade de l'étude), recensés dans la littérature ;
- les exemples donnés pour chaque finalité fournis dans la norme NF ISO 37101 (AFNOR, 2016).

Ces indicateurs sont formalisés selon une grille comprenant les champs suivants : nom, définition, échelle d'évaluation avec jalons (Curt et al., 2010) puis sont validés auprès d'un groupe pluridisciplinaire impliquant des spécialistes sur le risque, en géographie, urbanisme et psychologie.

Les indicateurs peuvent ensuite être employés sur des territoires afin de caractériser les différentes mesures structurelles de gestion du risque qui auront été identifiées sur le terrain et classées par rapport à l'inventaire défini dans l'Etape 1.

Dans cette communication, nous présentons spécifiquement les résultats obtenus lors des étapes 1 à 3. Les applications de la démarche à des territoires seront menées prochainement.

[1] Analyse des politiques de gestion du risque et de leur mise en œuvre dans un cadre territorial et de développement durable – Financement FR Eccorev – Coordination Irstea

[2] Méthodes et outils pour la gestion des risques : vers une approche territoriale intégrée multi-aléas et multi-enjeux – Financement Irstea

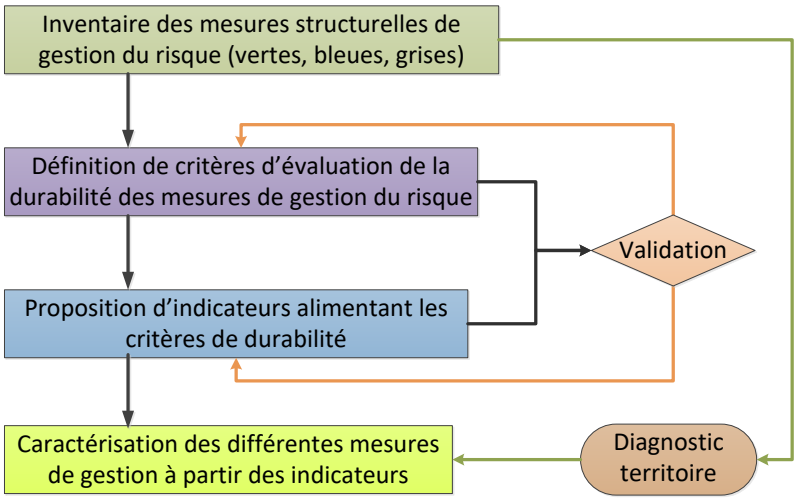

Figure 1. Démarche méthodologique

3. Résultats

3.1. Inventaire des mesures de gestion du risque

De nombreuses mesures structurelles permettent de « gérer un risque donné » qui correspond à leur fonction de service : par exemple, pour le risque inondation il est possible de mettre en œuvre des bassins de rétention à ciel ouvert ou des façades végétalisées, de drainer le sol… Nous proposons une classification de ces mesures selon les fonctions techniques qu'elles possèdent et qui permettent de remplir la fonction de service. Dans le cas de l'inondation, la fonction de service est de ralentir le ruissellement.

Pour ce même risque, nous avons identifié 3 fonctions techniques (cf. Tableau 1) : stocker l'eau grâce à des ouvrages spécifiques et potentiellement déplacer le volume d'eau ; collecter et déplacer ; augmenter ou conserver la capacité d'infiltration des sols. Une liste de mesures individuelles associées à ces différentes fonctions techniques a été extraite de la littérature (cf. Tableau 1). Elles relèvent d'infrastructures de différents types : vertes comme le développement de biorétention par les jardins de pluie ou le stockage en toiture (toits végétalisés) ou grises comme des bassins de rétention ou des réseaux d'eau pluviale.

Certaines mesures de gestion peuvent avoir plusieurs fonctions comme les noues et les fossés qui permettent de canaliser les eaux tout en favorisant leur stockage et leur infiltration. Seule la fonction majeure est indiquée dans le Tableau 1.

Pour chacune des mesures identifiées, un recueil des informations a également été mené sur leurs impacts environnementaux et sociaux ainsi que les coûts associés. Ainsi, les bassins secs sont des espaces verts temporairement submersibles permettant l'infiltration des eaux de pluies mais ils peuvent être utilisés, hors période de crue, comme aire de jeu ou de sport (exemple du Vélodrome de Vitrolles cité dans l'introduction). On peut associer à ce type d'ouvrage des impacts :

- environnementaux positifs : dépollution efficace des eaux pluviales par décantation des particules, augmentation de la capacité d'infiltration des eaux vers la nappe ;
- sociaux positifs : emprise foncière (cachée) ; bonne intégration paysagère ; développement de nouveaux espaces d'accueil…
- sociaux négatifs : concentration des polluants pour les aires de jeu.

En termes économiques, le coût d'un bassin sec est de 130 à 500 € / m^3 stocké auquel il faut associer des actions régulières de nettoyage, curage et entretien.

Ce travail d'inventaire a été mené pour les 3 risques considérés (inondation, incendie de forêt et submersion marine).

Nous proposons ensuite de formaliser ces différents impacts relevés dans la littérature sous la forme de critères et d'indicateurs relatifs au développement durable, et pouvant être employés pour les différentes mesures de gestion et pour des risques différents.

Fonctions techniques	Mesures de gestion du risque recensées lors de l'inventaire
Stocker (et potentiellement déplacer)	Digues de protection (stocker et déplacer)
	Bassins de rétention (Bassin à ciel ouvert ; Barrages écrêteurs de crues ; Installations souterraines)
	Ouvrages de rétention multifonctionnel : aménagés pour la gestion du risque inondation mais peuvent jouer aussi un rôle structurant et paysager (Bassin sec ; Bassin en eau)
	Stockage en toiture et en façade
	Stockage hors-sol ou enterré en sortie de gouttière
	Biorétention (jardin de pluie)
Collecter et déplacer	Réseau d'eau pluviale
	Drainage du sol (Tranchée drainante infiltrante ; Puits d'infiltration)
	Fossés et noues
Augmenter ou conserver la capacité d'infiltration des sols	Contrôle du taux d'humidité dans le sol
	Intervention sur la structure du sol
	Préservation ou intervention sur le compactage des sols
	Modification de la couverture du sol (revêtements perméables) – Augmentation de la couverture végétale des sols
	Aménagements agricoles – Labour perpendiculairement à la pente du terrain – Fascines et haies denses
	Zones d'expansion de crues

Tableau 1. Mesures de gestion du risque inondation classées par rapport à la fonction technique

3.2. Définition de critères de durabilité

Les 9 critères de durabilité suivants ont été définis (toutes les finalités de la norme NF ISO 37101 ont été conservées) :
- extraits directement de la norme ou adaptation du terme : Résilience ; Attractivité du lieu ; Préservation et amélioration de l'environnement ; Utilisation responsable des ressources ; Cohésion sociale ; Bien-être et Qualité de vie ;
- ajoutés pour les besoins spécifiques de l'étude : multifonctionnalité (la mesure possède au moins un usage en plus de celui de gestion du risque) ; spécifications techniques et coûts.

Ces critères couvrent donc à la fois des aspects environnementaux (Préservation et amélioration de l'environnement ; Utilisation responsable des ressources), sociaux (Attractivité du lieu, Cohésion sociale, Bien-être et qualité de vie) ; économiques (coûts) et techniques (spécifications techniques). Les critères Multifonctionnalité et Résilience sont intégrateurs de plusieurs aspects.

3.3. Définition d'indicateurs de durabilité

Ces critères sont alimentés par des indicateurs établis à partir des impacts relevés lors de l'inventaire et des exemples fournis pour chaque finalité dans la norme NF ISO 37101. Le Tableau 2 donne l'exemple pour les indicateurs relevant du critère Attractivité du lieu. Certains indicateurs sont construits à partir de l'agrégation de deux « exemples » de la norme (Appartenance – Sentiment d'identité) ou sont précisés (Attachement au lieu). L'item culture n'a pas été retenu pour le critère Attractivité du lieu en effet, il apparaît également comme « exemple » de la finalité Cohésion sociale et a été retenu comme indicateur du critère portant le même nom.

Finalité : Attractivité **Exemples donnés dans la norme 37101**	**Critère : Attractivité du lieu** **Indicateurs**
Appartenance Sentiment d'identité	Appartenance – Sentiment d'identité
Lieu	Attachement au lieu
Intérêt des citoyens et des autres parties intéressées investisseurs par exemple	Intérêt des citoyens et des autres parties – usage du lieu
Culture	

Tableau 2. Indicateurs de durabilité adaptés depuis la norme NF ISO 37101

Au final 35 indicateurs ont été formalisés pour les 9 critères d'évaluation de la durabilité des mesures structurelles de gestion du risque. Les indicateurs se répartissent ainsi :

- 1 pour « Multifonctionnalité »
- 5 pour « Résilience »
- 3 pour « Attractivité du lieu »
- 4 pour « Préservation et amélioration de l'environnement »
- 2 pour « Utilisation responsable des ressources »
- 6 pour « Cohésion sociale »
- 5 pour « Bien-être et qualité de vie »
- 8 pour « Spécifications techniques »
- 1 pour « Coûts »

La Figure 2 fournit une illustration des indicateurs utilisés pour 3 critères (environnemental, social et technique).

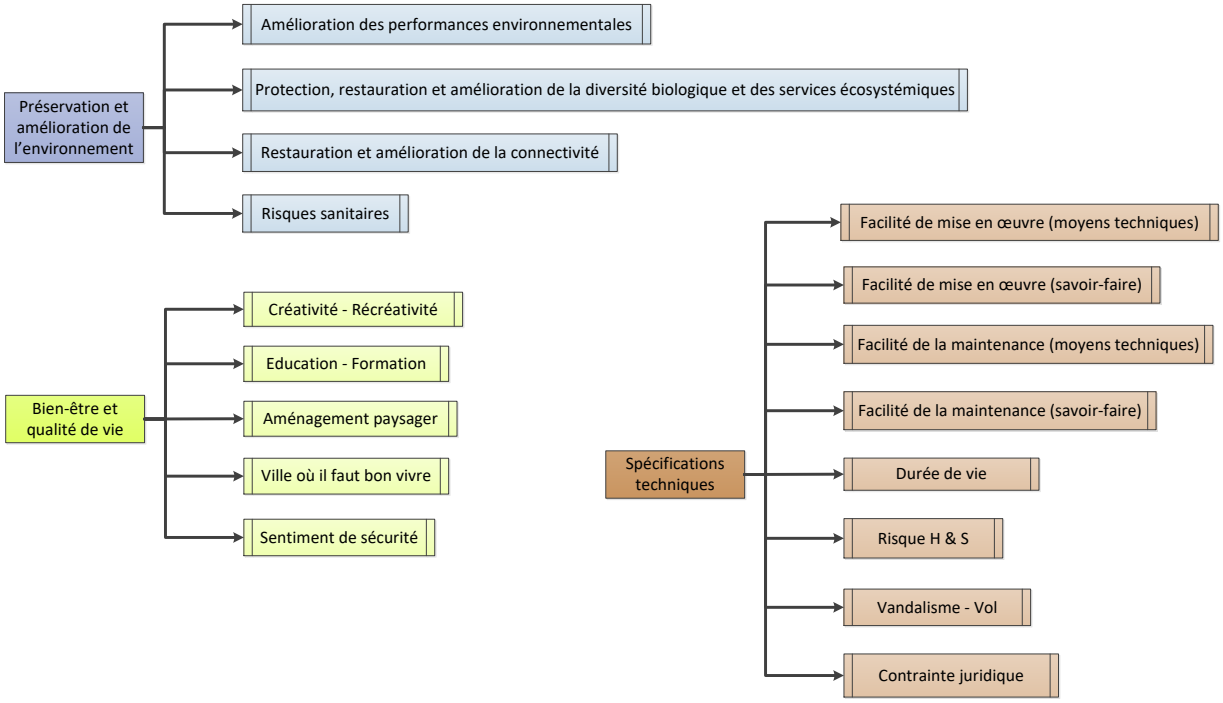

Figure 2. Exemples d'Indicateurs de durabilité

Ces différents indicateurs sont décrits par une définition et une échelle permettant leur évaluation. Actuellement l'échelle utilisée est qualitative : « + » pour un effet positif, « - » pour un effet négatif, « 0 » si pas d'effet. Le Tableau 3 donne des exemples de définition d'indicateurs.

A terme chaque mesure sera évaluée grâce aux 35 indicateurs formalisés. Toutefois, dans cette étude, le critère économique n'a pas été évalué, ramenant donc le nombre d'évaluation à 34. Les exemples suivants de notation des indicateurs peuvent être donnés :

- Un stockage en toiture ou en façade végétalisée peut améliorer la diversité biologique. L'indicateur correspondant est donc noté « + ». Cette note contribue au critère « Préservation et amélioration de l'environnement (cf. Figure 2) ;
- Un bassin en eau a les mêmes propriétés mais peut également entraîner le développement d'espèces nuisibles, notamment moustiques, donc avoir un impact sur les Risques sanitaires (note « - ») *(*cf. Figure 2 et Tableau 3).

Nom	Définition
Appartenance – Sentiment d'identité	Capacité de la mesure à influencer le sentiment d'appartenance ou d'identité. L'utilisation d'une architecture particulière ou de matériaux (locaux par exemple) pour la mesure de protection, la présence d'une infrastructure de protection pouvant être considérée comme un patrimoine anthropique ou naturel (digue, dune...) ou la mise en œuvre d'une mesure de protection ancienne ou traditionnelle peut contribuer à l'expansion, la préservation du sentiment d'identité ou d'appartenance à un lieu + : la mesure renforce le sentiment d'appartenance 0 : la mesure n'influence pas le sentiment d'appartenance - : la mesure diminue le sentiment d'appartenance
Restauration et amélioration de la connectivité	Capacité de la mesure de protection à agir sur la restauration ou l'amélioration de la connectivité + : la mesure améliore la restauration ou l'amélioration de la connectivité 0 : la mesure n'agit pas sur la restauration et l'amélioration de la connectivité - : la mesure dégrade la connectivité
Risques sanitaires	Capacité de la mesure de protection à avoir des effets sur l'environnement qui se traduisent sur la qualité de l'eau, de l'air, des sols, sur la santé. Par exemple, la pollution par métaux lourds dans les parcs de jeux, par le sel de route pour les végétaux, le développement de moustiques + : la mesure diminue les risques sanitaires 0 : la mesure n'agit pas sur les risques sanitaires - : la mesure augmente les risques sanitaires

Tableau 3. Définition d'indicateurs de durabilité

3.4. Validations

Une première validation de l'applicabilité des indicateurs à des mesures concrètes de gestion du risque a été conduite. Ont été étudiées :

- 2 mesures contre l'inondation : le bassin de rétention « standard » et le bassin de rétention multifonctionnel (bassin sec) ;
- 2 mesures contre les incendies de forêt : le débroussaillage mécanique et le débroussaillage par pâturage.

Quatre spécialistes en risque, géographie et perception du risque ont réalisé conjointement les évaluations. L'évaluation d'une mesure de gestion nécessite environ 15 minutes pour les 34 indicateurs (pour rappel, le critère économique n'a pas été évalué).

Les résultats des notations sont présentés dans le Tableau 4. Certaines notes peuvent varier en fonction du traitement : par exemple, pour le débroussaillage mécanique, l'indicateur « Adaptation et/ou atténuation des effets du changement climatique » sera évalué par « 0 » si les végétaux sont laissés sur place et « - » si les végétaux sont déstockés : ceci est matérialisé dans le Tableau 4 par la dernière colonne « Nombre de « +/- » ou « 0/- ».

Comme on pouvait s'y attendre, les évaluations montrent qu'une forte différence existe entre les bassins de rétention standard et les bassins de rétention multifonctionnels. Les derniers ont une majorité de notes « + » de par leur impact favorable sur des critères de multifonctionnalité, d'attractivité du lieu, de préservation et amélioration de l'environnement… Inversement, les profils des notes pour les deux types de débroussaillage sont proches, le résultat sur l'environnement et la population étant globalement les mêmes.

Ces résultats correspondent au comptage des différentes notes. A partir de là il est possible d'envisager d'employer des méthodes multicritères d'aide à la décision pour comparer différents systèmes combinés de gestion du risque, en pondérant les critères selon les préférences des décideurs et les problématiques du territoire. Les aménageurs seront ainsi en mesure de comparer, selon des dimensions de durabilité, des systèmes de prévention et protection contre un risque donné.

Mesure	Nombre de «-»	Nombre de «0»	Nombre de «+»	Nombre de «+/-» ou «0/-»
Bassin de rétention « standard »	15	10	8	1 (+/-)
Bassin de rétention multifonctionnel (bassin sec)	6	1	26	1 (+/-)
Débroussaillage mécanique	6	7	19	2 (1 «0/-» et 1 «+/-»)
Débroussaillage par pâturage	5	5	23	1(+/-)

Tableau 4. Résultats de la séance d'application des indicateurs à 4 mesures de gestion du risque

4. Conclusion

Une méthode s'inspirant de l'analyse fonctionnelle et de la norme NF ISO 37101 a été proposée afin d'évaluer la durabilité des mesures structurelles de gestion du risque au travers de différents critères. Cette méthode d'analyse de la durabilité des mesures de gestion du risque sera appliquée sur des communes concernées par des risques multiples afin de tester la méthode en vraie grandeur. Il sera alors nécessaire d'analyser des systèmes intégrant plusieurs mesures. Ce principe de combinaison est mis en œuvre dans le ralentissement dynamique initialement proposé en 1992 dans le cadre de travaux pour le Programme Hydrologique International de l'Unesco en tant que règle de gestion intégrée considérant non seulement les problèmes d'inondation, mais aussi d'érosion, de ressource en eau et de préservation des milieux naturels (Poulard et al., 2009).

Nous nous sommes intéressés dans ce travail aux mesures de gestion de 3 risques spécifiques mais la démarche peut être étendue à d'autres types de risques naturels ou technologiques.

Les travaux décrits dans cet article alimenteront ultérieurement des outils d'aide à la décision publique permettant de définir les mesures de gestion les plus pertinentes en terme de management du risque tout en répondant « aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs et correspond aux devoirs des générations actuelles de transmettre un monde vivable, viable et reproductible » (Brundtland, 1987).

5. Remerciements

Ce travail s'est inscrit dans les projets APOGEE (Fédération de Recherche ECCOREV) et GERIMAE (Irstea).

6. Références

AFNOR, 2011, NF X50-100 - Management par la valeur - Analyse fonctionnelle, caractéristiques fondamentales,

AFNOR, 2016, Développement durable au sein des communautés territoriales — Système de management pour le développement durable — Exigences et lignes directrices pour son utilisation, NF ISO 37101.

Brundtland G. H., 1987, Notre avenir à tous, Editions Lambda, Québec.

Cherqui F., Werey C., Le Nouveau N., Rodriguez F., Seibeud E., Joannis C., Barraud S., 2016, De la gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement aux techniques alternatives de gestion des eaux pluviales, une nouvelle histoire à écrire pour la gestion intégrée des eaux urbaines Sciences Eaux & Territoires - Numéro spécial Gestion patrimoniale des infrastructrures (Coord Le Gat, Curt et Werey), Vol. 20, p.22-27.

Curt C., Peyras L., Boissier D., 2010, A knowledge formalization and aggregation-based method for the assessment of dam performance, Computer-aided Civil and Infrastructure Engineering, Vol. 25, p.171-183.

Diley M., Chen R. S., Deichmann U., Lerner-Lam A. L., Arnold M., 2005, Natural Disaster Hotspots - A Global Risk Analysis, The World Bank - Hazard Management Unit, Washington, D.C.

European Commission, 2015, Horizon 2020 Expert Group on 'Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities' - Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities, 70.

Merad M., Dechy N., Serir L., Grabisch M., Marcel F., 2013, Using a multi-criteria decision aid methodology to implement sustainable development principles within an organization, European Journal of Operational Research, Vol. 224, p.603-613.

Poulard C., Chastan B., Royet P., Degoutte G., Grelot F., Erdlenbruch K., Nédélec Y., 2009, Prévention des inondations par ralentissement dynamique : principe et recommandations, Sciences Eaux & Territoires, Vol. N° Spécial p.5-24.

Sharp M., Wallis M., Deniaud F., Hersch-Burdik R., Tourment R., Matheu E., Seda-Sanabria Y., Wersching S., Veylon G., Durand E., Smith P., Forbis J., Spliethoff C., 2013, The International Levee Handbook,

Tourment R., Beullac B., Degoutte G., 2015, Études de dangers des systèmes de protection contre les inondations : une méthode d'analyse de la défaillance, La Houille Blanche, Vol. 1, p.41-55.

Vigier E., Curt C., Curt T., Arnaud A., Dubois J., 2018, Proposition d'une méthodologie d'analyse du droit environnemental français pour un projet territorial multirisque et multithématique cohérent. Lambda-Mu 21, Reims (France), 16-18/10/2018.