
Dégradation des digues due à la présence d'infrastructures : recensement et classification des causes par la méthode des 5 M

Di Maiolo P.¹, Curt C.¹, Peyras L.¹.

¹ Irstea 3275 route de Cézanne CS 40061 13182 Aix en Provence {nom. prénom}@irstea.fr

RÉSUMÉ. Les infrastructures de gaz, eau... peuvent générer des dégradations et donc une possible atteinte à l'intégrité et à la durabilité des digues dans lesquelles elles sont présentes. Notre travail porte sur l'influence de ces réseaux sur la performance de la digue qui les contient ou les supporte. Dans un premier temps, nous avons identifié les mécanismes de dégradation des digues en remblai pouvant provenir d'une défaillance d'une infrastructure puis nous avons regroupé les causes de ces dégradations, pour chacun de ces mécanismes, à l'aide de la méthode des 5 M (Matériel, Main d'œuvre, Méthode, Milieu, Matière). Ces causes sont exprimées sous la forme de données. Cinq modes de dégradation ont été traités. Au total, 28 données ont été produites, dont certaines peuvent être impliquées dans plusieurs modes de dégradation.

ABSTRACT. The infrastructures of gas, water ... can generate degradations and thus a possible damage to the integrity and the durability of the dikes in which they are present. Our work deals with the influence of these networks on the performance of the dike that contains or supports them. At first, we identified the mechanisms of degradation of embankment's dikes that may result from a failure of an infrastructure, then we grouped the causes of these degradations for each of these mechanisms using the 5 M's method (Material, Manpower, Method, Environment, Matter). These causes are expressed in the form of data. Five degradation modes were addressed. A total of 28 data were produced, some of which possibly involved in several modes of degradation.

MOTS-CLÉS: digue, défaillance, dégradation, évaluation, infrastructure, réseau.

KEYWORDS: dike, failure, degradation, evaluation, infrastructure, network.

1. Introduction

Les réseaux urbains enterrés sont nécessaires au bon fonctionnement de la société pour des raisons de sécurité, de service ou encore économiques. Ces infrastructures sont très répandues en France, les réseaux d'eau potable représentant par exemple un linéaire de 1 050 000 km et ceux d'assainissement, de 370 000 km. Différentes infrastructures, notamment en réseaux, sont présentes dans les digues : transport de gaz, eau, électricité... Elles sont principalement utilisées pour transporter de l'eau (de consommation ou usées), du gaz naturel ou des produits chimiques dangereux, de l'électricité ou des communications (internet, téléphone, fibre). Positionnées longitudinalement, transversalement ou en fondation, ces infrastructures pouvant être considérées comme des singularités au sein des digues peuvent générer des dégradations et donc une possible atteinte à l'intégrité et à la pérennité de ces ouvrages. On recense en moyenne 17 endommagements par jour sur les seuls réseaux de distribution de gaz (35000 km de gazoducs (transport) et 185 000 km de canalisations), avec des conséquences parfois très lourdes, tant pour la sécurité des travailleurs, des riverains et des biens, que pour la protection de l'environnement ou de l'économie (rapport Cador, 2002). En moyenne 20 % de l'eau potable circulant dans les canalisations en France se perd dans les fuites (application SISPEA, 2015). Ces chiffres montrent qu'il est possible que des mécanismes de dégradation se produisent dans des digues suite à des fuites ou des endommagements engendrés par la présence d'infrastructures.

Or, peu de travaux ont été menés sur l'influence de ces réseaux sur la performance de la digue qui les contient ou les supporte. Un premier travail a permis de dresser des scénarios de défaillance de digues impactées par des infrastructures et de dresser une première liste de données permettant de caractériser des câbles et des canalisations (Ferrer et al. 2015). Nous poursuivons ici ces travaux : l'objectif est de fournir un ensemble de causes possibles à la dégradation d'une digue du fait de la présence d'une infrastructure. Pour ce faire, nous utilisons la méthode des 5 M (Main d'œuvre, Matériel, Méthodes, Milieu, Matière) qui permet d'analyser de manière synthétique l'ensemble des causes d'un problème. Toutes les phases de vie de l'infrastructure sont considérées : conception (exemple : implantation des réseaux), installation (exemple : absence de contrôle du compactage) ou fonctionnement (exemple : maintenance des canalisations). Ces causes formulées ici en tant que données pourront être ultérieurement transcrites sous la forme d'indicateurs (Curt et al, 2010) et introduites dans les modèles d'évaluation de la performance des digues.

2. Méthode : référencement des données à l'aide la méthode des 5M

Le diagramme des 5M est un outil de « démarche qualité » utilisé dans l'analyse des problèmes. Il permet ici de structurer la recherche de données en les classant par familles selon la typologie « Main d'œuvre, Matériel, Méthodes, Milieu, Matière ». **L'objectif est de recenser les données pertinentes dans le diagnostic de l'état des infrastructures portées par la digue** (cf. Figure 1). **Cet état est regardé uniquement selon un angle de préjudice possible pour la performance de la digue** : par exemple en cas de fuites d'eau d'une canalisation vers le corps de digue ou inversement d'une fissure dans une conduite créant un départ de matériau de la digue vers cette conduite. Sont retenus seulement les éléments 5M (« données ») de l'infrastructure qui peuvent avoir un effet sur la performance de la digue : la fuite depuis une canalisation peut être due au fait que le matériau utilisé n'est pas certifié NF et donc n'offre aucune garantie son vieillissement. La certification NF est ainsi une « donnée » de l'infrastructure qui peut avoir un impact sur la performance de la digue. La performance de l'infrastructure sensu stricto (fonction de service comme par exemple, pourcentage d'eau transportée) n'est pas analysée ici.

Ce classement des données s'établit donc selon 5 familles principales définies ainsi :

- Main d'œuvre impliquée dans la mise en place des infrastructures et maintenance/travaux (formation et qualification adéquate des intervenants) ;
- Matériel qui concerne l'infrastructure physique (qualité des canalisations, compatibilité entre fournisseurs d'un même type de matériel) ;
- Méthodes pour les différentes phases de la vie de l'infrastructure : conception, installation, travaux... (respect des normes, des décrets, respect des spécifications...);
- Milieu : éléments de l'environnement des infrastructures (et de la digue) qui peuvent avoir une influence sur l'état des infrastructures (trafic routier, présence d'arbres et problème d'endommagement par les racines, impact de la faune autochtone...);
- Matière qui intéresse l'élément transporté.

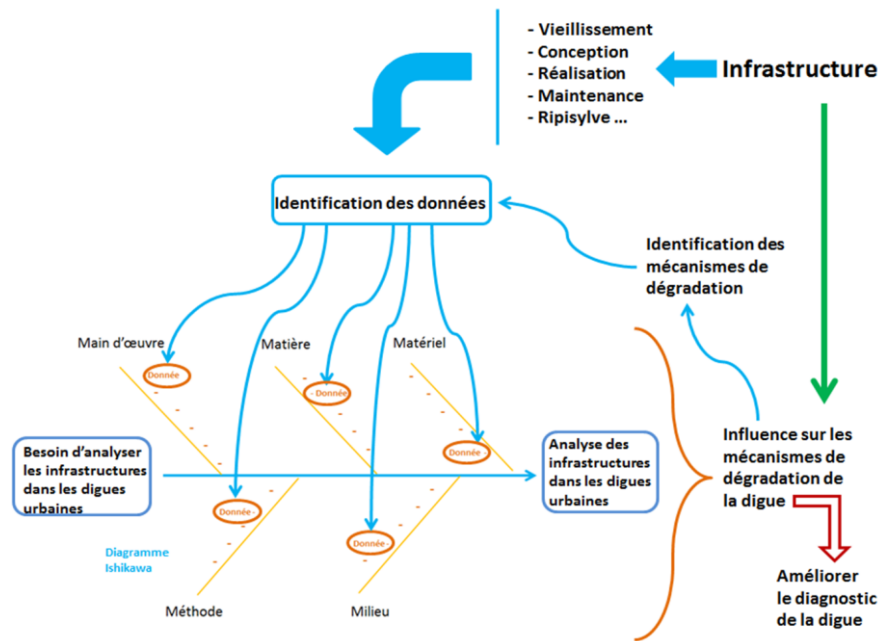


Figure 1. Objectif et démarche

Dans un premier temps, nous avons identifié les mécanismes de dégradation des digues pouvant provenir d'une défaillance d'une infrastructure puis nous avons regroupé les causes de ces dégradations, pour chacune d'entre elles, à l'aide de la méthode des 5 M (cf. Figure 1).

Les infrastructures considérées sont les suivantes : eau, gaz de ville, produits chimiques dangereux, électricité ou communications (internet, téléphone, fibre).

3. Résultats : Identification et classement des causes

Dans ce projet, nous avons identifié les 5 mécanismes de dégradation de la digue en remblai suivants :

- Érosion interne ou glissement de la digue provoqué par une infrastructure transportant de l'eau ;
- Érosion côté zone protégée voire effondrement partiel favorisé par une infrastructure transportant du gaz ;
- Surverse entraînée par une infrastructure d'évacuation d'eau pluviale saturée lors d'épisode pluvieux ;
- Érosion externe côté eau provoquée par une infrastructure d'évacuation d'eau pluviale ou de sortie de station d'épuration ;
- Tassement provoqué par des travaux de compactage et remblaiement des tranchées.

À titre d'exemple nous présentons sur la Figure 2, les causes potentielles d'apparition d'une fuite dans une canalisation d'eau déclenchant un mécanisme d'érosion interne dans la digue, classées selon les 5 M. Ces causes sont exprimées sous la forme de données : présence de racines proche de la canalisation, détérioration par des rongeurs... Une étape ultérieure consistera à les formaliser par des indicateurs afin d'avoir une évaluation robuste de chacune de ces données. Pour des questions de lisibilité, les données ne sont pas présentées sous la forme d'un diagramme d'Ishikawa. Ce type de résultats a été produit pour chacun des modes de dégradation de la digue. Certaines données se répètent d'un mode à l'autre (par exemple la donnée « présence de racines » intervient comme donnée pour les canalisations de type au gaz de ville, produits chimiques dangereux, eau).

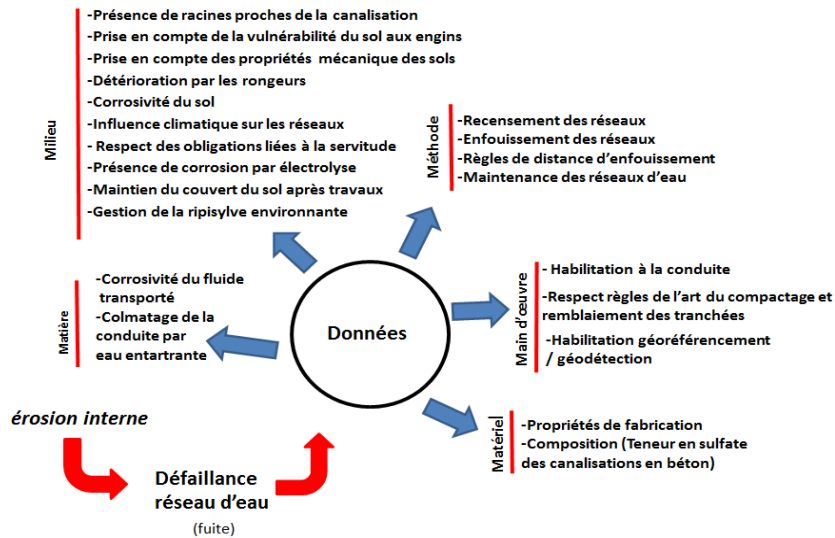


Figure 2. Identification et classification des causes de la défaillance (fuite) d'une canalisation d'eau déclenchant un mécanisme d'érosion interne dans la digue selon la méthode des 5M

Le Tableau 1 indique le nombre de données recueillies pour l'ensemble des modes de défaillance des digues et des infrastructures considérés. Au total, 28 données différentes ont été identifiées, celles-ci pouvant être utilisées plusieurs fois comme nous venons de le signaler. Le nombre de données varie entre 16 et 22 pour les infrastructures. Enfin, nous pouvons nous apercevoir de la prépondérance des données types « Milieu ».

Tableau 1. Récapitulatif du nombre d'entrées triées selon les 5 M et infrastructures concernées

Type	Matériel	Main d'œuvre	Méthode	Milieu	Matière	Total
Infrastructure : Gaz	1	5	4	10	2	22
Infrastructure : Eau	2	4	4	10	2	22
Infrastructure : Électricité et communication	1	4	4	7	0	16
Total de données (hors redondances)	3	5	5	12	3	28

4. Conclusion

Des méthodes ont été développées pour évaluer la performance des digues mais elles ne prennent pas en compte actuellement les défaillances que peuvent engendrer les réseaux techniques urbains. La méthodologie proposée dans cette communication vise à recenser et classer des dégradations pouvant être induites par des infrastructures présentes au sein des digues à l'aide de la méthode des 5M. Toute la vie de l'infrastructure a été considérée de la conception à son fonctionnement, maintenance hors démantèlement. L'étape suivante a pour objectif de formaliser ces données par des indicateurs et les intégrer, probablement en les agrégeant au préalable, dans les modèles d'évaluation de la performance des digues. Le fait que les réseaux soient souvent souterrains ajoute une complexité supplémentaire car ils ne sont pas facilement accessibles.

Les auteurs remercient le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE) pour le financement du projet RDT INCERTU.

5. Bibliographie

[CAD 02] CADOR, J. M. *Le patrimoine en canalisations d'AEP en France; bilan des huit enquêtes départementales et estimation nationale.*

[CUR 10] CURT C., PEYRAS L., BOISSIER D. A knowledge formalisation and aggregation-based method for the assessment of dam performance. *Computer-aided Civil and Infrastructure Engineering*, 25, 171-183.

[FER 15] FERRER L., CURT C., PEYRAS L., Tourment R. Impact des réseaux techniques sur la performance d'une digue – Analyse système et Modèle fonctionnel. *33èmes Rencontres Universitaires de Génie Civil, Bayonne, 27-29/05/2015.*