

# Indicateurs de performance pour la gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement urbains



***L4 v1 – Formulation des critères de réhabilitation et modèle(s)  
de synthèse multicritère***

28 / 04 / 2010

F. Cherqui<sup>1</sup>, P. Le Gauffre<sup>1</sup>, C. Wery<sup>2</sup>, M. Ibrahim<sup>1</sup>, J. Christol<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Insavalor – LGCIE, INSA-Lyon*

<sup>2</sup> *Cemagref- UMR GSP- Strasbourg*

## Identification

---

<i>Programme – année</i>	PGCU 2006
<i>Projet (acronyme)</i>	<b>INDIGAU</b>
<i>Coordinateur du projet (société / organisme)</i>	Pascal LE GAUFFRE INSAVALOR S.A. LGCIE (Laboratoire Génie Civil & Ingénierie Environnementale)
<i>Partenaires et références convention / décision</i>	Co : INSAVALOR S.A                    convention 0604c0151 P1 : G2C environnement            convention 0604c0152 P2 : LCPC                                décision 0604c0153 P3 : Cemagref UMR GSP            décision 0604c0154 P4 : Univ. Marne-La-Vallée        décision 0604c0155
<i>Période du projet</i>	11 avril 2007 – 10 avril 2010

---

<i>Titre du document</i>	<b>L4 – Formulation des critères de réhabilitation et modèle(s) de synthèse multicritère</b>
<i>Tâche correspondante</i>	T4
<i>Rédacteur principal</i>	F. Cherqui - INSAVALOR
<i>Nom / organisme</i>	Téléphone : 04 72 43 63 79
<i>Coordonnées</i>	Adresse électronique : frederic.cherqui@insa-lyon.fr
<i>Date</i>	28 / 04 / 2010

---

## Résumé

Ce rapport T4 concerne la consolidation de la formulation des critères de réhabilitation établis lors du PN RERAU (T4.1) et la consolidation du modèle de synthèse multicritère (T4.2).

La première partie recense les projets et démarches comparables à la méthode RERAU. Cette partie permet notamment de mettre en parallèle l'approche RERAU et l'approche CARE-S. La deuxième partie de ce rapport fait l'inventaire de l'ensemble des limites ou incomplétudes de la méthode RERAU. Ce travail s'appuie sur une analyse numérique de l'ensemble des formulations des critères, sur des retours de la tâche T9 ainsi que sur d'autres sources. A l'issue de ces deux premières parties, nous proposons un ensemble de corrections ou d'améliorations pour pallier les limitations actuelles du guide RERAU. Ces propositions ont été discutées et actées lors d'une réunion du projet INDIGAU (réunion du 26 mars 2008). Certaines propositions peuvent être mises en place dès à présent. La quatrième partie propose et décrit deux méthodes de synthèse multicritère : la méthode ELECTRE Tri et la méthode des seuils. Ces deux méthodes ont été implémentées dans le prototype d'outil informatique (T5.1). La dernière partie de ce rapport intermédiaire propose différentes perspectives de recherche issues des réflexions.



## Table des matières

<b>Résumé.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Objectifs de la tâche T4 et démarche d'étude .....</b>	<b>6</b>
1.1. Rappel de la formulation du projet INDIGAU .....	6
1.2. Formulation de la tâche T4 .....	8
<b>2. État de l'art sur les démarches et projets connexes .....</b>	<b>10</b>
2.1. Projet Care-S (Saegrov, 2006) .....	10
2.2. Projet APUSS (Bertrand-Krajewski et al., 2005).....	10
2.3. Indicateurs de performance des systèmes d'assainissement (MEDD, 2007) .....	12
2.4. Évaluation du risque d'envasement (Gérard, 1999) .....	14
2.5. SCRAPS (Merrill et al., 2004) .....	15
2.6. Méthode allemande (DWA-M 149-3) pour l'évaluation de l'état d'un tronçon .....	19
2.7. Modèle autrichien : DIN EN 13508-2 et YSIBAU 2006 (Bölke & Ertl,2007) .....	21
2.8. Risque d'infiltration : résultat du projet RIVIERA (Rivet et al., 2006).....	22
<b>3. Analyse critique de la formulation des critères RERAU .....</b>	<b>23</b>
3.1. Description de la démarche d'étude numérique .....	23
3.2. Retour sur la formulation des risques ou des impacts.....	35
3.3. Problèmes issus de l'analyse des opérateurs (tâche T9) .....	35
3.4. Autres problèmes potentiels .....	36
3.5. Synthèse des problèmes identifiés .....	37
<b>4. Propositions de variantes aux critères RERAU et perspectives .....</b>	<b>38</b>
4.1. Définition des 4 états.....	38
4.2. Causes d'ensablement.....	38
4.3. Indicateur EFF4-C-T : « Tendances d'évolution de l'intégrité structurale » .....	40
4.4. Formulation risque incomplète (débordements) .....	42
4.5. Formulation risque incomplète (effondrement) .....	42
4.6. Formulation risque incomplète (exfiltration) .....	42
4.7. Évaluation des vulnérabilités .....	43
<b>5. Modèle(s) de synthèse multicritère .....</b>	<b>44</b>
5.1. Adaptation et mise en œuvre de la méthode ELECTRE Tri.....	44
5.2. Proposition d'une méthode simplifiée : la méthode des seuils .....	47
<b>6. Perspectives.....</b>	<b>48</b>
<b>7. Bibliographie.....</b>	<b>49</b>
<b>8. Annexes .....</b>	<b>51</b>
8.1. Annexe 1 : détail des apports du projet CARE-S.....	51
8.2. Annexe 2 : synthèses de l'étude numériques des différents critères.....	62

## 1. Objectifs de la tâche T4 et démarche d'étude

### 1.1. Rappel de la formulation du projet INDIGAU

La gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement nécessite des modèles d'évaluation des performances tirant profit de sources d'informations multiples : résultats des inspections visuelles ou de l'auscultation des conduites, données de l'autosurveillance des réseaux, données relatives à la vulnérabilité des environnements urbains et aquatiques, etc.

Dans le cadre du projet national RERAU (Réhabilitation des Réseaux d'Assainissement Urbains) un guide méthodologique a été publié en 2004. Ce guide propose un ensemble de critères pour la définition des priorités d'inspections et un ensemble de critères pour la définition des priorités de réhabilitations (Le Gauffre *et al.*, 2004).

Le projet INDIGAU vise à poursuivre les études méthodologiques initiées dans le PN RERAU et porte sur six objectifs complémentaires :

1. des modèles et outils pour l'évaluation d'indicateurs de dysfonctionnement à partir des résultats des investigations ;
2. des modèles et outils multicritères pour la définition et la hiérarchisation des besoins en réhabilitations ;
3. une méthodologie d'étude des dysfonctionnements hydrauliques, par spatialisation des données de l'autosurveillance des réseaux ;
4. une amélioration de la formulation des indicateurs de performance hydraulique par analyse de l'influence du contexte météorologique ;
5. une approche pour l'évaluation économique des impacts des dysfonctionnements sur les milieux urbains et aquatiques ;
6. une approche méthodologique pour l'exploitation d'indicateurs incomplets / imprécis / incertains.

Le Tableau 1.1 rappelle la structure du projet INDIGAU : tâches de recherche et livrables prévus.

La sous tâche T4.1 a été menée à son terme et un rapport intermédiaire est disponible depuis janvier 2009 (L4 v1). Cette sous-tâche a été réalisée par Insavalor, G2C et GSP sur la période avril 2007 – janvier 2008 (trimestres T1, T2 et T3).

La sous tâche T4.2 a permis de tester différents modèles de synthèse multicritère. Deux méthodes ont été retenues et méritent d'être développées sous forme de prototype. La participation des gestionnaires a permis d'esquisser un cahier des charges relatif au caractère opérationnel escompté de l'outil. Cependant un point n'a pu être traité complètement : la gestion des incomplétudes. Pour cela, il aurait été nécessaire de pouvoir s'appuyer sur un prototype opérationnel, objet de la tâche T5.2, mais la finalisation tardive du prototype n'a pas laissé suffisamment de temps.

**Cette version du rapport L4 présente le bilan des sous-tâches T4.1 et T4.2.**

#### T4 – Formulation des critères de réhabilitation et d'un modèle de synthèse multicritère (Insavalor + G2C + GSP + Gestionnaires)

Sous tâches ↓	Trimestres →	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
<b>4.1. Consolidation de la formulation des critères de réhabilitation</b> (Insavalor + G2C + GSP + Gestionnaires)		▣	▣	▣									
<b>4.2. Consolidation du modèle de synthèse multicritère</b> (Insavalor + G2C + GSP + Gestionnaires)						▣	▣	▣	<b>L4 v1</b>	▣	▣	▣	▣

Δ : prévu ; ▣ : réalisé

**Tableau 1.1. Rappel de la structure du projet INDIGAU**

<b>OBJECTIFS</b>	<b>TÂCHES – Partenaire responsable</b>	<b>LIVRABLES</b>
	<b>T0 – Coordination</b> – Insavalor	
<b>Objectif 1</b> : Modèles et outils pour l'évaluation d'indicateurs de dysfonctionnement à partir des résultats d'investigations	<b>Tâche 1</b> – Cemagref/ENGEES GSP Modèles pour l'évaluation d'indicateurs de dysfonctionnement à partir des inspections visuelles	<b>L1</b> – Rapport relatif à la mise au point des modèles d'évaluation et à la définition d'une procédure de calage des modèles
	<b>Tâche 2</b> – G2C environnement Prototypes de logiciels pour l'exploitation des résultats d'inspections visuelles	<b>L2A</b> – Prototype pour la conversion des données archivées selon la codification AGHTM vers la norme NF EN 13508-2 <b>L2B</b> – Prototype pour l'évaluation des indicateurs issus d'une inspection visuelle, et résultats des expérimentations
	<b>Tâche 3</b> – Insavalor Méthodologie d'évaluation des outils d'appréciation de l'état de santé	<b>L3</b> – Rapport regroupant les propositions méthodologiques et les tests du protocole d'expérimentation numérique
<b>Objectif 2</b> : Modèles et outils pour la définition et la hiérarchisation des besoins en réhabilitations	<b>Tâche 4</b> – Insavalor Formulation des critères de réhabilitation et d'un modèle de synthèse multicritère	<b>L4</b> – Rapport sur la formulation des critères de réhabilitation et sur le modèle de synthèse multicritère
	<b>Tâche 5</b> – G2C environnement Prototype de logiciel pour la définition des besoins et des priorités de réhabilitation	<b>L5</b> – Prototype de logiciel pour la définition des besoins et des priorités de réhabilitation et documents d'accompagnement (résultats des tests, etc.)
<b>Objectif 3</b> : Méthodologie d'affectation des dysfonctionnements hydrauliques à des tronçons	<b>Tâche 6</b> – LCPC Spatialisation des données d'autosurveillance	<b>L6</b> – Rapport de recommandations pour la définition des zones à risque de débordement et des zones d'influence des débordements et déversements
<b>Objectif 4</b> : Amélioration de la formulation des indicateurs de performance hydraulique par analyse de l'influence du contexte météorologique.	<b>Tâche 7</b> – LCPC Modèles pour séparer les différents effets de l'état de santé du réseau et l'influence du contexte météorologique sur certains indicateurs de dysfonctionnements issus d'observations (débits d'infiltration)	<b>L7a</b> – Prototype de module hydrologique adapté aux apports parasites en réseau d'assainissement.
		<b>L7b</b> – Rapport de faisabilité d'une méthode de décontextualisation d'indicateurs par modélisation hydrologique
<b>Objectif 5</b> : Approche économique pour l'étude des impacts et des vulnérabilités	<b>Tâche 8</b> – Cemagref/ENGEES GSP Évaluation des impacts en fonction des vulnérabilités	<b>L8</b> – Rapport de recommandations pour l'évaluation économique des impacts
<b>Objectif 6</b> : Méthodologie pour l'exploitation d'indicateurs incomplets / incertains / imprécis	<b>Tâche 9</b> – Insavalor Modèles pour l'évaluation et la fusion d'indicateurs incomplets / incertains / imprécis	<b>L9A</b> – Rapport sur les enjeux, les modèles, et l'expérimentation d'une représentation des données incomplètes / incertaines / imprécises / ...
		<b>L9B</b> – Démonstrateur informatique permettant d'évaluer quelques indicateurs en situations d'incomplétude, d'imprécision ou d'incertitude.
	<b>Tâche 10 – Diffusion, communication</b>	

## 1.2. Formulation de la tâche T4

La tâche T4 se décompose en deux sous tâches :

- T4.1 : Consolidation de la formulation des critères de réhabilitation. Cette phase de recherche est l'objet du présent rapport, elle est décrite en détail au paragraphe suivant.
- T4.2 : Consolidation du modèle de synthèse multicritère. Cette phase consiste à proposer aux gestionnaires plusieurs alternatives de synthèse multicritère des évaluations d'un tronçon d'un collecteur. Une formulation sera ensuite retenue à partir d'un consensus des gestionnaires. Le modèle de synthèse devra pouvoir prendre en charge différents scénarios d'incomplétude des données utiles à l'évaluation des critères.

### 1.2.1. Formulation de la sous tâche T4.1

Cette phase du projet vise à conforter les critères de réhabilitation définis lors du PN RERAU.

**Tableau 1.2.** Améliorations escomptées entre le modèle RERAU et le modèle INDIGAU

<i>Problèmes induits par les critères RERAU</i>	<i>Réponses proposées avec INDIGAU</i>
1. Le PN RERAU étant terminé depuis 2004, les critères définis n'ont pas été confrontés avec l'avancement de la recherche dans ce domaine et ils n'ont pas été mis en relation avec des projets similaires.	⇒ Établir un état de l'art récent et ensuite mettre en relation les critères RERAU avec la bibliographie pour tirer parti du savoir accumulé dans d'autres projets.
2. Les gestionnaires qui ont participé au PN RERAU ont été sollicités en tant qu'expert et à ce jour aucun retour d'expérience n'a été effectué ;	⇒ Interroger les gestionnaires partenaires du projet en tant qu'utilisateurs de la méthode RERAU et prendre en compte ces retours.
3. Un ensemble de lacunes ou problèmes potentiels ont été identifié lors d'analyses fines des formulations de critères	⇒ Proposer des correctifs pour rendre le modèle RERAU plus robuste et plus fiable.
4. Le modèle RERAU, après correction conduit à des limitations qui doivent être identifiées comme pistes de recherche futur (par exemple, RERAU, tel qu'il existe actuellement, donne des réponses précises sans faire apparaître les imperfections des évaluations).	⇒ Montrer les limites de l'approche RERAU et identifier les perspectives de recherche futur.

Pour répondre à ces objectifs, le rapport se décompose de la manière suivante :

- Analyse de l'existant :
  - o Confrontation du PN RERAU avec les propositions issus de projets connexes (Care-S, etc.) ;
  - o Analyse critique de la formulation des critères RERAU afin d'identifier des problèmes potentiels concernant la formulation des critères : nature des opérateurs, influence relative des indicateurs au sein d'un critère, anomalies potentielles dans les opérateurs ;
  - o Recensement des lacunes ou incomplétudes identifiées par diverses sources (autres tâches du projet INDIGAU, retour d'expérience, etc.) ;
- Actions à mener pour consolider la formulation ;
  - o Identification et classification des problèmes potentiels et de leur priorité ;
  - o Propositions de corrections et d'améliorations ;
  - o Validation par le panel d'experts du projet INDIGAU (réunion du 26 mars 2008) ;
  - o Identification des perspectives pour l'amélioration de la méthode RERAU / INDIGAU.

### 1.2.2. Formulation de la sous tâche T4.2

Cette phase du projet vise à proposer aux gestionnaires plusieurs alternatives de synthèse multicritère des évaluations d'un tronçon de collecteur.

**Tableau 1.3.** Formulation des objectifs de la sous-tâche T4.2

<i>Problèmes à traiter</i>	<i>Réponses proposées avec INDIGAU</i>
5. Sélection d'une ou de plusieurs méthodes multicritères ;	⇒ Quatre méthodes ont été envisagées, et deux méthodes sont retenues
6. Adaptation des méthodes multicritères retenues	⇒ Une méthode simple a été développée spécifiquement pour le projet (méthode des seuils) et la deuxième a été simplifiée (paramétrage prédéfini)
7. Préparer l'implémentation des méthodes dans le prototype	⇒ Les deux méthodes ont été documentées et la réalisation du prototype par G2C s'est déroulée en étroite collaboration avec l'INSA
8. Tests et comparaisons.	⇒ De nombreux tests et des comparaisons entre méthodes ont permis de vérifier la correcte implémentations des méthodes ainsi que leur cohérence
9. Étude des incomplétudes	⇒ Des pistes ont été explorées mais le délai de réalisation du prototype n'a pas permis de répondre totalement à cette question dans le temps imparti par le projet.

Le présent rapport décrit principalement les deux méthodes retenues et le livrable L5 concerne le prototype de logiciel incluant ces deux méthodes.

## 2. État de l'art sur les démarches et projets connexes

### 2.1. *Projet Care-S (Saegrov, 2006)*

CARE-S signifie Computer Aided Rehabilitation of Sewer and Storm Water Networks. Ce projet s'est déroulé de 2002 à 2005, dans le cadre du 5<sup>ème</sup> PCRD, pour un budget de 5 millions d'Euros. Il regroupait 15 partenaires issus de 10 pays (Europe et Australie) et 20 villes étaient associées comme utilisateurs finaux. Le principal rendu de ce projet est un ensemble d'outils pour la gestion des réseaux d'assainissement, ayant pour but de planifier la réhabilitation des conduites. Le site <http://care-s.unife.it> donne accès aux 20 rapports issus du projet. Parmi ces rapports, plusieurs ont un lien avec le projet INDIGAU,

**Tableau 2.1 : Rapports du projet Care-S ayant un lien avec le projet INDIGAU**

Contenu du rapport	Apport pour la consolidation de la méthode RERAU
<b>D1</b> (Matos <i>et al.</i> , 2003b) : traite des caractéristiques attendues des indicateurs de performance ; ce rapport propose également une liste d'indicateurs de performance établie à partir de la liste de l'IWA (Matos <i>et al.</i> , 2003a).	La liste des indicateurs est reprise et comparée aux indicateurs RERAU, cf. Tableau 8.1 page 51. Les indicateurs développés dans le projet CARE-S permettent d'évaluer le réseau d'assainissement à l'échelle du bassin versant à la différence du projet RERAU qui a pour but d'évaluer l'état de chaque tronçon du réseau.
<b>D6</b> (Vollertsen <i>et al.</i> , 2005) : fournit un ensemble d'outils servant au diagnostic de l'état actuel et futur des conduites.	Ces outils sont décrits dans le Tableau 8.2 page 56 et les apports possibles pour RERAU sont précisés.
<b>D9</b> (Schulz <i>et al.</i> , 2004) : propose des critères et méthodes pour inclure les impacts environnementaux dans les décisions.	Le Tableau 8.3 page 57 compare les impacts RERAU avec les impacts CARE-S.
<b>D10</b> (Kubik <i>et al.</i> , 2005) : propose des critères environnementaux et hydrauliques pour inclure les aspects de fiabilité du système d'assainissement.	Les critères sont comparés aux pratiques RERAU et les apports possibles sont identifiés : voir Tableau 8.4 page 58.
<b>D13</b> (Wery <i>et al.</i> , 2005) : traite des coûts socio-économiques liés aux décisions de réhabilitation (impact des défaillances, impact des travaux de réhabilitation, etc.).	La tâche 8 du projet INDIGAU est dédiée spécifiquement à l'évaluation des impacts en fonction des vulnérabilités. Le Tableau 8.5 page 60 et le Tableau 8.6 page 61 récapitulent les apports du rapport D13 de CARE-S

Dans le cadre du projet CARE-S, une enquête auprès de 14 gestionnaires a également permis d'analyser les différents processus opérationnels de prise de décision (Torterot *et al.*, 2005)

### 2.2. *Projet APUSS (Bertrand-Krajewski *et al.*, 2005)*

Le projet APUSS<sup>1</sup> (Assessing Infiltration and Exfiltration on the Performance of Urban Sewer Systems) s'est déroulé de 2001 à 2004, avec pour but de développer des outils et méthodes permettant d'évaluer les taux d'infiltration et d'exfiltration dans les réseaux d'assainissement ; et ainsi d'aider les gestionnaires à définir de meilleures stratégies d'investissement et de réhabilitation. APUSS regroupait 10 partenaires issus de 7 pays européens. Une thèse s'inscrivant dans le cadre de ce projet (De Bénédictis, 2005) a permis de mettre en œuvre les techniques développées sur le Grand Lyon.

Les méthodes proposées dans le cadre de ce projet permettent notamment de mesurer :

- l'exfiltration par la méthode QUEST : Quantification of Exfiltration from Sewers with artificial Tracers (traçage artificiel au chlorure de sodium),
- l'infiltration par deux méthodes utilisant des traceurs : la méthode des isotopes stables (signature différente suivant l'origine de l'eau) et l'analyse de séries temporelles sur les concentrations et débits de polluants,

<sup>1</sup> <http://www.insa-lyon.fr/Laboratoires/URGC-HU/apuss/>

- l'infiltration et l'exfiltration au niveau des branchements des habitations par deux méthodes : la mesure précise du débit au niveau du branchement pendant plusieurs jours et l'analyse chimique d'échantillons collectés la nuit.

Ces méthodes ont été testées sur différents cas d'étude et des indicateurs ont été proposés : le Tableau 2.2 récapitule les indicateurs liés aux problèmes d'infiltration et d'exfiltration.

**Tableau 2.2 : Liste des indicateurs proposés par le projet APUSS concernant l'exfiltration et l'infiltration (Bertrand-Krajewski *et al.*, 2005)**

Indicateurs	Définition
PI <sub>11</sub>	Rapport du débit infiltré par le débit maximal de la canalisation [%]
PI <sub>12</sub>	Rapport du débit infiltré par le débit moyen journalier de temps sec [%]
PI <sub>13</sub>	Rapport du débit infiltré par le débit moyen domestique [%]
PI <sub>14</sub>	Ratio entre le débit infiltré et la surface de la conduite [m <sup>3</sup> /jour/(cm.km)]
PI <sub>15</sub>	Ratio entre le débit infiltré et la longueur de la conduite [m <sup>3</sup> /s/km]
PI <sub>16</sub>	Débit infiltré par regard [m <sup>3</sup> /s]
PI <sub>17</sub>	Débit infiltré par branchement [m <sup>3</sup> /s]
PI <sub>E1</sub>	Rapport du débit exfiltré par le débit moyen journalier de temps sec [%]
PI <sub>E2</sub>	Ratio entre le débit exfiltré et la longueur de la conduite [m <sup>3</sup> /jour/m]
PI <sub>E3</sub>	Ratio entre le débit exfiltré et la surface de la conduite [m <sup>3</sup> /jour/(cm.km)]
PI <sub>E4</sub>	Débit exfiltré par regard [m <sup>3</sup> /s]
PI <sub>E5</sub>	Débit exfiltré par branchement [m <sup>3</sup> /s]

Les méthodes développées au sein du projet APUSS pourraient venir en complément du projet RERAU puisqu'elles permettent d'évaluer les dysfonctionnement infiltration et exfiltration différemment ; cependant certaines méthodes telles que la méthode QUEST nécessite un linéaire suffisamment important (quelques centaines de mètre), donc cette méthode s'applique sur un ensemble de tronçons (Christol, 2007). Le projet APUSS fournit également une estimation du coût des méthodes proposées, Tableau 2.3. Cette estimation est basée sur une enquête menée auprès des utilisateurs associés au projet APUSS. Cette enquête a montré que dans la majorité des villes, les problèmes d'infiltration sont connus mais dans peu de cas des mesures sont prises pour limiter ces problèmes.

**Tableau 2.3 : Détail des coûts des campagnes expérimentales établit sur la base d'une enquête auprès des partenaires du projet APUSS (Bertrand-Krajewski *et al.*, 2005)**

Methods developed within the APUSS project	QUEST-C (exfiltration)	Pollutant time series method (infiltration)	Stable isotopes method (infiltration)	House Connection (in- and exfiltration)
measuring equipment	~ € 10 700 to € 13 200	~ € 24 500 to € 28 300	~ € 17 200	~ € 300 to € 2 200 (rental basis)
including	Flow measuring unit Mixer	Flow measuring unit s::can probe	Flow measuring unit equipment for groundwater sampling	CCTV camera sealing balloons <sup>2</sup> (only rental basis)
personnel cost	~ € 1.500 to € 2.000	~ € 1.500 to € 5.000	~ € 3.000	~ € 400 to € 800
calculated hours calculated Price / hour experiments/samples	~ 70 h – 80 h € 22 - € 27 1 / 4 - 10	~ 60 h – 110 h € 25 - € 45 1 / 20	~ 120 h € 25 1 / 44	~ 80 h – 160 h € 5 2-3 / -
cost for consumption	~ € 300 to € 500	~ € 500 to € 1.000	~ € 2.700	~ € 100 to € 200
total cost	~ € 13.200 to € 15.000	~ € 27.500 to € 30.400	~ € 24.900	~ € 1.200 to € 2.800
cost per experiment	~ € 1.800 to € 2.200	~ € 2.000 to € 5.500	~ € 5.700	~ € 600 to € 900

<sup>2</sup> L'ITV permet de localiser le défaut ; ensuite une partie de la canalisation est scellée et remplie d'eau afin de mesurer la vitesse d'exfiltration.

Pour les différentes méthodes proposées, les coûts sont détaillés par catégorie : équipement de mesure, personnels, consommation ; et chaque coût est donné sous forme d'intervalle. Ces coûts doivent être considérés comme des coûts pour un « prototype » de mesure et ils diminueront avec la généralisation de ces méthodes. Les méthodes classiques de mesure de débit semblent plus intéressantes financièrement, cependant les nouvelles méthodes mesurent l'infiltration et l'exfiltration avec des incertitudes plus faibles, les résultats sont donc plus fiables.

Le projet APUSS semble être l'unique référence française relative aux coûts des méthodes présentées dans le Tableau 2.3.

### **2.3. Indicateurs de performance des systèmes d'assainissement (MEDD, 2007)**

Un décret récent (mai 2007) impose aux collectivités de fournir différentes informations concernant le service d'assainissement dont elles ont la charge :

- des caractéristiques techniques
  - o territoire desservi, mode de gestion, contrats de délégation,
  - o estimation du nombre d'habitants desservis,
  - o nombre d'abonnements,
  - o nombre d'autorisations de déversement d'effluents d'établissements industriels au réseau de collecte des eaux usées,
  - o linéaires de réseaux de collecte des eaux usées avec leur typologie et ouvrages existants,
  - o ouvrages d'épuration des eaux usées : capacités d'épuration et prescriptions de rejets,
  - o quantité de boues issues des ouvrages d'épuration.
- des informations relatives à la tarification et aux recettes
  - o modalités de tarification et frais éventuels d'accès,
  - o évolution de la facturation,
  - o montants des recettes,
- des indicateurs de performance
  - o taux de desserte par des réseaux de collecte des eaux usées,
  - o indice de connaissance et de gestion patrimoniale des réseaux de collecte des eaux usées,
  - o conformité de la collecte des effluents aux prescriptions définies en application du décret no 94-469 du 3 juin 1994 modifié,
  - o conformité des équipements d'épuration aux prescriptions définies en application du décret no 94-469 du 3 juin 1994 modifié,
  - o conformité de la performance des ouvrages d'épuration aux prescriptions définies en application du décret no 94-469 du 3 juin 1994 modifié,
  - o taux de boues issues des ouvrages d'épuration évacuées selon des filières conformes à la réglementation.
  - o taux de débordement des effluents dans les locaux des usagers,
  - o nombre de points du réseau de collecte nécessitant des interventions fréquentes de curage par 100 km de réseau,
  - o taux moyen de renouvellement des réseaux de collecte des eaux usées,
  - o conformité des performances des équipements d'épuration au regard des prescriptions de l'acte individuel pris en application de la police de l'eau,
  - o indice de connaissance des rejets au milieu naturel par les réseaux de collecte des eaux usées,
  - o durée d'extinction de la dette de la collectivité,
  - o taux d'impayés sur les factures d'eau de l'année précédente,
  - o existence d'un dispositif de mémorisation des réclamations écrites reçues ; taux de réclamations,
- des informations relatives au financement des investissements
  - o montants financiers des travaux, des subventions des contributions du budget général,
  - o encours de la dette et montant des annuités de remboursement,
  - o montant des amortissements réalisés par la collectivité organisatrice du service,
  - o présentation des projets à l'étude en vue d'améliorer la qualité du service à l'usager et les performances environnementales du service : montants prévisionnels des travaux,
  - o présentation des programmes pluriannuels de travaux adoptés par l'assemblée délibérante au cours du dernier exercice,
- des informations relatives aux actions de solidarité et de coopération décentralisée dans le domaine de l'eau
  - o montants des abandons de créances ou des versements à un fonds de solidarité au titre de l'aide au paiement des factures d'eau des personnes en situation de précarité en application de l'article L. 115-3 du code de l'action sociale et des familles ; nombre de demandes reçues,

- descriptifs et montants financiers des opérations de coopération décentralisée conduites en application de l'article L. 1115-1-1 du code général des collectivités territoriales.

Ce décret est principalement basé sur le travail de thèse de Laetitia Guérin Schneider (2001), suivi d'un rapport demandé par le ministère de l'Écologie et du Développement Durable, qui a permis de recenser les différents travaux menés dans le domaine (Cousquer *et al.*, 2005). Les indicateurs issus du décret de mai 2007 concernent une échelle d'étude plus vaste puisqu'ils permettent de définir le service d'assainissement d'une collectivité dans son ensemble. Cependant, certains indicateurs ont des correspondances avec RERAU : ce sont l'indice de connaissance et de gestion patrimoniale des réseaux, le taux de débordement des effluents dans les locaux des usagers, le nombre de points du réseau nécessitant des interventions fréquentes de curage par 100 km de réseau, le taux moyen de renouvellement des réseaux. Ces indicateurs en correspondance sont basés sur des données communes.

Les approches proposées dans le cadre de CARE-S, des indicateurs IWA ou du décret sur les indicateurs de performance des systèmes d'assainissement, permettent d'évaluer les **enjeux** associés au service d'assainissement. Ils serviront, dans le cadre du projet INDIGAU, à définir des poids associés aux différents critères.

## 2.4. Évaluation du risque d'envasement (Gérard, 1999)

Le travail de thèse de Christophe Gérard a permis d'identifier "les relations entre la structure et le fonctionnement des réseaux d'assainissement, et la localisation des dépôts de matières solides qui y sont transportés" (Gérard, C. 1999). Une synthèse des facteurs d'envasement et de leur importance relative, issus de mesures sur le réseau visitable du Grand Lyon, est présentée Figure 1.

Facteurs	Risques Relatifs	Intervalle de confiance à 95 %
penne	1.64	1.29 - 2.07
un facteur d'envasement quelconque	1.85	1.42 - 2.49
au moins un maillage	2.06	1.13 - 3.74
au moins un changement de géométrie	2.94	1.44 - 6.02
présence d'une singularité	3.32	1.50 - 7.36
<i>présence d'une forme de conduite défavorable</i>	<i>1.08</i>	<i>0.46 - 2.53</i>
présence d'au moins un aléa interne	<i>1.51</i>	<i>0.83 - 2.76</i>
<i>longueur active amont</i>	<i>0.86</i>	<i>0.70 - 1.05</i>
penne très forte (sur l'envasement très faible)	8.07	4.64 - 14.04
penne très faible	4.91	2.61 - 9.26
<i>aval d'une défluence</i>	<i>1.35</i>	<i>0.57 - 3.19</i>
<i>amont d'une confluence</i>	<i>1.42</i>	<i>0.80 - 2.55</i>
<i>tête de réseau</i>	<i>2.00</i>	<i>0.61 - 6.63</i>
<i>défluence et confluence</i>	<i>2.00</i>	<i>0.61 - 6.63</i>
<i>défluence et tête de réseau</i>	<i>1.71</i>	<i>0.53 - 5.49</i>
<i>confluence et tête de réseau</i>	<i>1.17</i>	<i>0.29 - 4.81</i>
un seul maillage	2.31	1.21 - 4.42
au moins 2 maillages (ex.: défluence/confluence)	3.09	1.11 - 8.63
<i>changement de capacité</i>	<i>1.33</i>	<i>0.70 - 2.52</i>
arrivée dans un tronçon de penne plus faible	2.83	1.45 - 5.55
réception d'un tronçon de penne plus forte	2.13	1.12 - 4.09
<i>capacité et arrivée</i>	<i>1.32</i>	<i>0.43 - 4.04</i>
<i>capacité et réception</i>	<i>1.74</i>	<i>0.88 - 3.40</i>
<i>arrivée et réception</i>	<i>7.46</i>	<i>1.84 - 30.27</i>
un seul changement de géométrie (quelconque)	3.20	1.43 - 7.19
deux changements de géométrie	4.18	1.69 - 10.36
<i>présence d'un dessableur</i>	<i>3.04</i>	<i>0.84 - 10.96</i>
<i>présence d'un déversoir d'orage amont</i>	<i>2.44</i>	<i>0.79 - 7.55</i>
<i>présence d'une station aval</i>	<i>6.14</i>	<i>1.41 - 26.73</i>
présence d'un seuil aval	2.84	1.03 - 7.82
<i>forme de conduite ovoïde</i>	<i>0.99</i>	<i>0.49 - 2.01</i>
<i>forme de conduite circulaire</i>	<i>1.53</i>	<i>0.57 - 4.07</i>
forme de conduite plate ou quelconque	1.73	1.28 - 3.86
<i>un problème structurel</i>	<i>6.73</i>	<i>1.93 - 23.35</i>
<i>deux problèmes structurels</i>	<i>8.75</i>	<i>2.75 - 27.85</i>
<i>au moins trois problèmes structurels</i>	<i>21.42</i>	<i>5.36 - 85.46</i>
inondabilité (sur l'envasement très fort)	2.18	1.14 - 4.18
un problème local de surface	2.28	0.99 - 5.26
<i>au moins 2 aléas internes (sur l'envast très fort)</i>	<i>3.51</i>	<i>0.57 - 21.55</i>

Figure 1 : Risques relatifs en fonction des différents facteurs d'envasement, évalués à partir de l'étude de 280 tronçons du réseau du Grand Lyon (Gérard, 1999 page 341)

L'étude menée par Gérard (1999) est basée sur l'hypothèse que l'envasement dépend principalement de la penne (Tableau 2.4), « aggravé ou non par l'ajout d'autres facteurs de risque ». Cette étude se place dans la continuité de Bachoc (1992) cité par (Gérard, 1999).

Tableau 2.4 : Facteurs de risque d'envasement associé au type de penne du tronçon

Facteurs	Définition	Risque d'ensablement associé
Penne moyenne à forte	≥ 0.008 m.p.m.	Pas de risque d'ensablement important car autocurage
Penne faible	0.002 à 0.008 m.p.m.	N'est pas suffisante seule pour provoquer un envasement conséquent
Penne très faible	≤ 0.002 m.p.m.	Risque fort

**Tableau 2.5 : Facteurs aggravant le risque d'ensablement**

Facteurs	Définition
<i>Au moins un maillage</i>	Les tronçons soumis à un maillage sont « en aval d'une déflueuse, en amont d'une confluence, en aval d'une tête, ou une combinaison de ces facteurs » (Gérard, 1999)
Changement de géométrie	Changement de capacité ou de pente
Singularité	Ouvrages spéciaux (dessableurs, déversoirs d'orage, vannes et trémies, stations d'épuration ou de refoulement ou de relèvement), seuils, siphons, ou combinaison de singularités
« Inondabilité »	Tronçon régulièrement et durablement inondé à cause de crues de cours d'eau ou d'arrêts de station en aval
Problèmes locaux de surface	Introduction de déchets ou solides se déposant dans les tronçons (marché, place non bitumée, zones à fortes densité végétale, etc.)

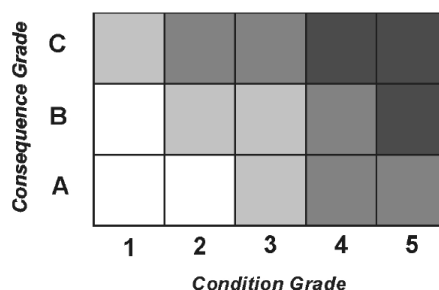
Les études statistiques menées sur le Grand Lyon par Gérard ne permettent pas clairement de qualifier l'aggravation du risque associé à la forme de la conduite.

Les résultats de ces travaux n'ont pas été utilisés lors du PN RERAU (puisque les indicateurs proposés traitent de l'état de santé et de ses conséquences). Il nous semble utile de proposer une révision des indicateurs concernant l'ensablement (voir 4.2.Causes d'ensablement page 38).

## 2.5. SCRAPS (Merrill et al., 2004)

L'outil SCRAPS (Sewer Cataloging, Retrieval, and Prioritization System) a été développé par la société d'ingénierie et de conseil *Brown and Caldwell* à la demande de la *WERF* (Water Environment Research Foundation). Cet outil a pour but de définir les priorités pour les **inspections des conduites** ; il permet également de gérer les priorités de réparation des conduites.

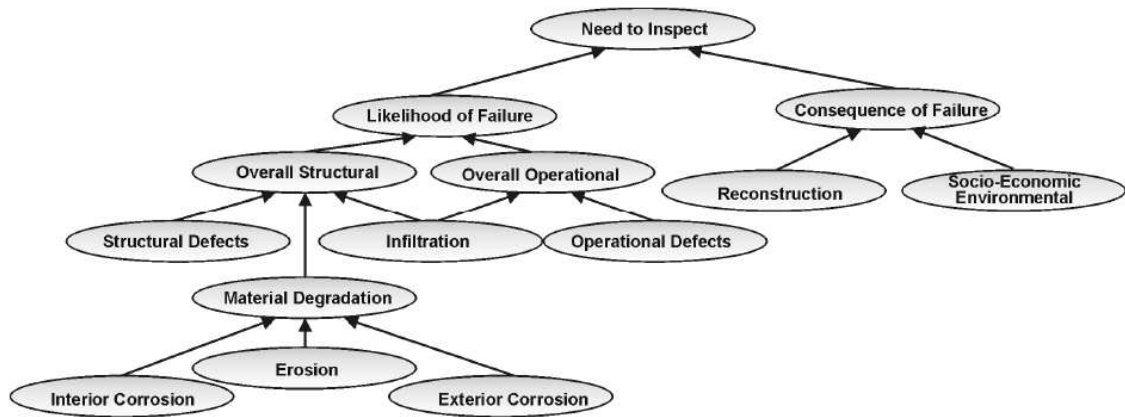
Les priorités sont définies par la combinaison, pour chaque conduite, d'une probabilité de défaillance (évaluée à partir des différents dysfonctionnements estimés) et des conséquences possibles d'une défaillance (conséquences économiques, sociales et environnementales). Le risque de défaillance comporte 5 niveaux et les conséquences sont évaluées sur une échelle à 3 niveaux, comme le montre la Figure 2.



**Figure 2 : Matrice de classement des priorités d'inspection (Merrill et al., 2004) ; les tronçons situés dans la zone gris foncé sont jugés critiques.**

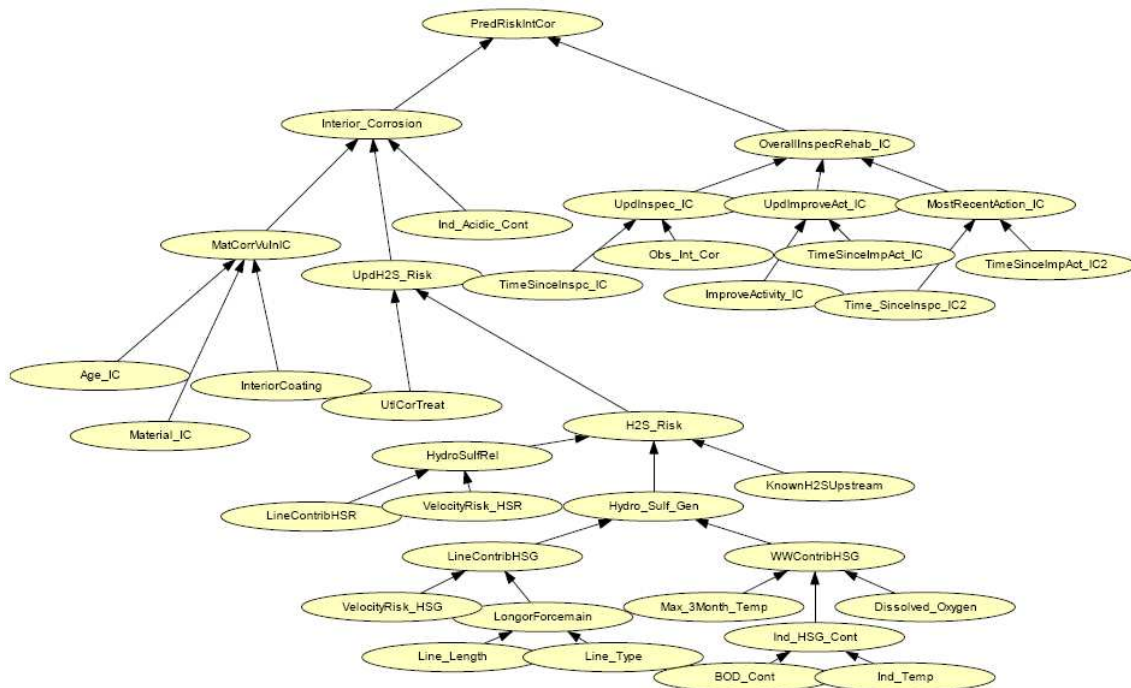
### 2.5.1. Principes de fonctionnement du système SCRAPS

Le système expert utilise les informations disponibles et il est basé sur les réseaux bayésiens. Dans la théorie bayésienne, des probabilités sont assignées à des *propositions* basées sur des  *croyances*  issues d'*observations* (cf. rapport tâche T9.1). Le système expert servant à juger de la nécessité d'inspecter une conduite est résumé dans la Figure 3 ci-dessous, cette figure fait également apparaître les dysfonctionnements étudiés.



**Figure 3 : Approche SCRAPS (réseaux bayésiens) pour évaluer les besoins d'inspection (Merrill et al., 2004)**

Chaque dysfonctionnement est lui-même évalué à l'aide des réseaux bayésiens, comme le montre la Figure 4.



**Figure 4 : Réseau bayésien servant à évaluer le risque de corrosion intérieure (Merrill et al., 2004)**

Une comparaison sur des cas d'étude réels de l'outil SCRAPS avec des expertises (gestionnaires de réseaux et représentants de *Brown and Caldwell*) a également permis de mettre en évidence les performances assez faibles des expertises, à cause :

- d'omissions d'éléments majeurs,
- d'un nombre d'informations insuffisants pour établir confortablement l'expertise,
- de spécificités locales (incapacité de reconnaître des éléments dont l'importance locale est grande, expériences individuelles différentes),
- de désaccords sur la signification de certaines variables.

L'outil SCRAPS est développé sous Microsoft Visual Basic 6.0 et Access 2000, il nécessite également une licence d'utilisation du logiciel Hugin (réseaux bayésiens). Il est commercialisé par la WERF au prix de 595 dollars US.

### 2.5.2. Définition des vulnérabilités dans SCRAPS

SCRAPS considère 3 niveaux de conséquences (cf. Figure 2) : Low, Moderate et High. Les conséquences évaluées concernent deux aspects :

- Les impacts liés à la réhabilitation (« *reconstruction\_impacts* »)
- Les impacts socio-économiques et environnementaux des dysfonctionnements

#### 2.5.2.1. Impacts liés à la réhabilitation

La Figure 5 présente l'ensemble des indicateurs servant à l'évaluation des impacts de réhabilitation. **Les impacts de réhabilitation sont centrés sur les coûts de réparation en urgence ou de remplacement de la conduite, suite à son dysfonctionnement.**

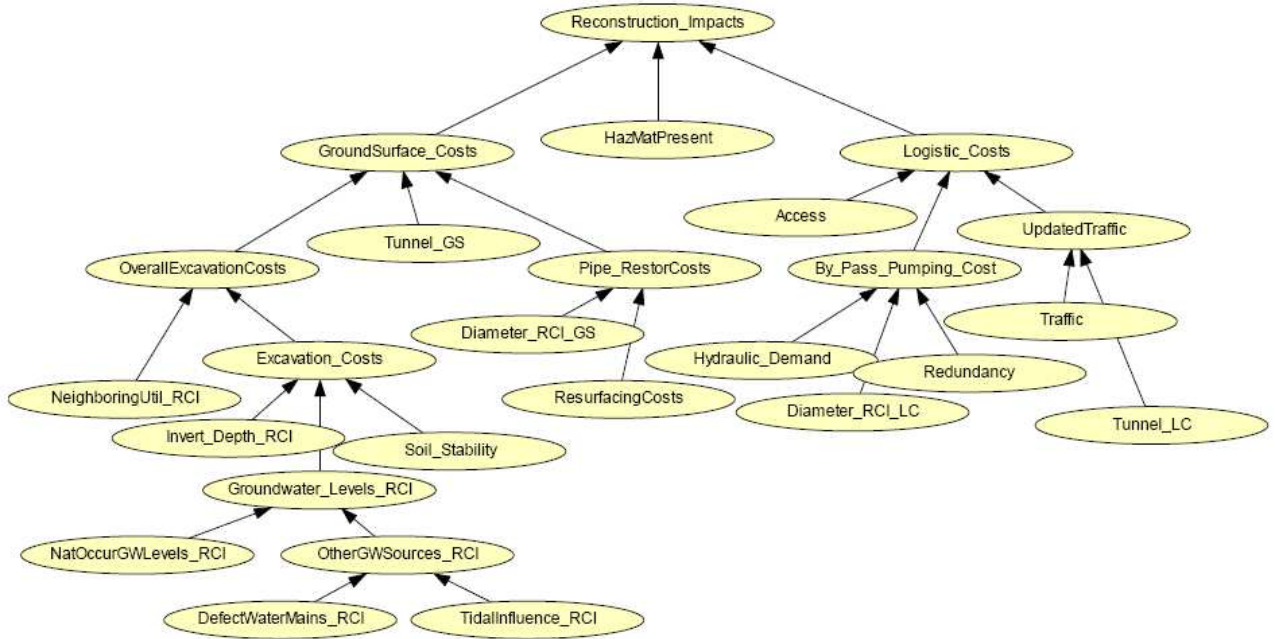


Figure 5 : Réseau de croyance associé à l'évaluation des impacts de reconstruction (Merrill *et al.*, 2004)

Les impacts de réhabilitation dépendent des facteurs suivants : mise hors d'eau, interférences avec les autres services, coûts d'excavation ou de forage, coûts de réfection de voirie, installation de by-pass, pompages, gênes de trafic et difficultés d'accès.

### 2.5.2.2. Impacts socio-économiques et environnementaux

Les impacts sur l'environnement, la santé humaine, et l'économie sont des conséquences des dysfonctionnements.

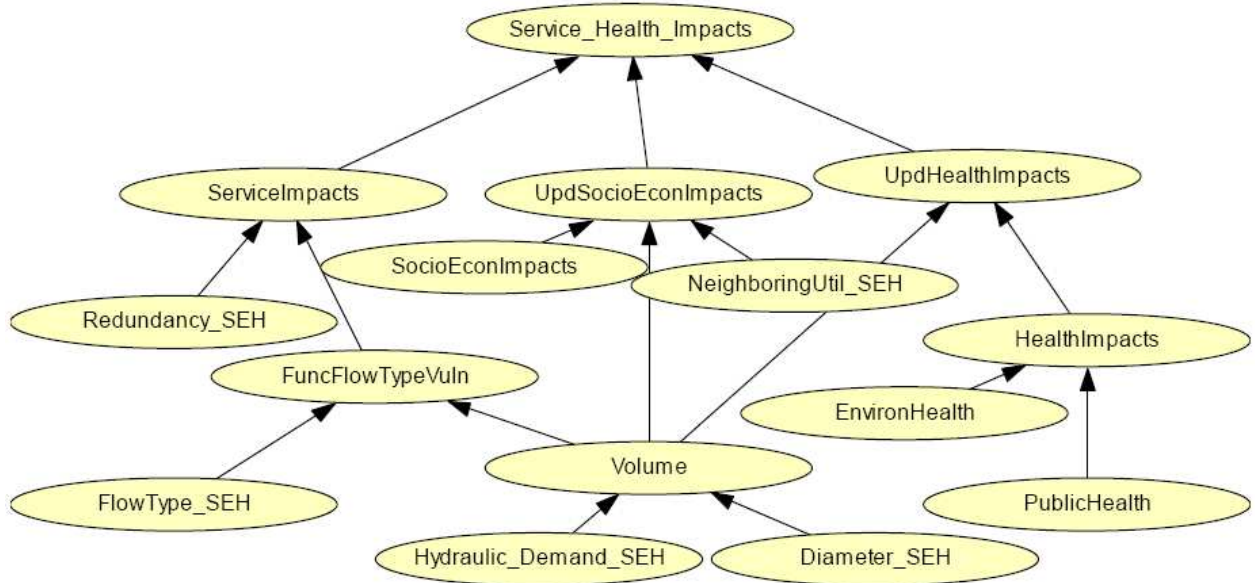


Figure 6 : Réseau de croyance associé à l'évaluation des impacts socio-économiques et environnementaux (Merrill *et al.*, 2004)

SCRAPS propose un mode d'évaluation simplifié de 4 indicateurs (dont 1 indicateurs servant à l'évaluation des impacts de réhabilitation) basé sur le type d'occupation du sol : le Tableau 2.6 présente les différents niveaux de conséquences pour ces 4 indicateurs.

L'indicateur *Function and Flow Type Vulnerability (FuncFlowTypeVuln)* considère que la perte de service par le consommateur sera d'autant plus grande que la conduite défaillante a un diamètre important ; cet indicateur considère également que l'impact est plus important lors d'un dysfonctionnement d'un tronçon d'eaux usées par rapport à un tronçon unitaire. Cet indicateur correspond à l'intensité des conséquences d'un dysfonctionnement : il devrait apparaître dans la formulation des critères RERAU.

Tableau 2.6 : Niveau de conséquence en cas de défaillance, en fonction du type d'occupation du sol (Merrill *et al.*, 2004)

	Socio- Economic Impact	Traffic (Reconstruction Assessment)	Public Health	Environmental Health
Critical Services	High	High	Low	Low
Freeway	High	High	Low	Low
Train Yard	High	High	Low	Low
Heavy Use Arterial	High	High	Low	Low
Under Building	High	Low	High	Low
Business District	High	High	High	Low
Commercial District	High	High	High	Low
Industrial District	High	High	Moderate	High
High density residential	Moderate	High	High	Low
Moderate density residential	Low	Low	High	Low
Rural	Low	Low	Low	Moderate
Water Supply	High	Low	High	High
Recreation	Moderate	Low	High	Moderate
Sensitive Habitat	Moderate	Low	Moderate	High

### 2.5.3. Conclusion sur SCRAPS et approche comparative avec RERAU

L'approche RERAU et l'approche SCRAPS sont similaires puisqu'il s'agit d'évaluer la priorité associée à une conduite, et la différence réside dans la méthode utilisée pour formuler les critères et dans le niveau d'agrégation retenu. Les similitudes entre SCRAPS et RERAU permettent d'alimenter la base de connaissance INDIGAU : la gestion des vulnérabilités est instructive et envisageable au sein d'INDIGAU, les raisonnements permettant d'évaluer les besoins en inspection alimentent également INDIGAU et plus particulièrement la tâche T9.

L'évaluation des impacts de réhabilitation est proche de l'indicateur RERAU V-CDV (facteurs de coûts en cas de remplacement de la conduite, fiche 127 p. 329 du guide RERAU) : SCRAPS apporte un élément supplémentaire pour évaluer cet indicateur : le caractère stratégique du tronçon. Il faut remarquer que SCRAPS ne considère que les impacts financiers directs de la réhabilitation, sans prendre en compte les coûts indirects (perturbation des commerces, nuisances, etc.)

La comparaison des impacts socio-économiques et environnementaux et l'apport du Tableau 2.6 à la méthode RERAU sont discutés dans le chapitre traitant des améliorations de RERAU (4.3 page 40).

En considérant une échelle de comparaison plus large, on peut constater que RERAU n'a pas de critère concernant la corrosion extérieure des conduites et que SCRAPS ne traite pas les problèmes d'exfiltration. Cependant, la comparaison systématique dysfonctionnement par dysfonctionnement de RERAU et SCRAPS (inventaire des indicateurs utilisés) n'a pas été mise en œuvre ; en effet, cela suppose de connaître l'ensemble des tableaux de probabilités conditionnelles. Et de plus, SCRAPS est un outil de prévision des besoins en inspection et non en réhabilitation, ainsi il est centré sur une approche risqué et il se base donc peu sur l'état actuel qui est au cœur de l'approche RERAU.

### 2.6. Méthode allemande (DWA-M 149-3) pour l'évaluation de l'état d'un tronçon

L'ATV-DWK, association allemande pour l'eau, l'assainissement et les déchets, préconise de faire une inspection ITV des réseaux tous les 10 ans. Une enquête réalisée en 2004 sur 187 services d'assainissement représentant ¼ de la population a montré un taux d'inspection moyen (c'est-à-dire un taux de connaissance du réseau) de 77% contre 30 à 35% sur une enquête similaire réalisée en 1984.

Des règles d'évaluations de l'état des tronçons ont été proposées en 1999, selon 5 classes d'urgence d'intervention, de 0 à 4 ou 0 correspond à l'intervention d'urgence et 4 à « ne rien faire » (ATV-DVWK, 1999). De nouvelles préconisations ont été proposées en 2006 par le DWA (association allemande pour l'eau, l'assainissement et les déchets), pour tenir compte de données d'inspection en norme DIN-EN 13508-2 (DWA, 2006a et DWA, 2006b). La démarche d'évaluation à l'échelle du tronçon est présentée dans un document du ministère des transports, de la construction et du développement urbain en 2007 (BVBS BV, 2007 pp.159-221). Il a été considéré que les anciennes données non codifiées EN 13508-2 sont dorénavant inutilisables.

On peut noter que les règles de codification des défauts utilisées par le Conseil Général du Bas-Rhin (défauts + note de 1 à 5) étaient inspirées de la méthodologie allemande (Dorchies, 2005).

La méthodologie s'appuie sur 3 objectifs de protection traduits en critères.

**Tableau 2.7 : Objectifs et critères d'évaluation de l'état d'un tronçon**

objectif	critère
protection des eaux naturelles et les sols	étanchéité D
Stabilité et sécurité	stabilité (structurelle) S
fonctionnalité hydraulique	sécurité de fonctionnement (hydraulique) B

La Figure 7 ci-dessous présente l'articulation de la démarche qui commence au niveau du défaut jusqu'à l'évaluation au niveau du tronçon.

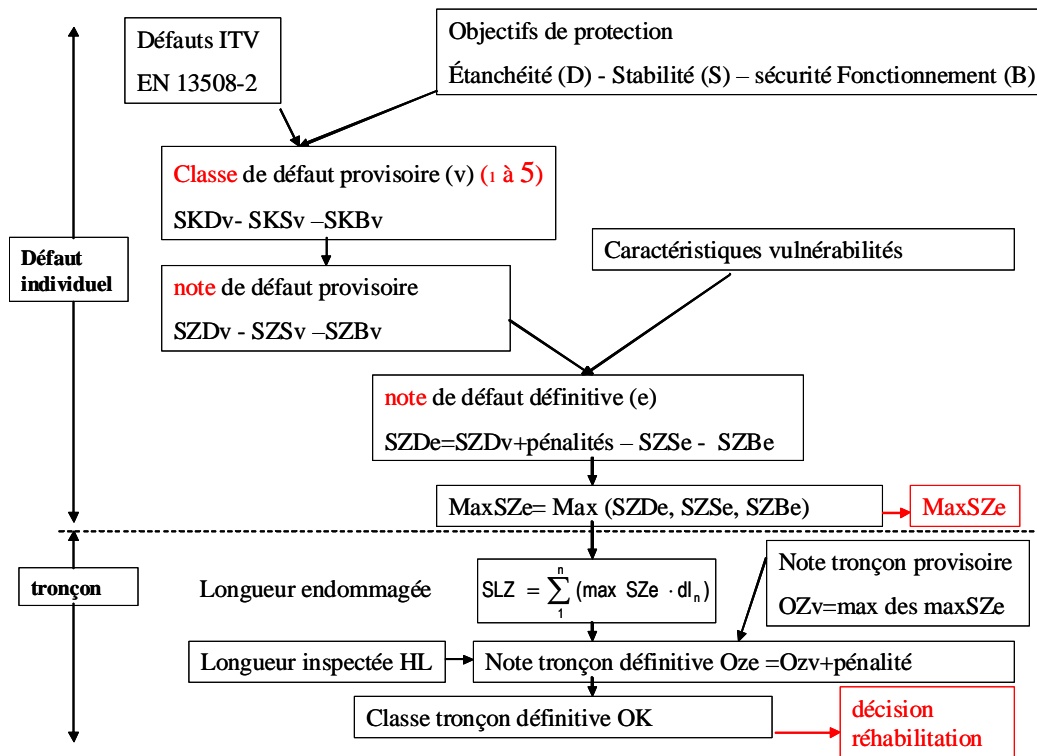


Figure 7 : Démarche d'évaluation de l'état d'un tronçon

La démarche comprend les étapes suivantes:

- 1) Au niveau de chaque défaut
  - une classe de défaut provisoire est attribuée, de 1 à 5 (classement par ordre croissant) selon les 3 critères D, S, B.
  - à chaque classe est attribuée une note provisoire selon le Tableau 2.8

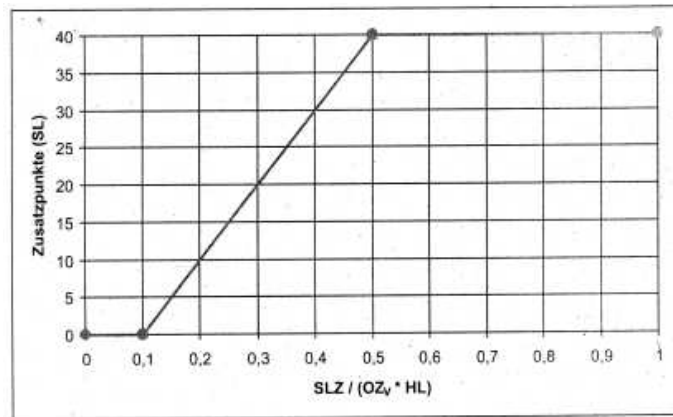
Tableau 2.8 : Relation note défaut et classe de défaut (BVBS BV, 2007)

Classe SK	signification	Note SZ
1	Défauts minimes pas d'intervention	10
2	Intervention à prévoir à long terme	100
3	Intervention à prévoir à moyen terme	200
4	Intervention à prévoir à court terme	300
5	Intervention d'urgence	400

- cette note est affectée d'une pénalité tenant compte de la vulnérabilité du milieu (par exemple, pour les 4 zones de périmètre de protection d'un captage d'AEP, on ajoute 20, 40, 250 ou 400 à la note provisoire pour l'étanchéité). Les catégories prises en compte sont : type de système d'assainissement, effluent à risque, périmètre de protection AEP, présence de la nappe, type de sol, présence d'une jonction, position horaire du défaut. On obtient alors les 3 notes de défaut définitives.

- on retient le maximum des 3 notes

- 2) A l'échelle du tronçon
  - la longueur endommagée SLZ est obtenue en faisant la somme des (max note\*longueur du défaut)
  - à partir de la longueur d'inspection HL et du rapport  $SLZ/OZv \cdot HL$  où Ozv est une note tronçon provisoire égale au max des (max note défaut), on obtient une valeur de pénalité SL selon le graphique ci-dessous :



**Figure 8 : Calcul de la pénalité SL (BVBS BV, 2007)**

- la note tronçon définitive est obtenue en tenant compte de cette pénalité
- on repasse de la note aux classes de 1 à 5 selon le Tableau 2.9 :

**Tableau 2.9 : relation note tronçon et classe tronçon (BVBS BV, 2007)**

Note tronçon OZ	Classe tronçon OK
10-99	1
100-199	2
200-299	3
300-399	4
>= 400	5

- la décision de réhabilitation sur le tronçon sera prise à partir de cette classe tronçon.

## 2.7. Modèle autrichien : DIN EN 13508-2 et YSIBAU 2006 (Bölke & Ertl,2007)

Le modèle autrichien s'inspire du modèle allemand et propose donc une méthodologie de notation d'abord à l'échelle du défaut pour aller jusqu'à l'évaluation à l'échelle du tronçon, on retrouve la classification par ordre croissant de 1 à 5 selon (BVS, BV, 2007).

Il y a cependant des différences au niveaux des valeurs seuils qui font passer un défaut d'une classe à l'autre entre les instructions autrichiennes (YSYBAU 2006) et l'instruction allemande (DWA-2006b,M 149-3). Les différences sont présentées dans (Bölke & Ertl,2007), nous citons comme exemple, dans le tableau 2.10, le défaut BAA, déformation, pour une conduite rigide , en grisé la pratique autrichienne

**Tableau 2.10 : comparaison seuils de gravité entre la pratique allemande et la pratique autrichienne sur le Défaut BAA**

défaut	quantification	classe de gravité du défaut sur la stabilité S				
BAA,A,B		5	4	3	2	1
	% DN	≥7	≥4	≥3	≥1	<1
	% DN	≥15	≥6	<6		

## 2.8. Risque d'infiltration : résultat du projet RIVIERA (Rivet et al., 2006)

Le projet RIVIERA (Thierry, 2007) a notamment permis d'établir une carte des susceptibilités à l'infiltration du réseau d'assainissement sur le territoire de la communauté urbaine de Bordeaux (Figure 10). Cette carte est issue de la combinaison de deux paramètres : "la perméabilité du terrain considéré et le niveau de la nappe par rapport au réseau" (Rivet et al., 2006).

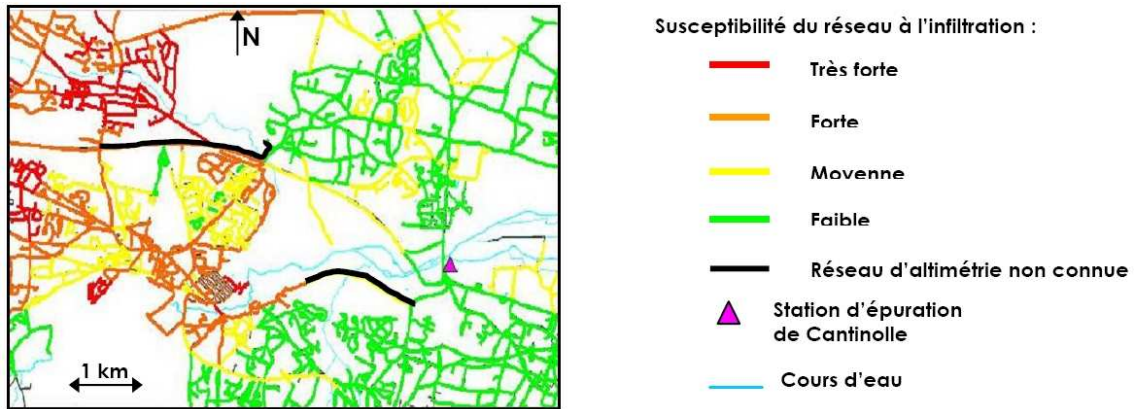


Figure 9 : Carte des susceptibilités à l'infiltration du réseau d'assainissement (Rivet et al., 2006)

Cet outil permet de raffiner l'indicateur INF2-E/R-T (facteurs de risque d'infiltration) avec une échelle à 4 niveaux et cet outil permet également d'augmenter la précision de l'indicateur INF2-E/R-T car en plus du niveau de la nappe, le risque d'infiltration tient compte de la perméabilité du sol.

### 3. Analyse critique de la formulation des critères RERAU

L'objectif de ce chapitre est d'étudier systématiquement la formulation des critères RERAU et de proposer si nécessaire des améliorations ou corrections. L'approche se décompose en :

- Une étude numérique des formulations, c'est-à-dire que pour chaque critère, nous avons modélisé la formulation actuelle sous Excel afin de caractériser l'influence de chaque indicateur sur le critère étudié.
- Une analyse des critères RERAU vis-à-vis de l'approche risque afin d'identifier des manques dans la formulation des critères et également afin de caractériser le type d'approche retenu par critère (approche risque ou diagnostic).
- Un recensement des problèmes identifiés (dans le cadre d'autres tâches, lors de l'étude approfondie de certains critères, ou par d'autres biais).

#### 3.1. Description de la démarche d'étude numérique

La formulation de chaque critère RERAU a été convertie en une formulation numérique, comme le montre l'exemple des Figure 10 et Figure 11 ci-dessous.

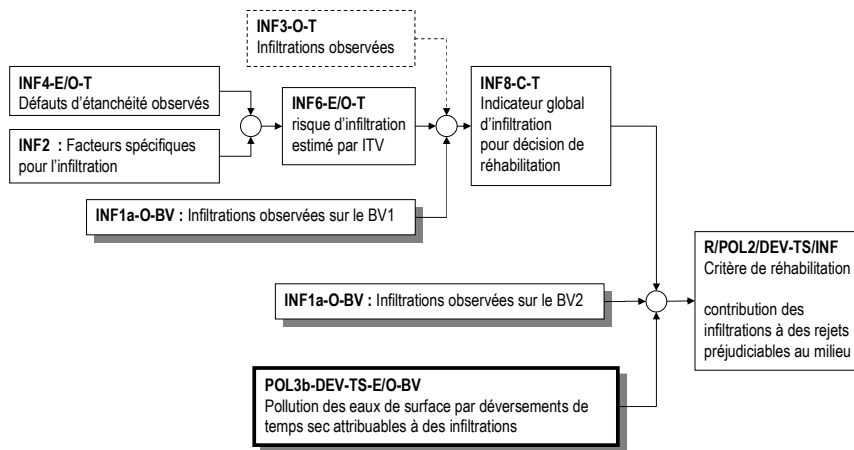
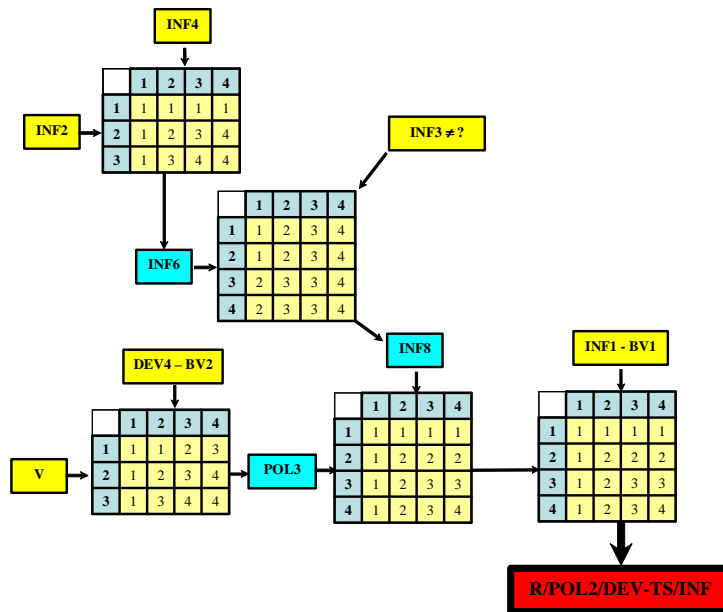
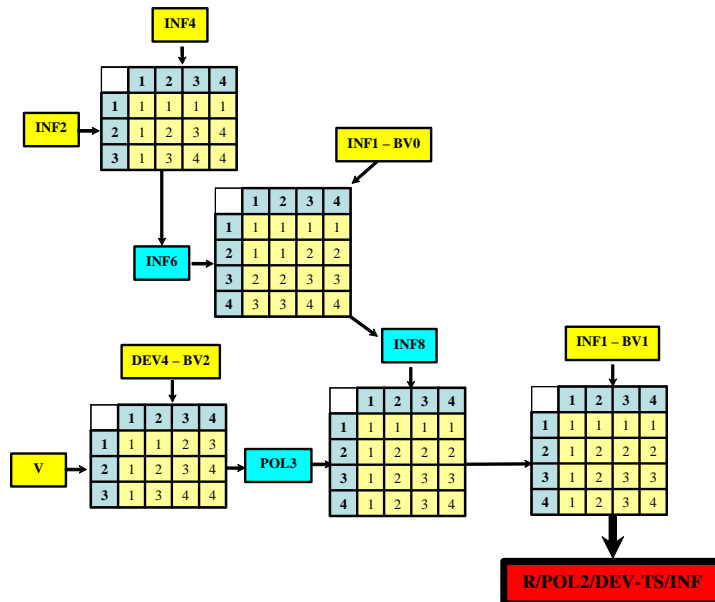


Figure 10 : Formulation RERAU du critère R/POL2/DEV-TS/INF « réhabilitation pour infiltrations contribuant à des déversements de temps sec polluant les eaux de surface »



a) cas (INF2, INF4, INF3, V, DEV4, INF1- BV1) lorsque INF3 est connu



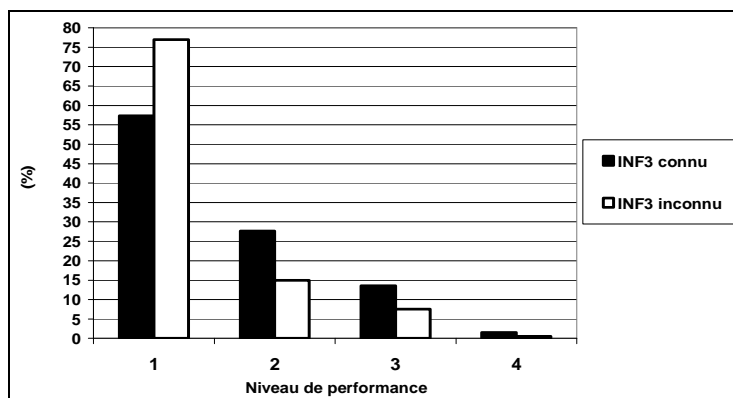
b) cas (INF2, INF4, INF1 - BV0, V, DEV4, INF1- BV1) lorsque INF3 est inconnu

Figure 11 : Exemple de formulation numérique pour le critère R/POL2/DEV-TS/INF (lorsque l'indicateur INF3 est supposé inconnu, seul INF1-BV1 est pris en compte)

A partir de cette formulation numérique, nous avons mis en place différents tests qui sont détaillés ci-dessous.

### 3.1.1. Distribution des états d'un critère

Pour chaque critère, le premier test consiste à observer la distribution des états (1 à 4) d'un critère en fonction de toutes les combinaisons possibles de valeurs pour les indicateurs. La Figure 12 présente le résultat de la distribution du critère R/POL2/DEV-TS/INF lorsque tous les indicateurs varient de 1 à 4 (ou 1 à 3, selon le nombre de modalité possible associé à chaque indicateur).

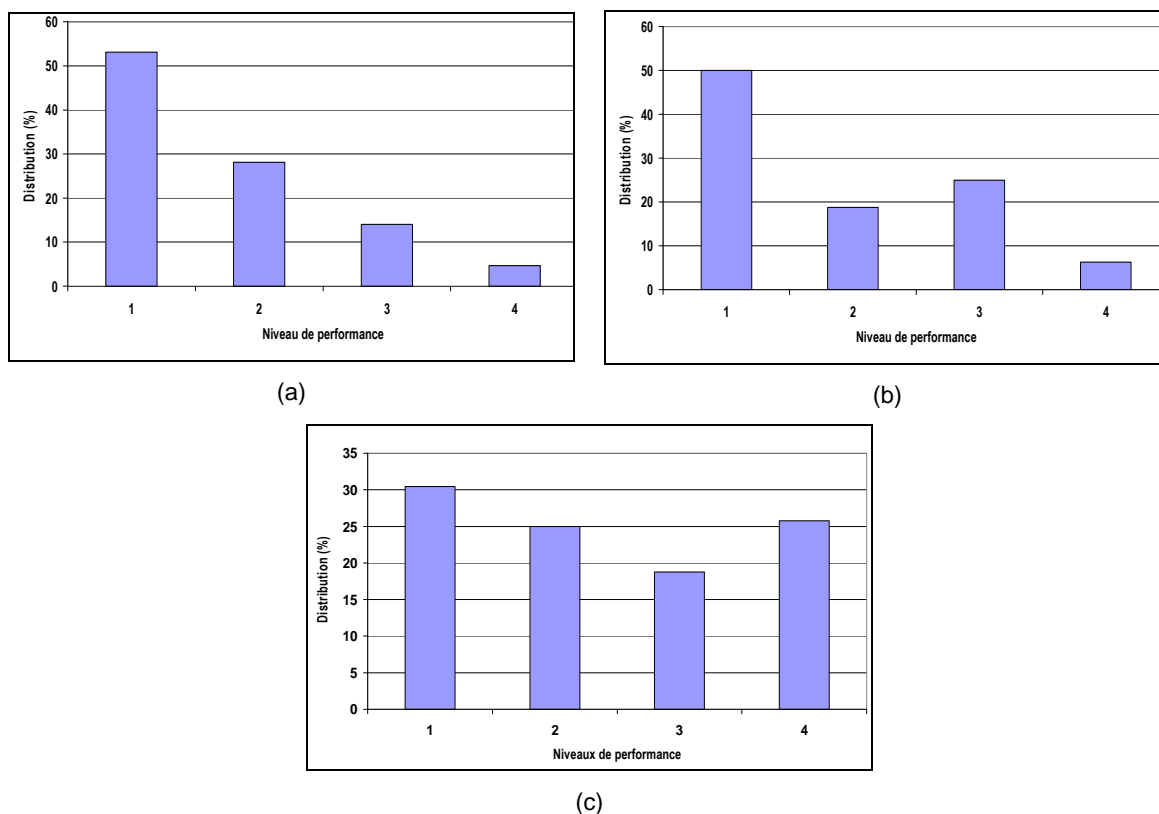


**Figure 12 : Distribution des résultats de l'évaluation du critère R/POL2/DEV-TS/INF en fonction d'une distribution homogène de tous les indicateurs.**

Pour l'exemple ci-dessous, 2304 cas ont été étudiés et pour une distribution homogène des indicateurs, on obtient la répartition suivante pour le critère :

- Pour le cas INF3 connu : 57 % en état 1 ; 27.5 % en état 2 ; 14 % en état 3 et 1.5 % en état 4 ;
- Pour le cas INF3 inconnu : 77 % en état 1 ; 15 % en état 2 ; 7.5 % en état 3 et 0.5 % en état 4 ;

Ce premier test permet de caractériser globalement un critère. Si la distribution montre une forte proportion d'états 3 ou 4, cela signifie que ce critère ne sera pas discriminant lorsque l'on souhaite sélectionner les tronçons réhabiliter. La distribution obtenue est ainsi comparée à 3 formes de distribution (cf. Figure 13) : les distributions a) et b) sont acceptables puisqu'elles discriminent bien les tronçons en état 4 ; et la distribution c) peut nécessiter une amélioration de la formulation car il y a un risque d'obtenir trop de tronçons en état 3 ou 4.



**Figure 13 : Distributions des 4 niveaux de performance du critère R en fonction de l'ensemble des combinaisons possibles des indicateurs dans le cas de modalités équiprobables. (a) et (b) sont des distributions acceptables puisqu'elles discriminent bien les tronçons en état 4 ; (c) n'est une distribution discriminante et il y a un risque d'obtenir trop de tronçons en état 3 ou 4.**

Les distributions de l'ensemble des critères sont étudiées en annexe 2 page 62.

### 3.1.2. IL et IS : mesures du caractère limitant et sélectif d'un indicateur vis-à-vis d'un critère

L'indice IL permet de mesurer le caractère limitant d'un indicateur, il correspond à la proportion des cas pour lesquels l'indicateur vaut 1 et le critère vaut 1 ou 2 :

$$IL = \frac{Nb(R = 1 \text{ et } I = 1) + Nb(R = 2 \text{ et } I = 1)}{Nb(I = 1 \text{ et } R = 1, 2, 3 \text{ ou } 4)} \quad [3.1]$$

Un indicateur évalué en état 1 ou 2 (niveau acceptable) et ayant un indice IL faible ne permettra pas de limiter le nombre de tronçons en état 4. Cela signifie qu'un état jugé non défaillant pour cet indicateur peut quand même conduire à une gravité importante pour le critère. L'indicateur le plus limitant a un indice IL égal à 100 %.

L'indice IS permet de mesurer le caractère sélectif d'un indicateur, il correspond à la proportion de cas pour lesquels un critère égal à 4 provient du niveau maximum de l'indicateur étudié (soit 4 en général et 3 si l'indicateur a trois modalités) :

$$IS = \frac{Nb(I = 4 \text{ et } R = 4)}{Nb(R = 4)} \text{ pour un indicateur à 4 modalités ou } IS = \frac{Nb(I = 3 \text{ et } R = 4)}{Nb(R = 4)} \text{ pour 3 modalités} \quad [3.2]$$

Un indicateur évalué en état 4 (ou 3 si l'indicateur a 3 modalités) et ayant un indice sélectif faible, ne permettra pas ou peu le classement du critère en état 4. Cela signifie que la mauvaise valeur donnée à cet indicateur n'est pas nécessairement grave si l'on considère l'état du tronçon.

Le Tableau 3.1 présente un exemple d'évaluation du indice sélectif et du indice limitant d'un indicateur vis-à-vis du critère R/POL2/DEV-TS/INF.

**Tableau 3.1 : Évaluation de IL et IS pour l'indicateur INF2 (critère R/POL2/DEV-TS/INF)**

a) cas INF3 connu				b) cas INF3 inconnu			
INF2	I = 1	I = 2	I = 3	INF2	I = 1	I = 2	I = 3
R = 1	482	440	410	R = 1	768	528	481
R = 2	192	210	228	R = 2	0	168	167
R = 3	82	106	118	R = 3	0	66	107
R = 4	12	12	12	R = 4	0	6	12
Σ	768	768	768	Σ	768	768	768

$$IL = (482 + 192) / 768 = 87,8 \%$$

$$IS = 12 / 36 = 34 \%$$

$$IL = (768+0) / 768 = 100 \%$$

$$IS = 12 / 18 = 66 \%$$

Ces deux indices sont complémentaires, ils représentent deux propriétés distinctes d'un indicateur (Tableau 3.2) et de plus ils sont nécessairement évalués vis-à-vis d'un critère.

**Tableau 3.2 : Propriétés distinctes d'un indicateur, représentées par les indices IL et IS, vis-à-vis d'un critère**

	Indice I = 100 %	Indice I < 100 %
IL caractère limitant	[I = 1] → [R = 1 ou 2] indicateur I avec valeur faible conduit à critère R avec valeur faible	I = 1 peut conduire à R = 3 ou 4 (peu d'effet limitant)
IS caractère sélectif	[R = 4] → [I = 4] critère R avec valeur forte exige indicateur I avec valeur forte	R = 4 peut être obtenu pour différentes valeurs de l'indice

Le tableau suivant présente l'évaluation des indices sélectifs et limitants pour l'ensemble des indicateurs du critère R/POL2/DEV-TS/INF.

**Tableau 3.3 : Indices IL et IS pour les indicateurs du critère R/POL2/DEV-TS/INF**

Indicateurs	IL (%)		IS (%)	
	INF3 ≠ ?	INF3 = ?	INF3 ≠ ?	INF3 = ?
INF4	87.8	100	25	66
INF2	87.8	100	34	66
INF3	100		100	
INF1 – BV1		93.75		50
V– ES	92.5	96	66	66
DEV4	100	100	75	66
INF1 – BV2	100	100	100	100

Ce tableau montre que l'indicateur INF1-BV2 est le plus limitant et sélectif vis-à-vis du critère R/POL2/DEV-TS/INF pour les deux cas (INF3 connu ou INF3 inconnu). Par contre l'indicateur INF1-BV1 est le moins limitant et sélectif pour le cas où INF3 est inconnu et c'est l'indicateur INF4 pour le cas où INF3 est connu. Ces deux indices permettent de comparer l'efficacité relative d'un indicateur par rapport à un autre au sein du même critère. On vérifie ainsi si la formulation du critère est en accord avec les intentions des experts.

Concernant ce critère R/POL2/DEV-TS/INF, il est normal que INF1-BV2 (infiltrations d'eau parasite à l'échelle d'un bassin versant) ait une forte influence car sans infiltration constatée, il est inutile de faire un diagnostic. De plus, dans les deux cas (INF3 connu ou INF3 inconnu), il faut la conjonction de l'impact POL et du dysfonctionnement INF (aux deux échelles : tronçon et bassin versant) pour justifier la réhabilitation du tronçon. Ainsi, si on observe des eaux parasites d'infiltration à l'échelle du tronçon, cette information (INF3) est à privilégier car c'est l'information la plus fiable. Il est donc normal que INF3 ait une forte influence. Si on n'observe pas d'infiltration à l'échelle du tronçon, cette information n'est pas fiable car cela ne signifie pas qu'il n'y a jamais d'infiltration ; en effet l'inspection visuelle peut être réalisée dans une période non propice aux infiltrations (nappe basse, par exemple). On devra donc considérer un risque d'infiltration (INF6) basé sur l'observation des défauts d'étanchéité (INF4) et sur le niveau de la nappe (INF2). Dans ce cas, l'observation de l'infiltration à une échelle plus large que le tronçon (INF1-BV1) vient en complément d'information car il est difficile de déterminer la contribution du tronçon étudié à l'infiltration observée.

### 3.1.3. Indice d'importance d'un indicateur au sein d'un critère

Lorsque l'on considère l'évaluation d'un critère précis, l'importance accordée à un indicateur dépend :

- du nombre de passages nécessaire (c'est-à-dire du nombre d'opérateurs (tables de décision) séparant l'indicateur du critère) ;
- de la nature de chaque opérateur, c'est-à-dire est-ce que l'opérateur synthétisant le tableau se rapproche d'un minimum, d'une moyenne ou d'un maximum ?
- et également pour chaque opérateur, de l'influence relative d'un indicateur par rapport à l'autre ;

Ces trois paramètres sont pris en compte et dans la suite de ce paragraphe nous présentons la méthode de l'évaluation de l'importance relative d'un indicateur.

#### 3.1.3.1. Nature de l'opérateur (caractère limitant d'un opérateur)

Les tables de décision permettent d'agréger 2 indicateurs en 1 indicateur composite en fonction de règles définies. Ces tables de décision sont spécifiques et peuvent être de différentes natures :

- Conjonction (minimum, opérateur logique et) : les deux informations I1 et I2 correspondent à deux causes requises pour déduire une conséquence D, ou plus généralement à deux observations requises pour conduire à la décision D ; la conjonction de 2 « gravités » est strictement nécessaire pour établir la gravité de l'indicateur composite ;
- Disjonction (maximum, opérateur logique ou) : l'une des deux informations (I1 ou I2) suffit pour conduire à la décision D ;
- Compensation (moyenne pondérée) : l'utilisation de deux informations complémentaires correspond à un raisonnement de compensation ; l'évaluation fournie par une source est modulée par l'évaluation fournie par une seconde source ; par exemple un dysfonctionnement jugé « important » (I1) associé à une vulnérabilité jugée « faible » (I2) conduira à un « impact modéré » (et donc à un niveau de priorité « moyen » pour la réhabilitation) ; l'utilisation éventuelle d'une pondération permet de privilégier une source par rapport à une autre

L'évaluation de la nature N d'un opérateur est présentée ci-dessous :

**Tableau 3.4 : Table de décision permettant d'agréger deux indicateurs I1 et I2 : I1 à r modalités et I2 à c modalités**

		I <sub>2</sub>		
		1	k	c
I <sub>1</sub>	1	a <sub>jk</sub>		
	j			
	r			

Le tableau (ou opérateur) précédent comprend r lignes et c colonnes (si le tableau permet la fusion de 2 indicateurs à 4 modalités alors c = r = 4 et si l'un des deux indicateurs possède 3 modalités, alors c=4 et r=3 ou inversement). La nature de l'opérateur i est estimée par la formule suivante :

$$N_i = \frac{\sum_{k=1}^c \sum_{j=1}^r a_{jk}}{c \times r} \text{ avec } c \text{ et } r \in \{3; 4\} \quad [3.3]$$

Cet indice mesure le caractère limitant d'un opérateur : l'opérateur qui se rapproche d'un minimum est le plus limitant car il réduit au maximum le nombre de tronçons classés prioritaires à la réhabilitation. Par contre, l'opérateur qui se rapproche d'un maximum est le moins limitant. Le tableau 8 ci-dessous donne la traduction de la nature de l'opérateur en fonction de la valeur de Ni (min, max, moyenne).

**Tableau 3.5 : Valeurs de Ni pour un opérateur en fonction de sa nature et de la taille de la table de décision**

<div style="text-align: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px;">+ limitant</span>  <span style="font-size: 2em;">↑</span>  <span style="font-size: 2em;">↓</span>  <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px;">- limitant</span> </div>	Nature d'opérateur	N <sub>i</sub>	
		4x4	3x4
	min	[1.875-2.125[	[1.67-1.90[
	moyenne – min	[2.125-2.375[	[1.90-2.13[
	moyenne	[2.375-2.625[	[2.13-2.36[
	moyenne – max	[2.625-2.875[	[2.36-2.60[
	max	[2.875-3.125]	[2.60-2.85]

Les tableaux suivants présentent des exemples d'évaluation de la nature de 2 opérateurs du critère R/POL2/DEV-TS/INF :

**Tableau 3.6 : Exemples de table de décision issue du critère R/POL2/DEV-TS/INF**

		a) cas INF2 ⊗ INF4				b) cas POL3 ⊗ INF8			
		INF4				INF8			
		1	2	3	4	1	2	3	4
N =	INF2	1	1	1	1	1	1	1	1
		2	1	2	3	4	2	2	2
		3	1	3	4	4	3	3	3
		4	1	2	3	4	4	4	4
		26/12 = 2.16 (opérateur moyenne)				N = 30/16 = 1.875 (opérateur min)			

Le tableau suivant présente la nature de chaque opérateur du critère R/POL2/DEV-TS/INF :

**Tableau 3.7 : Ni associés à chaque indicateur du critère R/POL2/DEV-TS/INF**

Opérateurs	Ni
INF4 ⊗ INF2	2.16
INF6 ⊗ INF3	2.75
INF6 ⊗ INF1 – BV1	2.125
V ⊗ DEV4	2.4
POL3 ⊗ INF8	1.875
(POL3 ⊗ INF8) ⊗ INF1 – BV2	1.875

Le tableau précédant montre que l'opérateur (POL3 ⊗ INF8) ⊗ INF1-BV2 se rapproche d'un minimum et il est donc le plus limitant. Par contre, l'opérateur INF6 ⊗ INF3 se rapproche d'un maximum et il est donc le moins limitant. On discutera ces résultats à la fin de cette section.

### 3.1.3.2. Influence relative d'un indicateur au sein d'un opérateur

Pour chaque opérateur, le mode de calcul de l'influence relative d'un indicateur, IR, est présenté ci-dessous. L'influence relative de l'indicateur 1, par rapport à, l'indicateur 2 est calculée par la formule suivante :

$$IR (\text{indicateur.1} / \text{indicateur.2}) = \frac{\sum_{k=1}^c (a_{kr} - a_{k1})}{\sum_{j=1}^r (a_{cj} - a_{1j}) + \sum_{k=1}^c (a_{kr} - a_{k1})} \quad (\text{ajk est expliqué au Tableau 3.4}) \quad [3.4]$$

$$IR (\text{indicateur.2} / \text{indicateur.1}) = 1 - IR (\text{indicateur.1} / \text{indicateur.2}) \quad [3.5]$$

La valeur de IR permet de qualifier l'influence relative de l'indicateur à partir du tableau suivant :

**Tableau 3.8 : Influence relative d'un indicateur sur l'autre au sein d'un opérateur**

Influence relative	IR (%)
forte	[81 – 100]
moyenne – forte	[61 – 80]
moyenne	[41 – 60]
moyenne – faible	[21 – 40]
faible	[0 – 20]

Les tableaux ci-dessous présentent des exemples d'évaluation de l'influence relative IR de 4 indicateurs appartenant au critère R/POL2/DEV-TS/INF :

**Tableau 3.9 : Exemples d'évaluation de l'influence relative IR pour INF2, INF4, INF8, POL3**

a) cas INF2 ⊗ INF4

		INF4			
		1	2	3	4
INF2	1	1	1	1	1
	2	1	2	3	4
	3	1	3	4	4

$$IR (\text{INF2} / \text{INF4}) = 8/14 = 57 \% \text{ (influence moyenne)}$$

$$IR (\text{INF4} / \text{INF2}) = 6/14 = 43 \% \text{ (influence moyenne)}$$

b) cas POL3 ⊗ INF8

		INF8			
		1	2	3	4
POL3	1	1	1	1	1
	2	1	2	2	2
	3	1	2	3	3
	4	1	2	3	4

$$IR (\text{POL3} / \text{INF8}) = 6/12 = 50 \% \text{ (influence moyenne)}$$

$$IR (\text{INF8} / \text{POL3}) = 6/12 = 50 \% \text{ (influence moyenne)}$$

Le tableau suivant présente les valeurs de l'influence relative IR pour tous les opérateurs du critère R/POL2/DEV-TS/INF :

**Tableau 3.10 : Influences relatives IR associés à chaque indicateur du critère R**

Indicateur	IR (%)	
	INF3 ≠ ?	INF3 = ?
INF4	43 (moy)	43 (moy)
INF2	57 (moy)	57(moy)
INF6	17 (faible)	77(moy-forte)
INF1 – BV1		23 (moy-faible)
INF3	83 (forte)	
V	38 (moy-faible)	38 (moy-faible)
DEV4	62 (moy-forte)	62 (moy-fort)
POL3	50 (moy)	50 (moy)
INF8	50 (moy)	50 (moy)
INF1 – BV2	50 (moy)	50 (moy)

Le tableau précédant nous permet de vérifier la cohérence de la formulation du critère : si INF3 est connu, il est modulé par INF6 et si INF3 est inconnu, INF6 est modulé par INF1 – BV1.

### 3.1.3.3. Calcul de l'importance relative d'un indicateur au sein d'un critère

IC signifie importance relative d'un indicateur au sein d'un critère. Cet indice dépend de la nature des opérateurs et de l'influence relative d'un indicateur dans chaque opérateur. Ainsi, nous proposons de calculer l'indice IC à partir de la formule ci-dessous.

$$IC (\text{indicateur } l) = \left[ \left[ \left[ \left( N_1 * IR'_1 + N_2 \right) * IR'_2 + \dots + N_i \right] * IR'_i + \dots \right] * IR'_{n-1} + N_n \right] * IR'_n \quad [3.6]$$

Avec :

N<sub>i</sub> : nature de l'opérateur i et n : nombre de passages ;

IR'<sub>i</sub> : influence relative de l'indicateur étudié dans le tableau i ;

$$IR'_i (\text{indicateur.l/indicateur.}\bar{l}) = 1 - IR_i (\text{indicateur.l/indicateur.}\bar{l}).$$

L'indicateur est jugé d'autant plus important que IC est faible. On constate que l'importance relative d'un indicateur augmente lorsque le nombre de passages diminue. On constate également que IC augmente quand N<sub>i</sub> augmente, ou quand IR' augmente.

Nous présentons une illustration de l'évaluation de l'importance relative des indicateurs pour le critère R/POL2/DEV-TS/INF (Tableau 3.12). Il est tout d'abord nécessaire d'indiquer la nature des différents opérateurs évalués, ainsi que l'influence relative de chaque indicateur (Tableau 3.11).

**Tableau 3.11 : Bilan quantitatif et qualitatif pour définir l'importance relative des indicateurs**

a) cas INF3 connu

Indicateur	N & IR			
	Opérateur (1)	Opérateur (2)	opérateur (3)	opérateur (4)
INF4	N = 2.16 (moy – min) IR = 43 % (moy)	N = 2.75 (moy – max)		
INF2	IR = 57 % (moy)	IR = 17 % (faible)	N = 1.875 (min)	
INF3		IR = 83 % (forte)	IR = 50 % (moy)	N = 1.875 (min) IR = 50 % (moy)
V		N = 2.4 (moy) IR = 38 % (moy – faible)	IR = 50 % (moy)	
DEV4		IR = 62 % (moy – forte)		
INF1 – BV2				IR = 50 % (moy)

b) cas INF3 inconnu

Indicateur	N & IR			
	Opérateur (1)	Opérateur (2)	opérateur (3)	opérateur (4)
INF4	N = 2.16 (moy – min) IR = 43 % (moy)	N = 2.125 (moy – min)		
INF2	IR = 57 % (moy)	IR = 77 % (moy – forte)	N = 1.875 (min)	
INF1 – BV1		IR = 23 % (moy – faible)	IR = 50 % (moy)	
V		N = 2.4 (moy) IR = 38 % (moy – faible)	IR = 50 % (moy)	N = 1.875 (min) IR = 50 % (moy)
DEV4		IR = 62 % (moy – forte)		
INF1 – BV2				IR = 50 % (moy)

Le tableau précédent montre la détermination de l'importance relative des indicateurs lorsque l'on considère l'évaluation d'un critère précis (ici le critère R/POL2/DEV-TS/INF est étudié). La nature de chaque opérateur au sein d'un critère est calculée et l'influence relative de chaque indicateur est précisée.

Par exemple, l'importance relative IC de l'indicateur INF4 vis-à-vis du critère R/POL2/DEV-TS/INF est obtenue en utilisant l'équation suivante (cas INF3 connu) :

$$IC(INF4) = (((2,16 * 0,57 + 2,75) * 0,83) + 1,875) * 0,5 + 1,875 * 0,5 = 2,3$$

Une fois calculé l'ensemble des indices IC (pour chaque indicateur) d'un critère, il est possible de juger de l'importance d'un indicateur au sein du critère. Le Tableau 3.12 résume des valeurs de IC pour le critère R/POL2/DEV-TS/INF

**Tableau 3.12 : Importance relative de chaque indicateur pour le calcul d'un critère**

Indicateur	IC	
	INF3 ≠ ?	INF3 = ?
INF4	2.3	1.6
INF2	2.1	1.55
INF1 – BV1		1.85
V	1.8	1.8
INF3	1.5	
DEV4	1.65	1.65
INF1 – BV2	0.95	0.95

Ce tableau conduit à des conclusions en accord avec celles obtenues au paragraphe 3.1.2 page 26 :

- INF1-BV2 (infiltrations d'eau parasite à l'échelle d'un bassin versant) a une forte importance ;
- Quand INF3 est connu, INF3 est privilégié par rapport à INF4 et INF2 ;
- Quand INF3 est inconnu, INF1-BV1, INF2 et INF4 sont d'importances équivalentes.

Le calcul de l'indice IC pour chaque indicateur d'un critère, permet de répondre à trois objectifs :

Tout d'abord, une analyse exhaustive de l'ensemble des formulations des critères permet de mettre en évidence les cas pour lesquels il est nécessaire de vérifier si la formulation (et plus spécifiquement l'importance accordée à chaque indicateur) est en accord avec les intentions des experts : par exemple "pour le critère R/POL2/DEV-TS/INF, est-il est normal que INF1-BV1 ai une forte influence alors que V a une influence moyenne et INF4 une influence faible ?". Les critères ayant des problèmes potentiels sont : R/NUH1/DEB-TP/HYD, R/POL7/DEB-TP/HYD, R/PON2/DEB-TP/HYD, R/DOB2/EXF, R/POL3/DEV-TP/HYD, R/POL6/DEV-ENS (cf. annexe 2 page 62). Pour ces critères, c'est l'importance relative de la vulnérabilité qui est en cause.

Ensuite, on constate que les résultats des calculs de l'indice IC sont en cohérence avec les indices IL et IS, et avec la distribution du critère. En effet, ces différentes procédures conduisent quasi systématiquement à un classement identique des indicateurs par ordre d'importance. La comparaison des indices est réalisée en fin de chapitre.

Enfin, l'analyse des différents critères permet de mettre en évidence le rôle prépondérant des opérateurs de nature Min.

### 3.1.4. Indice d'anomalie potentielle (IAP)

Le dernier test réalisé concerne l'influence de la variation d'une modalité de chaque indicateur sur le résultat final (le critère). Pour cela, nous avons fait une étude de sensibilité en utilisant l'équation ci-dessous :

$$\Pr(\Delta I = 1 \text{ et } \Delta R = x) = \frac{\text{Nb}(\Delta I = 1 \text{ et } \Delta R = x)}{\text{Nb}(\Delta I = 1)} \text{ avec } x = 0, 1, 2, 3 \quad [3.7]$$

Le Tableau 3.13 ci-dessous présente les résultats de l'étude de sensibilité du critère R/POL2/DEV-TS/INF.

**Tableau 3.13 : Étude de la sensibilité du critère R/POL2/DEV-TS/INF vis-à-vis de chaque indicateur (nombre de cas et proportion)**

a) cas INF3 connu

Indicateur	$\Delta I = 1 \text{ et } \Delta R = 0$	$\Delta I = 1 \text{ et } \Delta R = 1$	$\Delta I = 1 \text{ et } \Delta R = 2$	$\Delta I = 1 \text{ et } \Delta R = 3$	Total
INF4	6623 (96 %)	288 (4 %)	0	0	6911
INF2	5711 (93 %)	432 (7 %)	0	0	6143
V	5091 (83 %)	1052 (17 %)	0	0	6143
DEV4	4875 (70.5 %)	1804 (26 %)	232 (3.5 %)	0	6911
INF3	5520 (80 %)	1391 (20 %)	0	0	6911
INF1 – BV2	4760 (68.5 %)	2151 (31.5 %)	0	0	6911

b) cas INF3 inconnu

Indicateur	$\Delta I = 1 \text{ et } \Delta R = 0$	$\Delta I = 1 \text{ et } \Delta R = 1$	$\Delta I = 1 \text{ et } \Delta R = 2$	$\Delta I = 1 \text{ et } \Delta R = 3$	Total
INF1 – BV1	6683 (96 %)	228 (4 %)	0	0	6911
V	5575 (90 %)	568 (10 %)	0	0	6143
DEV4	5815 (84 %)	968 (14 %)	128 (2 %)	0	6911
INF4	5807 (84 %)	1008 (14.5 %)	96 (1.5 %)	0	6911
INF2	4775 (78 %)	1080 (17.5 %)	264 (4 %)	24 (0.5 %)	6143
INF1 – BV2	5752 (83 %)	1159 (17 %)	0	0	6911

Cette étude de sensibilité nous permet de calculer l'indice d'anomalie potentielle (IAP). Cet indice permet de déceler les cas où une variation d'une modalité d'un indicateur entraîne une variation importante (de plus d'une modalité) sur le résultat final du critère. Il est donné par la formule suivante :

$$IAP = \Pr(\Delta I = 1 \text{ et } \Delta R > 1) \quad [3.8]$$

L'indice d'anomalie est exprimé en nombre ou bien en proportion (en divisant par le nombre total de cas) Les cas où une variation d'une modalité de l'indicateur entraîne une variation de 2 modalités ou plus du critère sont précisés en annexe lors de l'étude de chaque critère (cf. annexe 2 page 62).

Le Tableau 3.14 ci-dessous présente les résultats de l'étude d'anomalies potentielles du critère R/POL2/DEV-TS/INF.

**Tableau 3.14 : Indice d'anomalie potentielle associée à chaque indicateur du critère**

Indicateur	IAP %	
	INF3 ≠ ?	INF3 = ?
INF4	0	1.5
INF2	0	<b>4.5</b>
INF3	0	
INF1 – BV1		0
V	0	0
DEV4	3.5	2
INF1 – BV2	0	0

Une valeur non nulle de l'indice d'anomalie potentielle IAP conduit à analyser en détail la formulation du critère. Cet indice permet de mettre en évidence les indicateurs sources d'anomalies potentielles et donc ensuite d'identifier les opérateurs à l'origine du problème potentiel. Par exemple pour le critère R/POL2/DEV-TS/INF, l'indicateur DEV4 a un indice IAP égale à 3.5 à cause du tableau V ⊗ DEV4 : lorsque V = 3 et lorsque DEV4 passe de 1 à 2, V ⊗ DEV4 passe de 1 à 3 (cf. figure 2 page 4).

La synthèse ci-dessous recense l'ensemble des indicateurs pour lesquels l'indice d'anomalie potentielle (IAP) n'est pas nul, c'est-à-dire l'ensemble des indicateurs dont la variation d'un état peut conduire à faire varier le critère de plus d'un état. Ces indicateurs sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 3.15 : Indicateurs ayant un indice IAP non nul et critère(s) associé(s) (les critères pour lesquels certains  $\Delta I = 1 \rightarrow \Delta R > 2$  sont en gras)**

Indicateur	Critère(s) associé(s)
ABR4	R/CDV4/ABR
ATC7	R/CDV2/ATC
BOU3	R/CXR2/BOU, R/TRA3/BOU
<b>BOU4</b>	<b>R/POL9/DEB/BOU, R/PON4/DEB/BOU, R/NUH2/DEB/BOU, R/NUH4/DEB/BOU</b>
DEB4	R/POL8/DEB/ENS, R/PON3/DEB/ENS, R/NUH3/DEB/ENS, R/POL9/DEB/BOU, R/PON4/DEB/BOU, R/NUH2/DEB/BOU
DEB5	R/NUH1/DEB-TP/HYD, R/NUH3/DEB/ENS, R/NUH2/DEB/BOU, R/POL7/DEB-TP/HYD, R/PON2/DEB-TP/HYD
DEV4	R/POL2/DEV-TS/INF
DEV5	R/POL3/DEV-TP/HYD, R/POL6/DEV-ENS
DOB1	R/PON2/EXF
DSC1	R/CDV1/DSC
EFF3	R/DOB1/EFF, R/TRA1/EFF
ENS1	R/CXR1/ENS
<b>ENS3</b>	<b>R/POL6/DEV-ENS</b>
<b>ENS4</b>	<b>R/POL8/DEB/ENS, R/PON3/DEB/ENS, R/NUH3/DEB/ENS</b>
EXF1	R/PON1/EXF, R/PON2/EXF
<b>EXF2</b>	<b>R/PON1/EXF, R/PON2/EXF</b>
EXF3	R/PON1/EXF, R/PON2/EXF
EXF4	R/PON1/EXF, R/PON2/EXF
EXF6	R/PON2/EXF
HYD1	R/CDV1/DSC
<b>HYD3</b>	<b>R/NUH5/DEB-TP/HYD, R/POL3/DEV-TP/HYD, R/NUH1/DEB-TP/HYD, R/POL7/DEB-TP/HYD, R/PON2/DEB-TP/HYD</b>
<b>INF2</b>	<b>R/POL2/DEV-TS/INF</b>
INF4	R/POL2/DEV-TS/INF
INF8	R/CDV1/DSC
RAC4	R/CDV3/RAC
V-CDV	R/CDV1/DSC

### 3.1.5. Bilan de l'analyse de la formulation des critères

L'étude des différents indices (IL, IS, IAP, IC) associés aux indicateurs constituant un critère peut être résumé dans un tableau tel que présenté ci-dessous (Tableau 3.16). Ce type de tableau permet de vérifier si la formulation du critère est en accord avec les intentions des experts à partir du classement des indicateurs en fonction de leur niveau d'influence, de la détection d'anomalies potentielles de formulation et de la caractérisation de la distribution du critère. Par exemple, le tableau de synthèse suivant concernant le critère R/POL2/DEV-TS/INF, il présente le niveau d'influence de chaque indicateur.

**Tableau 3.16 : Bilan pour étudier le niveau d'influence de chaque indicateur sur le calcul du critère R/POL2/DEV-TS/INF**

19a) cas INF3 connu

Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
INF4	87.8	25	0	2.3	faible
INF2	87.8	34	0	2.1	faible
V	92.5	66	0	1.8	moyenne - faible
DEV4	100	75	3.5	1.65	moyenne
INF3	100	100	0	1.5	moyenne - fort
INF1 – BV2	100	100	0	0.95	forte

19b) cas INF3 inconnu

Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
INF1 – BV1	93.75	50	0	1.85	faible
V	96	66	0	1.8	faible
DEV4	100	66	2	1.65	moyenne
INF4	100	66	1.5	1.6	moyenne
INF2	100	66	<b>4.5</b>	1.55	moyenne
INF1 – BV2	100	100	0	0.95	forte

Cette synthèse permet de mettre en évidence :

- Lorsque INF3 est connu, l'influence prédominante des indicateurs INF1-BV2 et INF3 et l'influence Conjonction (minimum, opérateur logique et) : les deux informations I1 et I2 correspondent à deux causes requises pour déduire une conséquence D, ou plus généralement à deux observations requises pour conduire à la décision D ; la conjonction de 2 « gravités » est strictement nécessaire pour établir la gravité de l'indicateur composite ;
- Lorsque INF3 est inconnu, l'influence prédominante des indicateurs INF1-BV2 et l'influence minimale des indicateurs INF1-BV1 et V ;
- Des anomalies potentielles concernant DEV4, INF2 et INF4 : certaines variations d'une modalité conduisent à des variations plus importantes du critère (les indices en gras correspondant à des variations de plus de deux modalités du critère).

Concernant le critère de réhabilitation R/POL2/DEV-TS/INF (réhabilitation pour infiltrations contribuant à des déversements de temps sec polluant les eaux de surface) les experts, après analyse de cette synthèse associés à la formulation du critère, ont conclu que l'influence prédominante et minimale des indicateurs et les anomalies potentielles détectées sont justifiées et en accord avec leurs intentions.

L'étude des 30 autres critères du guide RERAU ainsi que les conclusions associées pourront être obtenues dans l'annexe 2 (page 62). L'ensemble de ces conclusions a été discuté lors d'une réunion<sup>3</sup> du projet INDIGAU réunissant différents experts (gestionnaires et chercheurs). Cette réunion a mis en évidence des critères acceptables (pas de modifications nécessaires) et non acceptables (l'analyse a conduit les experts à proposer des modifications/améliorations de certains indicateurs).

<sup>3</sup> Réunion ayant eu lieu le 26 mars 2008 à Paris

### 3.2. Retour sur la formulation des risques ou des impacts

On peut distinguer deux familles de critères de réhabilitation RERAU :

- a) Des critères exprimant les risques induits par l'état de santé, comme par exemple le risque d'effondrement entraînant des dommages au bâti (voir R/DOB1/EFF page 86) ;
- b) Des critères mesurant la contribution (étendue d'un dysfonctionnement ou niveau de présomption) d'un tronçon à un impact constaté ou estimé, et
  - i. récurrent (ex : R/NUH1/DEB-TP/HYD page 66) : il s'agit d'éviter que cet impact se reproduise,
  - ii. en cours (ex : R/DOB2/EXF page 82) : il s'agit de supprimer cet impact.

Concernant les 31 critères de réhabilitations, 4 critères contiennent correspondent à l'approche a) :

- R/NUH5/DEB-TP/HYD : réduction de la capacité hydraulique contribuant à un risque de débordements de temps de pluie préjudiciables,
- R/NUH4/DEB/BOU : Causes de bouchage contribuant à un risque de débordements préjudiciables,
- R/TRA1/EFF : Réhabilitation pour risque d'effondrement gênant,
- R/DOB1/EFF : Réhabilitation pour risque de dommages par effondrement,

Les autres critères correspondent à l'approche b).

Quelque soit la famille de critères, il convient d'étudier systématiquement la formulation en la confrontant à l'approche « PIVE » proposée par (Tira, 1997 ; Varnes, 1984) :

- une probabilité / possibilité (P) ou fréquence (F) d'occurrence d'une perturbation,
- d'intensité (I),
- une vulnérabilité (V),
- associée à un ou plusieurs enjeux (E).

Cette étude systématique est effectuée en annexe 2 page 62, en commentaire de chaque critère. Elle a notamment permis d'identifier des éléments manquants dans la formulation des critères.

### 3.3. Problèmes issus de l'analyse des opérateurs (tâche T9)

- L'indicateur BOU6 est évalué à partir de 2 sources à confronter (4 critères concernés : R/NUH2/DEB-TSTP/BOU, R/POL9/DEB/BOU, R/PON4/DEB/BOU, R/NUH4/DEB/BOU, R/POL4/DEV/BOU)
  - o BOU4 (risque de bouchage évalué par inspection visuelle)
  - o et BOU3⊗HYD2 : constat de bouchage(s) et/ou de mises en charge
    - ➔ il conviendra d'étudier la pertinence du type d'opérateur choisi qui est actuellement un Max (disjonction).
- L'indicateur DSC6-C-T combine des facteurs « internes » et des facteurs « externes » selon un raisonnement que l'on peut rapprocher du type synergie (il faut donc revoir le tableau 130 pour se conformer à ce type) ;
- L'indicateur DSC5 prend en compte 2 phénomènes et leur éventuelle synergie : l'infiltration d'eau dans la conduite et les mises en charge pouvant provoquer de l'exfiltration ;
  - ➔ Correction 1 : combiner HYD1 (mise en charge) avec EXF4 (défaut d'étanchéité) : Min ;
  - ➔ Correction 2 : revoir l'opérateur pour DSC5 (synergie INF8 x min (HYD1,EXF4)).
  - o HYD1 serait aussi à revoir car actuellement il n'a que 2 modalités
    - ➔ On peut envisager 3 niveaux de constats de mise en charge : occasionnelle, fréquente, très fréquente
- L'indicateur EFF4-C-T repose sur l'exploitation des indicateurs de dysfonctionnement relatifs aux différents processus de vieillissement et d'endommagement de la conduite, indicateurs évalués après investigation : (DSC8-C-T, ATC7-O-T, RAC4-O-T, ABR4-O-T) et le tableau p. 151 est à revoir.

- Il faudrait évaluer en priorité la synergie DSC x ATC ;
- Il n'est pas forcément pertinent de conserver les 2 autres phénomènes de dégradation (RAC et ABR)
- L'indicateur INF8 est évalué à partir de 3 sources d'information : INF1, INF3 et INF6. La confrontation des 3 sources est structurée par la valeur de INF3.
  - Si INF3 est inconnu, alors INF1 est utilisé à la place de INF3 et INF6 est privilégié à INF1 (INF6 est à moduler par INF1) ;
  - Si INF3 est connu, alors INF3 est privilégié à INF6 (INF3 est à moduler par INF6).
- L'indicateur POL1-INF-E/O-BV est basé sur le croisement de V-ES-POL (STEP), V-STEP-INF, O-BV (STEP), INF1a-O-BV (STEP) et POL2b-INF-STEP-O-BV : en parallèle avec l'évaluation  $INF1 \otimes V-STEP-INF \otimes V-ES-POL$ , POL2b est une évaluation d'impact à partir du taux de dépassement de l'autorisation de rejet de la STEP ; le croisement de ces 2 évaluations est à définir : opérateur de type S ou synergie ou Max ?
  - Les tableaux 85, 85b et 85c sont à revoir
- L'indicateur EXF8 est actuellement  $EXF8-C-T = [MAX(EXF1-O-BV, EXF3-O-T)] \otimes EXF6-E/O-T$ .
  - Le tableau 90 est à revoir.
- Pour le critère R/DOB2/EXF, on peut envisager une modification de l'opérateur : le choix d'un opérateur **Min** (au lieu de W) serait conforme au choix fait pour les autres croisements *Dysfonctionnement x Impact*. Ainsi on obtiendrait  $R/DOB2/EXF = Min(DOB1-O-T, EXF8-C-T)$ .

#### 3.4. *Autres problèmes potentiels*

- D'après Christol (2007), le critère R/CDV2/ATC ne prend pas en compte la sensibilité de la conduite aux attaques chimiques, il propose donc de rajouter un indicateur ATC1-E/R-T (Matériau sensible à une attaque chimique) dans la formulation du critère ; soit  $R/CDV2/ATC = ATC7-O-T \otimes ATC1-E/R-T \otimes V-CDV$ . Cependant, on ne retiendra pas cette proposition car cela nécessite
  - o De distinguer 3 ou 4 niveaux de sensibilité (vis-à-vis d'une attaque chimique) au lieu d'une approche binaire (implicite actuellement),
  - o De combiner cette sensibilité avec l'agressivité de l'effluent pour évaluer une cinétique de dégradation.
- Christol (2007) propose également d'ajouter un critère concernant le surcoût d'une réduction de la durée de vie de la conduite par la corrosion extérieure : cependant cette idée n'est pas retenue étant donné la faible proportion de conduites métalliques en assainissement.

### 3.5. Synthèse des problèmes identifiés

Tableau 3.17 : Synthèse des problèmes identifiés

N°	Problèmes identifiés	Critère(s) concerné(s)
1	Le risque d'ensablement peut être apprécié avec deux indicateurs complémentaires : ENS4 (lié à l'état de santé) et ENS9 (lié à la structure du réseau et aux aléas externes) => cette révision est proposée et justifiée (paragraphe 4.2 Causes d'ensablement p. 38)	R/TRA2/ENS, R/CXR1/ENS, R/POL6/DEV-ENS, R/POL8/DEB/ENS, R/PON3/DEB/ENS, R/NUH3/DEB/ENS
2	EFF4 est à revoir car sa formulation (EFF4 = DS8⊗ATC7⊗ABR4⊗EFF4) est complexe et l'influence de RAC4 et ABR4 est faible.	R/DOB1/EFF, R/TRA1/EFF,
3	<i>Formulation risque incomplète</i> Intensité non présente dans la formulation, concerne les débordements	R/NUH4/DEB/BOU, R/NUH5/DEB-TP/HYD, R/NUH1/DEB-TP/HYD, R/POL7/DEB-TP/HYD, R/PON2/DEB-TP/HYD, R/POL9/DEB/BOU, R/PON4/DEB/BOU, R/NUH2/DEB/BOU
4	<i>Formulation risque incomplète</i> Intensité non présente dans la formulation, concerne l'effondrement	R/DOB1/EFF, R/TRA1/EFF
5	<i>Formulation risque incomplète</i> Intensité non présente dans la formulation, concerne l'exfiltration	R/PON1/EXF
6	Manipulation des vulnérabilités complexe car elles doivent être renseignées tronçons par tronçon	<i>Vulnérabilités</i> : V-SN-PON, V-CDV, V-URB-TRA, V-URB-NUH et V-URB-DOB-EFF
7	Opérateur à revoir ? Tableau 116 p 295 : ENS4⊗ENS3 à changer en Min ?	R/POL6/DEV-ENS
8	Opérateur à revoir ? Tableau 115 p 294 : opérateur ENS4⊗Max(ENS3,HYD2) à revoir et ENS4 remplacé par ENS1	R/POL8/DEB/ENS, R/PON3/DEB/ENS, R/NUH3/DEB/ENS, R/POL5/DEV/ENS
9	Opérateur à revoir ? Tableau 121 p 310 : BOU4⊗Max(BOU3,HYD2) à revoir	R/POL9/DEB/BOU, R/PON4/DEB/BOU, R/NUH2/DEB/BOU, R/POL4/DEV/BOU
10	Opérateur à revoir ? Pertinence de BOU3⊗HYD2 à étudier (Max adapté ?)	R/NUH4/DEB/BOU, R/POL9/DEB/BOU, R/PON4/DEB/BOU, R/NUH2/DEB/BOU, R/POL4/DEV/BOU
11	Opérateur à revoir ? DOB1⊗EXF8 : à changer en MIN (approche diagnostic) ?	R/DOB2/EXF
12	Opérateur à revoir ? Opérateur ENS3⊗HYD2 à étudier (pertinence de Max ?)	R/POL5/DEV/ENS
13	Indicateurs à revoir ? DSC5 à revoir (tableau 129 p. 325) → opérateur synergie ? DSC6 à revoir (tableau 130 p. 326) → opérateur synergie ? HYD1 à revoir → inclure l'EXfiltration ?	R/CDV1/DSC

Les critères suivants n'ont pas de problèmes identifiés : R/CXR2/BOU, R/TRA3/BOU, R/CXS1/INF, R/CXR3/INF, R/POL3/DEV-TP/HYD, R/CDV2/ATC, R/CDV3/ATC, R/CDV4/ABR.

Les cases grisées du tableau (problèmes 7 à 13) n'ont pas pu être discutés lors de la réunion du 26 mars 2008. Ces problèmes seront donc traités ultérieurement.

## 4. Propositions de variantes aux critères RERAU et perspectives

Ce chapitre est issu principalement de la réunion du 26 mars, il entend fournir des solutions aux problèmes énoncés dans le paragraphe 3.5 page 37.

### 4.1. Définition des 4 états

Dans le cadre de la tâche T1, une définition de chaque état a été établie en concertation avec l'ensemble des partenaires et gestionnaires. Les définitions établies sont les suivantes :

- État D4 : « Situation intolérable quel que soit le contexte, nécessitant une action »
- État D3 : « Situation grave nécessitant une action mais à prioriser »
- État D2 : « Situation peu grave, tronçon à surveiller »
- État D1 : « Peu ou pas de dysfonctionnement constaté »

### 4.2. Causes d'ensablement

Actuellement, le guide méthodologique RERAU considère les causes d'ensablement dues à l'état de santé du réseau seulement. Cela signifie que si l'ensablement provient d'autres causes (telles qu'une confluence, défluence ou un changement de pente), le guide RERAU préconisera une réhabilitation inutile puisqu'elle ne diminuera pas ou peu le risque d'ensablement.

Nous proposons de réviser les formulations en lien avec l'ensablement en prenant en compte un nouvel indicateur ENS9 (Christol, 2007) qui permet d'examiner la présence ou non de facteurs d'ensablement autres que l'état de santé du tronçon :

- modalité 1 : il y a d'autres causes majeures de l'éventuel ensablement constaté (faible pente, confluence, défluence, changement de pente, etc.) ; cette situation atténue la nécessité de réhabiliter le tronçon (l'état de santé est un facteur aggravant : réhabiliter le tronçon ne réglera pas **totalem**ent le problème),
- ...
- modalité 4 : il n'y a pas d'autres facteurs d'ensablement identifiés ; cette situation **renforce** l'idée qu'une amélioration de l'état de santé serait utile pour réduire le problème d'ensablement.

Le Tableau 4.1 et la Figure 14 explicitent les modifications proposées.

**Tableau 4.1 : Opérateur envisagé pour l'évaluation de l'indicateur ENS10**

	ENS4-E/O-T	1	2	3	4
<b>ENS9</b>					
Risque d'ensablement dû au réseau					
1 - d'autres causes majeures de l'éventuel ensablement constaté		1	1	2-	2+
2 - d'autres causes possibles de l'éventuel ensablement constaté		1	1	2	3
3 - d'autres causes « mineures » de l'éventuel ensablement constaté		1	2	3+	4
4 – pas d'autres causes identifiées		1	2+	4	4

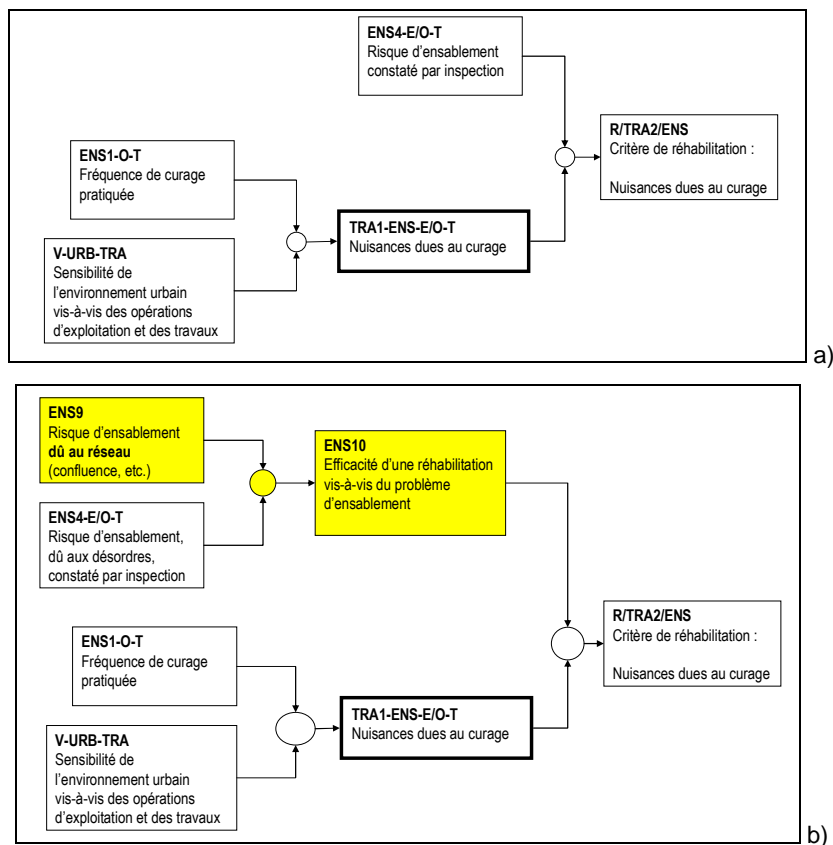
**Tableau 4.2 : Opérateur envisagé pour l'évaluation de l'indicateur ENS9**

Nombre de facteurs aggravants (cf. page 15)	0	1	2 ou plus
<b>Vitesse<sup>4</sup> (ou pente)</b>			
1 – Vitesse très faible / pente très faible (≤ 0.002 m.p.m.)	2	1	1
2 – Vitesse faible / pente faible (0.002 à 0.008 m.p.m.)	3	2	1
3 – Vitesse moyenne à forte / pente moyenne à forte (≥ 0.008 m.p.m.)	4	3	2

Dans la construction des tableaux ci-dessus, si aucune étude n'est menée pour renseigner les facteurs aggravants :

- une pente très faible conduit à réduire la justification d'une réhabilitation (ENS9=2 Tableau 4.1),
- une pente faible conduit à un indicateur neutre par rapport à ENS4 (ENS9=3 Tableau 4.1).

La modification de ENS4 en ENS10 = ENS9 ⊗ ENS4 s'applique à l'ensemble des critères utilisant ENS4, soit les critères : R/POL5/DEV/ENS, R/POL6/DEV/ENS, R/POL8/DEB/ENS, R/PON3/DEB/ENS, R/NUH3/DEB/ENS, R/CXR1/ENS et R/TRA2/ENS,



**Figure 14 : a) Formulation initiale et b) révision du critère R/TRA2/ENS (nuisances dues au curage).**

<sup>4</sup> La vitesse est le facteur prépondérant d'ensablement et elle ne dépend pas uniquement de la pente, cependant la pente est une donnée en général connue du gestionnaire.

Ce critère mesure la pertinence d'une réhabilitation du tronçon afin de supprimer des nuisances dues au curage fréquent dans un environnement sensible (TRA1). La réhabilitation est pertinente s'il y a conjonction (opérateur min) d'un impact et d'un état de santé expliquant l'ensablement anormal.

### 4.3. Indicateur EFF4-C-T : « Tendence d'évolution de l'intégrité structurale »

L'évaluation de la tendance d'évolution (EFF4) repose sur l'exploitation des indicateurs de dysfonctionnement relatifs aux différents processus de vieillissement et d'endommagement de la conduite (Figure 15), indicateurs évalués après investigation :

- DSC8-C-T : dégradation du complexe sol-conduite
- ATC7-O-T : dégradation par attaque chimique
- RAC4-O-T : dégradation par intrusion de racines
- ABR4-O-T : dégradation par abrasion

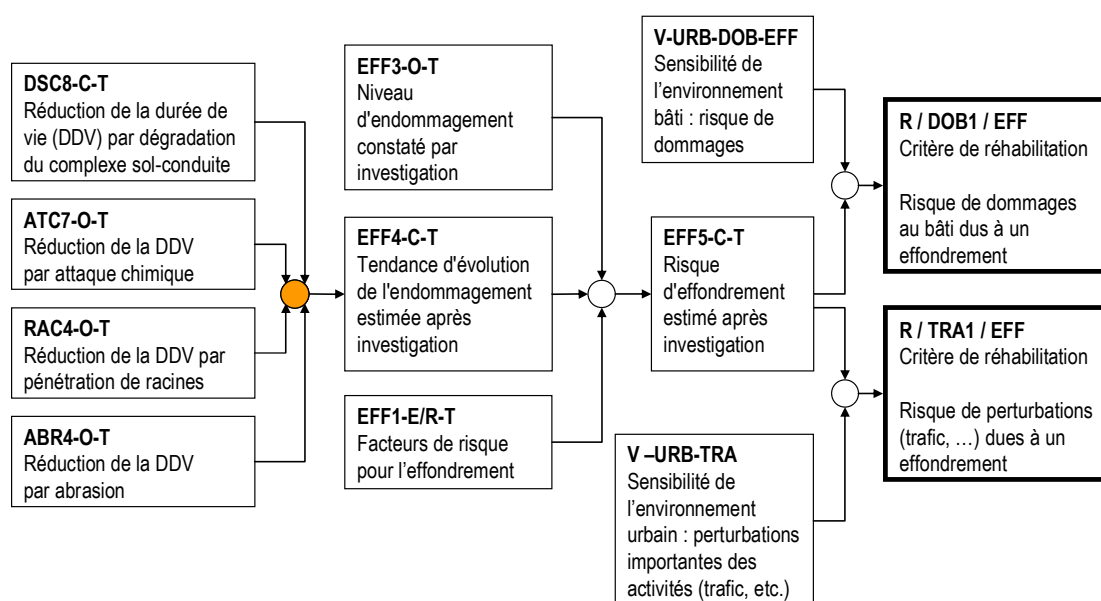


Figure 15 : Construction de l'indicateur EFF4 (critères R/DOB1/EFF et R/TRA1/EFF)

Le Tableau 4.3 (issu du guide méthodologique RERAU) propose une forme de synthèse de ces quatre indicateurs.

Tableau 4.3 : Opérateur pour l'évaluation de l'indicateur EFF4-C-T

DSC8	ATC7	RAC4	ABR4	EFF4-C-T
3 ou 4	3 ou 4			4
3 ou 4	< 3	3 ou 4	3 ou 4	3
< 3	3 ou 4	3 ou 4	3 ou 4	3
< 3	< 3	4	4	2
autres cas :				1

Cet opérateur est à revoir car son évaluation est complexe, et de plus l'influence de RAC4 et de ABR4 est faible.

**Après révision**, l'indicateur ABR4 a été supprimé et EFF4 est donc basé sur une synergie des indicateurs DSC8⊗ATC7⊗RAC4. La Figure 16 propose le nouveau mode d'évaluation d'EFF4.

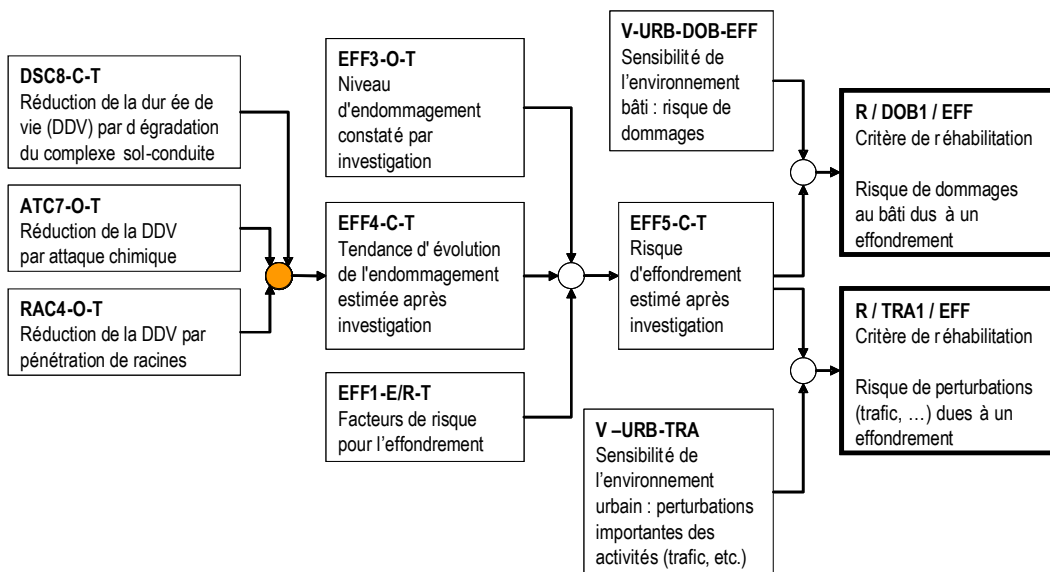


Figure 16 : Nouvel indicateur EFF4 (critères R/DOB1/EFF et R/TRA1/EFF)

L'opérateur pour l'évaluation de l'indicateur EFF4-C-T est proposé ci-dessous :

$$EFF4-C-T \left\{ \begin{array}{l} 4 \text{ si au moins 2 indicateurs valent } 3 \\ \text{sinon } \text{Max}(DSC8 \otimes ATC7 \otimes RAC4) \end{array} \right\} \quad [4.1]$$

#### 4.4. Formulation risque incomplète (débordements)

Concernant les critères R/NUH4/DEB/BOU, R/NUH5/DEB-TP/HYD, R/NUH1/DEB-TP/HYD, R/POL7/DEB-TP/HYD, R/PON2/DEB-TP/HYD, R/POL9/DEB/BOU, R/PON4/DEB/BOU et R/NUH2/DEB/BOU, l'étude de leur formulation selon une approche risque montre que l'intensité de la perturbation n'est pas présente. Un indicateur « Intensité de la perturbation » a donc été ajouté à chaque critère, comme le montre la Figure 17.

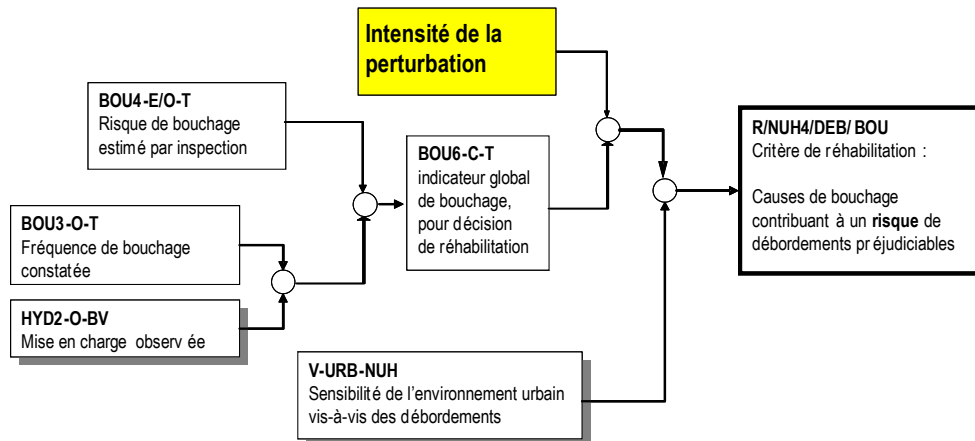


Figure 17 : Nouvelle formulation du critère R/NUH4/DEB/BOU

L'intensité de la perturbation est évaluée selon 4 niveaux d'intensité : faible, moyenne, forte ou inconnue. Cette intensité, concernant les risques de débordement, dépendra principalement de la nature de l'effluent (eaux usées, eaux pluviales, réseau unitaire). Il a été décidé de ne pas prendre en compte le débit dans le tronçon car cela nécessiterait de prendre également en compte le délai de réparation.

#### 4.5. Formulation risque incomplète (effondrement)

Concernant les critères R/DOB1/EFF et R/TRA1/EFF, l'étude de leur formulation selon une approche risque montre que l'intensité de la perturbation n'est pas présente. Un indicateur « Intensité de la perturbation » a donc été ajouté à chaque critère, selon le même principe que précédemment (Figure 17).

L'intensité de la perturbation est évaluée selon 4 niveaux d'intensité : faible, moyenne, forte ou inconnue. Cette intensité, concernant les risques d'effondrement, dépendra du diamètre de la canalisation et de la durée de la perturbation. Il a été décidé de ne pas prendre en compte la profondeur de la canalisation car elle est incluse dans la vulnérabilité V-URB-TRA et dans l'estimation de la durée de la perturbation.

#### 4.6. Formulation risque incomplète (exfiltration)

Concernant le critère R/PON1/EXF, l'étude de sa formulation selon une approche risque montre que l'intensité de la perturbation n'est pas présente. Un indicateur « Intensité de la perturbation » a donc été ajouté à chaque critère, selon le même principe que précédemment (Figure 17).

L'intensité de la perturbation est évaluée selon 4 niveaux d'intensité : faible, moyenne, forte ou inconnue. Cette intensité, concernant les risques d'exfiltration, dépendra du risque de transit d'effluent dangereux (industriel, etc.) et de la nature du réseau (eaux usées, eaux pluviales, réseau unitaire).

#### 4.7. Évaluation des vulnérabilités

Le principe d'attribuer un ensemble de vulnérabilités en fonction de l'activité de surface a été validé par les membres. La définition des niveaux de vulnérabilité se fera dans la tâche T8. Un tableau du type de celui proposé ci-dessous devra être rempli.

**Tableau 4.4 : Exemple de proposition type d'attribution des vulnérabilités en fonction de l'activité de surface, tableau basé sur SCRAPS (Merrill et al., 2004). H : High, M : Moderate, L : Low**

	V-STEP-INF	V-ES-POL	V-SN-PON	V-CXR-ENS	V-CXR-BOU	V-CXR-INF	V-CXS-INF	V-CDV	V-URB-TRA	V-URB-NUUH	V-URB-DOB-EXF	V-URB-DOB-EFF	
Critical Services	Non adaptée car conséquences délocalisées par rapport au tronçon	-	-	-	-	-	-	-	H	VH			
Critical points (accès souterrain)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	VH		
Freeway		-	-	-	-	-	-	-	-	H	H		
Train Yard		-	-	-	-	-	-	-	-	H	H		
Heavy Use Arterial		-	-	-	-	-	-	-	-	H	H		
Under Building		-	-	-	-	-	-	-	-	L	-		
Business District		-	-	-	-	-	-	-	-	H	H		
Commercial District		-	-	-	-	-	-	-	-	H	H		
Industrial District		-	-	-	-	-	-	-	-	H	H		
High density residential		-	-	-	-	-	-	-	-	H	H		
Moderate density residential		-	-	-	-	-	-	-	-	M	H		
Rural et Péri-urbain		-	M	-	-	-	-	-	-	L	M		
Water Supply		-	H	-	-	-	-	-	-	L	H		
Recreation		-	-	-	-	-	-	-	-	L	M		
Sensitive Habitat		-	-	-	-	-	-	-	-	L	-		
Autres		-	-	-	-	-	-	-	-	L	L		

## 5. Modèle(s) de synthèse multicritère

Quatre méthodes de synthèse multicritère ont fait l'objet de tests initiaux (Poulard & Ranc, 2008). Ces méthodes ont été pré-sélectionnées pour leur adéquation avec la problématique de synthèse multicritère des besoins en réhabilitation des réseaux, c'est-à-dire notamment

- utilisation d'une échelle ordinale allant de G1 à G4 ;
- hiérarchisation des tronçons en vue de déterminer lesquels doivent être réhabilités ;
- gestion d'un nombre conséquent de tronçons.

Les quatre méthodes sont :

- la méthode des Dominances (Rebai et al., 2006),
- la méthode de la Médiane pondérée (Engemann et al., 1995),
- la méthode des seuils (une méthode simplifiée)
- et la méthode Electre tri (Yu, 1992) déjà utilisée pour le cas des programmes de réhabilitation des réseaux d'eau potable (Le Gauffre et al., 2007, 2008).

Ces méthodes ont été comparées selon différents critères afin d'évaluer la pertinence de chaque méthode ainsi que son utilisation possible par des gestionnaires.

Nous avons éliminé la méthode des dominances, trop complexe et peu explicite, et la médiane pondérée, trop réductrice.

L'objectif initial était de choisir une méthode et de l'implémenter dans un prototype informatique, cependant, en accord avec les gestionnaires, nous avons retenu deux méthodes : la méthode ELECTRE Tri et la méthode des seuils.

La méthode ELECTRE Tri a été simplifiée, c'est-à-dire que certains paramètres ont été prédéfinies de manière permanente afin de simplifier l'utilisation ; ces paramètres n'ont pas été jugés utiles au vu de l'objectif opérationnel de hiérarchisation des tronçons. La méthode ELECTRE Tri simplifiée que nous proposons apporte tout de même une richesse de paramétrage et permet de mieux contrôler les hiérarchisations des tronçons.

La méthode des seuils est une méthode très simple à 2 paramètres, sa simplicité la rend très facilement appréhendable et elle répond aux objectifs de hiérarchisation puisqu'il est possible de contrôler le nombre de tronçons à hiérarchiser.

### 5.1. Adaptation et mise en œuvre de la méthode ELECTRE Tri

Concernant la formulation du processus de définition des priorités de réhabilitation nous avons donc proposé de retenir une représentation fondée sur la méthode ELECTRE Tri conçue par le LAMSADE (Yu, 1992).

Le processus de décision est vu comme un processus d'affectation des tronçons vers trois niveaux de priorité :

A – niveau de priorité le plus fort, B – niveau de priorité intermédiaire, C – niveau de priorité faible. La méthode ELECTRE Tri est mise en œuvre avec deux actions (ou profils) de référence servant de frontières entre les trois niveaux de priorité A, B et C.

La méthode ELECTRE Tri offre deux procédures de tri (dites optimiste et pessimiste). L'utilisation conjointe de ces deux procédures conduit à affecter les tronçons étudiés au sein de 6 catégories :

- A : lorsque les 2 procédures fournissent la même conclusion A ;
- AB : lorsque les 2 procédures fournissent les 2 conclusions A et B ;
- AC : lorsque les 2 procédures fournissent les 2 conclusions A et C ;
- B : lorsque les 2 procédures fournissent la même conclusion B ;
- BC : lorsque les 2 procédures fournissent les 2 conclusions B et C ;
- C : lorsque les 2 procédures fournissent la même conclusion C ;

La comparaison du profil multicritère d'un tronçon *a* avec les 2 références *b1* et *b2* (suivant les 2 procédures optimiste et pessimiste) permet d'affecter le tronçon dans l'une des 6 catégories.

Les comparaisons sont fondées sur le calcul d'un indice de concordance : mesure de l'accord avec la proposition « *a* est au moins aussi bonne que *b* » (notée aSb). On note  $c_i(a,b)$  l'indice de concordance mesurant l'accord du critère  $g_i$  (cf. figure 5-1) et  $C(a,b)$  l'indice de concordance global, moyenne des  $c_i(a,b)$  pondérés par les poids  $w_i$  des critères  $g_i$ .

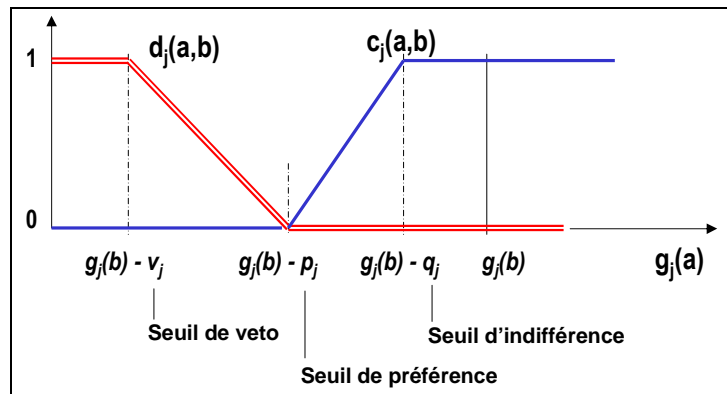


Figure 5-1. Seuils d'indifférence, de préférence, de veto ; indices de concordance et de discordance

La méthode ELECTRE Tri est mise en œuvre avec les adaptations et simplifications suivantes :

- 1 – l'échelle ordinaire G1/G2/G3/G4 commune aux critères RERAU est transformée en une échelle cardinale (par exemple 0/15/30/40) unique et commune à tous les critères ;
- 2 – nous utilisons la notion de pseudo-critères mais en ne retenant que la notion de seuil de préférence (seuil d'indifférence nul et seuil de veto infini) ; ne sont donc calculés que des indices de concordance (cf. ci-dessous) (indices de discordance nuls) ;
- 3 – le seuil de préférence est identique pour tous les critères ;

La figure ci-dessous expose un exemple avec 5 critères  $g_i$ , un seuil de préférence  $p = 10$ , et un profil de référence  $b_2$  tel que  $g_i(b_2) = v(G_3) + p/4 = 30 + p/4$ , et le profil d'une action  $a$  à comparer à l'action  $b = b_2$ .

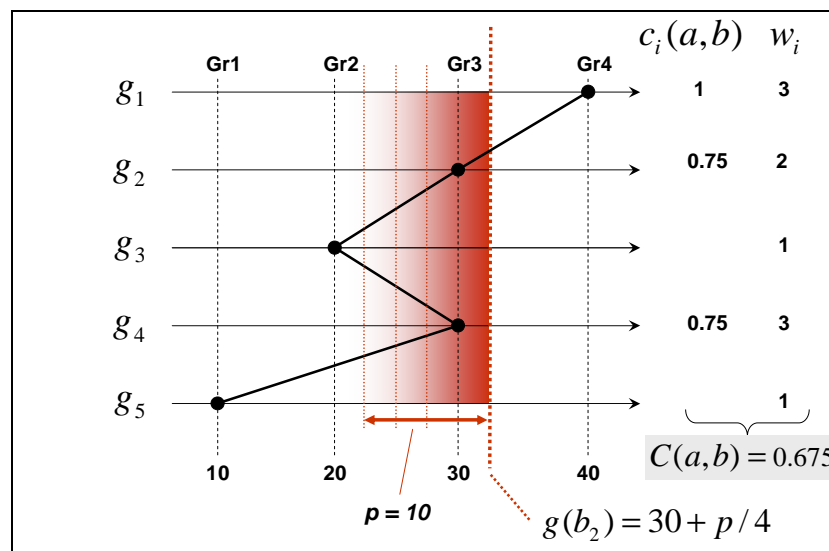


Figure 5-2. Illustration du calcul de l'indice de concordance global  $C(a,b)$

Sur cet exemple, la conclusion de la comparaison effectuée selon le critère  $g_1$  est pleinement en accord avec la proposition aSb :  $c_1(a,b) = 1$ . La conclusion de la comparaison effectuée selon le critère  $g_2$  est

partiellement en accord avec la proposition aSb :  $c_2(a,b) = 0.75$ , car la valeur  $g_2(a)$  est légèrement inférieure à la référence. La conclusion de la comparaison effectuée selon le critère  $g_3$  n'est pas en accord avec la proposition aSb :  $c_3(a,b) = 0$ . Globalement, la conclusion aSb obtient un indice de concordance global  $C(a,b) = 0.675$  (compte tenu des poids  $w_i$ ). L'obtention d'une conclusion précise (oui/non) est obtenue par défuzzification au moyen d'un seuil de coupe noté  $\lambda$ . Pour  $\lambda = 0.6$  la proposition aSb est validée.

La comparaison du profil multicritère d'un tronçon avec deux profils de référence, délimitant les priorités A, B et C, peut aboutir aux six cas de figures déjà évoqués plus haut et qui sont schématisés ci-dessous.

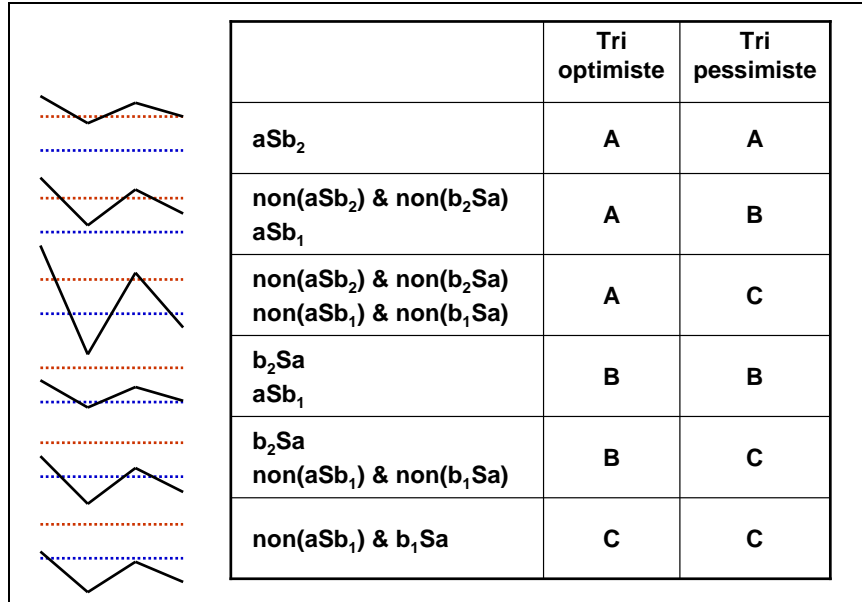


Figure 5-3. Les six résultats possibles d'une comparaison du profil multicritère d'un tronçon avec deux profils de référence.

## 5.2. Proposition d'une méthode simplifiée : la méthode des seuils

Cette méthode peut être considérée comme une alternative ou un complément de la méthode ELECTRE Tri.

On synthétise les évaluations du tronçon  $a_i$  sur les  $nc$  critères par les termes :

$$M_{ik} = \sum_{j=1}^{nc} w_j m_{ijk} \quad \text{avec : } m_{ijk} = 1 \text{ si } g_j(a_i) = Gk, m_{ijk} = 0 \text{ sinon.}$$

La définition du niveau de priorité repose alors sur la comparaison des termes  $M_{i4}$  (poids des critères en gravité G4) et  $(M_{i4} + M_{i3})$  (poids des critères en gravité G3 ou G4) avec deux paramètres : les seuils  $\alpha$  et  $\beta$ .

**Tableau 5-1. Expression de la méthode des seuils**

Niveau de priorité	Conditions
Rouge	$M_{i4} \geq \alpha$ , ou bien : $(M_{i4} + M_{i3}) \geq \beta$ , avec $\beta \geq \alpha$
Orange	$(M_{i4} + M_{i3}) \geq \alpha$
Vert	Sinon

Les deux seuils  $\alpha$  et  $\beta$  peuvent être utilisés comme des paramètres de contrôle des effectifs des trois catégories. La figure ci-dessous montre que la valeur du paramètre  $\alpha$  détermine l'effectif en vert tandis que le paramètre  $\beta$  détermine les proportions relatives entre les deux ensembles « tronçons en rouge » et « tronçons en orange ».

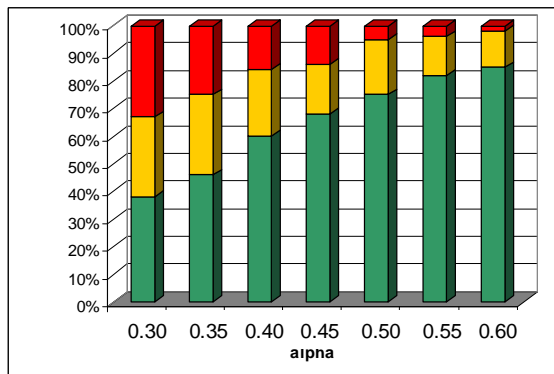


Fig 3a. L'augmentation de  $\alpha$  diminue le nombre de tronçons prioritaires (en rouge ou orange)

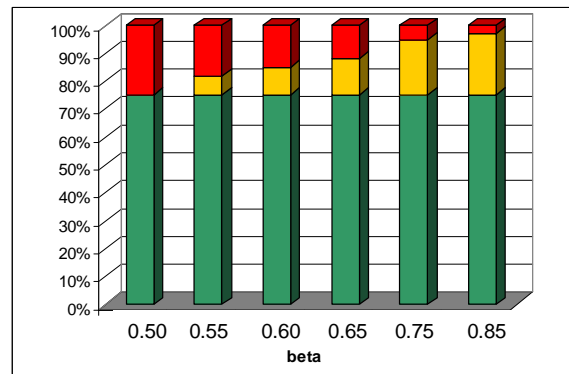


Fig 3b. L'augmentation de  $\beta$  ( $\alpha$  fixé) diminue l'effectif rouge au profit de l'effectif orange.

**Figure 5-4. Utilisation des seuils  $\alpha$  et  $\beta$  comme paramètres de contrôle des effectifs.**

## **6. Perspectives**

A l'issue de ce rapport, plusieurs perspectives de recherches sont envisagées.

### **6.1.1. Compléter la consolidation de la méthode RERAU**

Bien que des améliorations majeures aient été proposées, il reste des problèmes en suspens (cases grisées du tableau du paragraphe 3.5 page 37). Ces problèmes n'ont pu être discutés avec les experts par faute de temps et seront traités ultérieurement.

L'évaluation des vulnérabilités en fonction de l'activité de surface (Tableau 4.4 page 43) fait en partie l'objet de la tâche T8 « Évaluation des impacts en fonction des vulnérabilités ».

### **6.1.2. Fiabiliser le classement des tronçons en prenant en compte l'imperfection de la mesure de l'état**

Des études récentes ont montré que les données utilisées pour évaluer les indicateurs ne sont pas toujours complètement fiables ; que ce soit dans le cadre d'inspections télévisées (Dirksen *et al.*, 2007) ou encore par exemple de mesure de débits dans les réseaux (Bonakdari *et al.*, 2007). Cela nécessite bien évidemment de fiabiliser ces données, dans la mesure du possible, mais cela signifie également que le classement des tronçons selon les 4 états de dégradation, doit pouvoir prendre en compte ces imperfections.

Le travail de fiabilisation des données structurelles issues d'ITV fait l'objet de la tâche T3 « Méthodologie d'évaluation des outils d'appréciation de l'état de santé ». Et de manière plus générale, le travail de prise en compte des imperfections associées aux indicateurs fait l'objet de la tâche T9 « Modèles pour l'évaluation et la fusion d'indicateurs incomplets / incertains / imprécis ».

### **6.1.3. Approche multicritère lors de la définition des priorités de réhabilitation**

Actuellement, un grand nombre de collectivités définit ses priorités de réhabilitation quasi-exclusivement en fonction des résultats des inspections télévisées. Le projet RERAU et sa suite avec INDIGAU a montré la nécessité et l'intérêt d'utiliser des données sur l'environnement des conduites. Le présent travail a permis de proposer des outils opérationnels pour croiser ces informations. Il s'agit maintenant pour les collectivités d'évoluer pour : mettre en place la collecte des informations d'environnement et / ou connecter les informations d'environnement existantes avec les résultats d'inspections télévisées.

La mise en place progressive des outils au sein des collectivités partenaires de RERAU puis d'INDIGAU devrait favoriser la mise au point de bases de données de qualité en vue d'une exploitation multicritère.

### **6.1.4. Gestion des incomplétudes dans les bases de données**

Les délais de finalisation des outils ne nous ont pas permis d'étudier en détail les problèmes d'incomplétudes dans les données et donc de proposer des solutions pour prendre en compte ces incomplétudes. Les pistes actuellement explorées vis-à-vis des données incomplètes sont :

- de considérer un indicateur non calculable si cet indicateur est renseigné pour moins de X % des tronçons,
- d'auto-compléter certains indicateurs lorsqu'ils ne sont pas renseignés soit en considérant qu'aucun renseignement signifie aucun problème identifié (gravité 1), soit l'inverse, le choix dépendant de l'indicateur étudié,
- d'ajouter plus systématiquement des tableaux de croisement des indicateurs une colonne ou une ligne « ? » qui donnerait le résultat du croisement de deux indicateurs lorsqu'un des deux indicateurs est inconnu.

### **6.1.5. Quid du type de réhabilitation ?**

Après attribution d'un état de dégradation à chaque tronçon et identification des tronçons à réhabiliter, il est nécessaire de déterminer le type de réhabilitation à mettre en place. La réhabilitation pourra être ponctuelle (à l'aide d'un robot multifonctions par exemple), linéaire (par exemple par chemisage partiel ou continu) ou totale (dépose et remplacement de la canalisation existante). Le type de réhabilitation dépend de l'état de dégradation de la canalisation et du type de dégradation. L'attribution d'un type de réhabilitation à un tronçon ne fait pas l'objet du projet INDIGAU, il devra être considéré ultérieurement.

## 7. Bibliographie

- ATV-DVWK (1999) - Merkblatt M149 – Zustandsklassifizierung and Zustandsbewertung von Abwasserkanälen und –leitungen. GFA, Hennef (D)
- Bachoc A. (1992) Location and general characteristics of sediment deposits into man-entry sewers. *Water Science and technology*, 25(8), 47-55.
- Bertrand-Krajewski J., Baer E., Cardoso M., de Bénédictis J., Ellis B., Franz T., Frehmann T., Giulianelli M., Gujer W., Karpf C., Kohout D., Kracht O., Krebs P., Metelka T., Pliska Z., Pollert J., Prigiobbe V., Princ I., Pryl K., Revitt M., Rieckermann J., Rutsch M. and Vanecek S. (2005) Assessing Infiltration and Exfiltration on the Performance of Urban Sewer Systems – APUSS Final report, 51 p.
- Bölke K.-P., Ertl T. (2007) – kritische Betrachtung der Zustandsbewertung von TV-Inspektionen nach EN 13508-2, *Wiener Mitteilungen (2007) Band 203, S.C1-19*, ISIG, Universität für Bodenkultur, Wien (AUT)
- Bonakdari H., Larrarte F., Joannis C. and Levacher D. (2007). Une méthodologie d'aide à l'instrumentation en réseaux d'assainissement. 25e rencontre de l'AUGC (Association Universitaire du Génie Civil), Université de Bordeaux. Actes sur CD-ROM, 6p.
- BVBS,BV - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bundesministerium der Verteidigung (2007) – Arbeitshilfen Abwasser, 1037p.(www.arbeitshilfen-abwasser.de)
- Christol J. (2007) Critère pour la réhabilitation des réseaux d'assainissement urbains : analyse critique de la formulation. Master Mega – spécialité Génie civil. Juin 2007. 103 p
- Cousquer Y., Dumont J., Hanus F., Lavoux T. and Prime J. (2005) Les indicateurs de performance appliqués aux services publics de l'eau et de l'assainissement - Constats et propositions, CGPC-CGREF-IGE, 178 p.
- De Bénédictis, Jérôme. (2005) Mesurage de l'infiltration et de l'exfiltration dans les réseaux d'assainissement, Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2004, 316 p.
- Dirksen J., Goldina A., ten Veldhuis J. A. E. and Clemens F. H. L. R. (2007) The role of uncertainty in urban drainage decisions: uncertainty in inspection data and their impact on rehabilitation decisions. LESAM 2007 – 2nd Leading-edge conf. on Strategic Asset management. IWA (Int. Water Assoc.) & LNEC, Lisbon (P), 17-19 October 2007. Proceedings on CD-Rom.
- Dorchies, D. (2005) - Etude de l'applicabilité de l'outil d'aide à la décision RERAU pour la réhabilitation des réseaux d'assainissement sur l'inventaire du département du Bas-Rhin, Mémoire de fin d'études, ENGEES Strasbourg, UMR Gestion des Services Publics, 62 p.
- DWA (2006a) - Merkblatt M149-2 – Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen ausserhalb von Gebäude. Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion,Hennef (D)
- DWA (2006b) - Merkblatt M149-3 – Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen ausserhalb von Gebäude. Teil 3: Zustandsklassifizierung und -bewertung.
- Engemann K. J., Miller H. E., Yager R. R. (1995) Decision making using the weighted median applied to risk management. Technical report, Iona college, New Rochelle, NY, 1995, p 9 à 13.
- Gérard, C. (1999) Aide au diagnostic des réseaux d'assainissement : analyse et modélisation des relations entre la structure du réseau et les risques d'envasement, thèse de doctorat, Institut Nationale des Sciences Appliquées de Lyon, 270 p. + annexes.
- Guérin-Schneider, L. (2001) Introduire la mesure de performance dans la régulation des services d'eau et d'assainissement en France - Instrumentation et organisation, thèse de doctorat, Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts, 447 p.
- ISYBAU (2006) -An passung an die DINEN 13508-2 und Fortschreibung der Spezifikationen zum Datenaustausch, Zustandsklassifizierung und -bewertung.
- Kubik J., Hlavinek P., Prax P., Sulcova V. and Ugarelli R. (2005). CARE-S report D10 - WP3 – Modellind hydraulic performance, conclusive report. Technical report, 78 p.

- Le Gauffre P., Joannis C., Breyse D., Gibello C. and Desmulliez J.J. (2004). Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement urbains. Guide méthodologique. Paris, Lavoisier Tec&Doc, 416 p., ISBN 27430-0748-6.
- Le Gauffre, P., Haidar, H., & D. Poinard. (2008) Assessing the benefits of rehabilitation programs defined with the CARE-W decision support system. *Water asset management international*. 4(1), 15-18.
- Le Gauffre, P., Haidar, H., Poinard, D., Laffrechine, K., Baur, R. and Schiatti M. (2007). A multicriteria decision support methodology for annual rehabilitation programs of water networks. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 22(7) 478-488.
- Matos R., Cardoso A., Ashley R., Duarte P., Molinari, A. et Schulz A. (2003a) Performance indicators for wastewater services. Hardback. IWA Publishing, 192 p.
- Matos R., Cardoso M. A., Pinheiro I. and Almeida M. d. C. (2003b). CARE-S report D1 - WP1 - Construction of a control panel of performance indicators for rehabilitation - Report No. 1 Selection of a listing of Performance Indicators for Rehabilitation. Technical report, National Civil Engineering Laboratory (LNEC), 204 p.
- MEDD (2007) Décret n°2007-675 du 2 mai 2007 pris pour l'application de l'article L. 2224-5 et modifiant les annexes V et VI du code général des collectivités territoriales, Ministère de l'écologie et du développement durable, mai, 4 p.
- Merrill S., Lukas A., Palmer R. N. and Hahn M. A. (2004). Development of a tool to prioritize sewer inspections. Technical report, Werf, 123 p.
- Rebai A., Aouni B., Martel J-M. (2006) A multi-attribute method for choosing among potential alternatives with ordinal evaluation. *European Journal of operational research*, 174(1) 360 – 373.
- Rivet F., Bourguin B., Rodiere B., Marache A. and Maronne G. (2006) Etude des impacts des variations de la nappe phréatique sur le réseau d'assainissement, Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur 2006, 27-29 juin 2006, Lyon, 8 p.
- Saegrov S. (2006). Computer Aided Rehabilitation of Sewer and Storm Water Networks - CARE-S, IWA Publishing, ISBN 1843391155, 160 p.
- Schulz, N. and Krebs, P. (2004). CARE-S report D9 - WP3 – Environmental impacts of rehabilitation. Technical report, 238 p.
- Thierry, P. (2007) Le projet RIVIERA « Risques en Ville : Equipements, Réseaux, Archéologie » : résultats, bilan et conclusions, 25e Rencontres Universitaires de Génie Civil, Bordeaux, 23 – 25 mai.
- Tira, M. (1997) Planificare la citta sicura. Editioni Libreria Dedalo, Roma, ISBN : 88-86599-13-7, 125 p.
- Torterotot, J. P., Rebelo, M., Wery, C. and Craveiro, J. (2005). Rehabilitation of water networks: analysis of the decision making processes, *Water Science and Technology: Water Supply*, 5(2), 23-30.
- Varnes, D. J. (1984) Hazard zonation: a review of principal and practice. Commission of landslide of IAEG, UNESCO, Natural Hazard, N°3, 61 P.
- Vollertsen, J. and König, A. (2005). CARE-S report D6 - WP2 – Structural condition - Model Testing and Evaluation. Technical report, 44 p.
- Wery C., Torterotot J. P., Sousa E Silva D., König A., Peirera A., and Montginoul M. (2005). CARE-S report D13 - WP5 – Rehabilitation impacts on socio-economic costs. Technical report, 171 p.
- Yu W. (1992) ELECTRE Tri. Aspects méthodologiques et manuel d'utilisation. LAMSADE. Université de Paris Dauphine. Paris, 80p.

## 8. Annexes

### 8.1. Annexe 1 : détail des apports du projet CARE-S

Tableau 8.1 : Liste d'indicateurs de performance proposée dans le cadre du projet CARE-S (rapport D1) et comparaison avec le PN RERAU, d'après (Christol, 2007)

Nous avons choisi de classer les indicateurs de CARE-S en deux catégories : (a), lorsqu'ils sont analogues à ceux existant dans RERAU, et (b), lorsque ces indicateurs permettraient, par benchmarking, de peser les enjeux et de pondérer les critères RERAU.					
Méthode CARE-S : indicateurs IWA (rapport D1)			Cat.	Indicateurs RERAU	
sigle	nom	unité		sigle	commentaire
Environmental indicators (sEn)					
Wastewater					
sEn1	overflow discharge frequency	No./overflow device/year	(b)	DEV4-TS-O-BV, fiche 54 ; DEV5-TP-O-BV, fiche 55	Les indicateurs CARE-S sEn1 et sEn2 et sEn3 permettraient de pondérer l'enjeu lié aux déversements de temps sec et de temps de pluie. Ils sont à rapprocher des indicateurs RERAU DEV4 et DEV5, mais l'échelle est différente.
sEn2	overflow discharge volume	m3/overflow device/year			
sEn3	Duration of overflow discharge	(hours)/overflow device/year	(b)		
sEn4	overflow discharge related to rainfall	%/year			
Sediments					
sEn5	Sediments from sewer	ton/km sewer/year			
Physical indicators (sPh)					
Sewer					
sPh1	Surcharging in gravity sewers in dry weather	%	(b)	HYD1-O-BV, fiche 39 ou HYD2-O-BV, fiche 40	La somme des 2 indicateurs CARE-S donne le pourcentage du réseau sur lequel une mise en charge a été observée. Le résultat de l'addition de ces indicateurs correspond à HYD1 ou HYD2. Ce pourcentage de réseau où sont observées les mises en charge permet d'identifier un enjeu. Les mises en charge sont la cause de débordements, déversements, et de dégradations du complexe sol-conduite.
sPh2	Surcharging in gravity sewers in wet weather	%	(b)		
sPh3	High sewer surcharging	%	(b)		Cet indicateur permet de cerner encore mieux la gravité de l'enjeu, puisqu'il donne le pourcentage de mises en charge « fortes », c'est-à-dire supérieures à 0,5m.

Méthode CARE-S : indicateurs IWA (rapport D1)			Cat.	Indicateurs RERAU	
sigle	nom	unité		sigle	commentaire
<b>Operationnal indicators (sOp)</b>					
<b>sewer cleaning</b>					
sOp1	sewer cleaning	%/year	(b)	ENS1-O-T, fiche 73	Fréquence de curage pratiquée sur le réseau. Permet d'identifier un enjeu lié aux coûts de curage du réseau.
<b>sewer rehabilitation</b>					
sOp2	sewer rehabilitation	%/year			Pas de correspondance.
- sOp3	sewer renovation	%/year			
- sOp4	sewer replacement or renewal	%/year			
sOp5	Manhole chambers replacement, renewal, renovation or repair	%/year			
sOp6	Service connection rehabilitation	%/year			
<b>Inflow / Infiltration / Exfiltration (I/I/E)</b>					
sOp7	Inflow / Infiltration / Exfiltration (I/I/E)	%			
sOp8	Inflow	m3/km/year	(b)		sOp8 est proche de l'indicateur INFa, mais sOp8 concerne les eaux parasites liées aux mauvais branchements et non les eaux d'infiltration. On pourrait créer un nouvel indicateur dans RERAU permettant de différencier les apports d'eaux parasites d'infiltration et les apports d'eau liés aux mauvais branchements.
sOp9	Infiltration	m3/km/year	(a)	INF1a-O-BV, fiche 1	sOp9*(nb.km de réseau) correspondrait à l'indicateur INF1a, le volume d'infiltration constaté à l'échelle du BV/an.
sOp10	Exfiltration	m3/km/year	(a)	EXF1-O-T, fiche 24	EXF1-O-T, fiche 24, est un indicateur du taux d'exfiltration à l'échelle du BV. sOp10 est analogue et peut être utilisé pour mesurer l'enjeu de l'exfiltration sur le réseau.
<b>Failures</b>					
sOp11	Sewer blockages	No./100km sewer/year	(b)	BOU3-O-T, fiche 98	Permet de donner un poids plus ou moins important aux problèmes de bouchages.
sOp12	Sewer blockages locations	No./100km sewer/year	(b)		Permet de déterminer les zones concernées par le bouchage. Cela pourrait servir d'indicateur à l'échelle du sous-bassin versant.

- sOp13	repeat sewer blockages locations	No./100km sewer/year	(b)		Permet d'avoir une indication sur les points critiques du réseau soumis à un fort problème de bouchage. L'échelle géographique est la même que pour l'indicateur précédent, mais la criticité est supérieure.
sOp14	Pumping station blockages	No./100km sewer/year			Pas de correspondance.
sOp15a	Flooding from sanitary sewers	No./100km sewer/year	(b)	DEB4-TS-O-BV, fiche 54 ; DEB5-TP-O-BV, fiche 55	Permet de déterminer l'enjeu lié aux débordements du réseau.
sOp15b	Flooding from combined sewers	No./100km sewer/year			
sOp16a	Flooding locations in sanitary sewers	No./100km sewer/year	(b)		Permet de déterminer si les débordements se produisent sur certains points critiques du réseau ou s'ils sont dispersés.
sOp16b	Flooding locations in combined sewers	No./100km sewer/year			
- sOp17a	Repeat flooding location in sanitary sewers		(b)		Permet de distinguer avec plus de précision la criticité des points où se produisent les débordements, en séparant les points où un seul s'est produit, et ceux où ils se répètent. Cette information n'était pas donnée par l'indicateur précédent sOp16.
- sOp17b	Repeat flooding location in combined sewers				
sOp18	Surface flooding	No./100km sewer/year			
sOp19	Sewer collapses	No./100km sewer/year	(b)		Permet de déterminer si l'effondrement est un problème courant sur le réseau, donc un enjeu important.
Méthode CARE-S : indicateurs IWA (rapport D1)			Cat.	Indicateurs RERAU	
sigle	nom	unité		sigle	commentaire
Quality of service indicators (sQS)					
Flooding					
sQS1a	Flooding affecting properties from sanitary sewers in dry weather	N°/1000 properties/year	(a)+(b)	NUH2-DEB-TS-E/O-BV, fiche 57	sQS1 et sQS2 peuvent être utilisés pour déterminer si les débordements sont un enjeu important en terme d'impact sur le milieu urbain. Cette criticité est évaluée par la fréquence de débordements pour "1000 propriétés". Ils sont analogues à NUH1 et NUH2, qui estiment les nuisances des débordements en fonction de la fréquence de débordement et de la vulnérabilité du milieu urbain.
sQS1b	Flooding affecting properties from combined sewers in dry weather	N°/1000 properties/year			
sQS2a	Flooding affecting properties from sanitary sewers in wet weather	N°/1000 properties/year	(a)+(b)	NUH1-DEB-TP-E/O-BV, fiche 56	

sQS2b	Flooding affecting properties from combined sewers in wet weather	N°/1000 properties/year			
sQS3	Surface water flooding of properties in wet weather	N°/1000 properties/year			Dans RERAU, les inondations liées aux débordements de rivières ne sont pas pris en compte.
Interruptions					
sQS4	Interruption of wastewater collection and transport services	%			
Complaints					
sQS5	Blockage complaints	N° /1000 inhab./year			La prise en compte des plaintes nécessite leur validation préalable. Une fois cette validation effectuée, elles constituent un indicateur d'impact. Il y a deux manières de prendre en compte les informations données par les indicateurs CARE-S : - Comptabiliser le nombre total de plaintes sur chaque indicateur afin de déterminer l'enjeu associé à chaque dysfonctionnement ; - Calculer un taux de plaintes par zone afin de déterminer les zones concernées par ces dysfonctionnements
sQS6	Flooding complaints	N° /1000 inhab./year			
sQS7	Pollution incidents complaints	N° /1000 inhab./year			
sQS8	Odour complaints				

Méthode CARE-S : indicateurs IWA (rapport D1)			Cat.	Indicateurs RERAU	
sigle	nom	unité		sigle	commentaire
<b>Economic and financial indicators (sFi)</b>					
<b>Costs</b>					
(*) sFi1	Unit total cost per length of sewer	€/km sewer/year	(b)		Le coût d'exploitation du réseau est un paramètre qui pourrait servir à l'échelle du sous-bassin versant, pour déterminer les zones où des réhabilitations permettraient de réduire ces coûts.
(*) sFi2	Unit running cost per length of sewer	€/km sewer/year			
(*) sFi3	<b>unit running cost for maintenance, cleaning and repair per length of sewer</b>	€/km sewer/year	(b)		<b>Bilan des coûts des interventions liées à l'ensablement et au bouchage. Il y a deux manières possibles d'utiliser cet indicateur :</b> - créer un vulnérabilité liée au coût d'intervention sur les tronçons, en fonction du diamètre de la conduite, de sa profondeur, des perturbation du réseau engendrées ; - déterminer la criticité des coûts de maintenance du réseau, en faisant un bilan des coûts par type d'intervention (curage, débouchage)
<b>Investment</b>					
(*) sFi4	Unit investment	€/km sewer/year			
sFi5	investments for new assets and reinforcement of existing assets	€/km sewer/year			
sFi6	investments for asset replacement and renovation	€/km sewer/year			
(*) Note that if these costs are referred to inhabitants, than this indicator shall be expressed in €/inhabitant/year					

Tableau 8.2 : Outils CARE-S (rapport D6), d'après (Christol, 2007)

MÉTHODE CARE-S		PN RERAU : APPORTS POSSIBLES DE LA MÉTHODE CARE-S
Modèle	Description	
CCTVCON	Conversion des résultats d'inspections télévisées, codage CEN.	Codage des résultats d'inspection
GOMPITZ	Prédiction de l'état futur des tronçons à partir des résultats d'inspection. Basé sur l'utilisation de fonctions de survie.	Estimation de l'état du tronçon en fonction des données existantes. Pourrait être utilisé pour estimer l'indicateur EDS-E-T
INFILTRATION / EXFILTRATION MODEL	Permet de déterminer un débit d'infiltration ou d'exfiltration théorique à l'échelle du tronçon. L'infiltration est calculée en fonction des défauts observés du tronçon, de la hauteur de nappe au-dessus du tronçon et de la perméabilité du sol. L'exfiltration est calculée en fonction de la hauteur d'eau dans la conduite, des défauts du tronçon et des épaisseur et conductivité de la couche de colmatage.	Permettrait une évaluation de l'infiltration théorique dans un tronçon, et de renseigner l'indicateur <u>INF3-O-T, fiche 3</u> , qui correspond au niveau d'infiltration dans le tronçon. Même constat pour <u>EXF3-O-T, fiche 26</u>
BLOCKAGE MODEL	Calcul d'une probabilité annuelle de blocage des tronçons, en fonction des caractéristiques des tronçons (Material, Wall thickness, Diameter, Length, Construction year, Pipe type (sewer, storm water or combined), Joint type, Slope and saggings, Pipe position in the network, Soil conditions, Proximity to trees (for root penetration)). NB : Le mode de calcul n'est pas expliqué dans le rapport D6.	Dans RERAU, les bouchages sont estimés en fonction de la fréquence de bouchage et des caractéristiques du tronçon. Le résultat obtenu dans CARE-S pourrait être un <u>complément à l'indicateur BOU3-O-T, fiche 98</u> , qui correspond à la fréquence de bouchage constatée. On pourrait également en faire un nouvel indicateur, qui correspondrait à l'évaluation du risque de bouchage.
LOAD MODEL	Calcul de la sollicitation de la conduite en fonction des charges extérieures, du sol, du tronçon	Utilisable pour <u>estimer une partie des facteurs de risque liés à l'effondrement (EFF1-E/R-T, fiche 150)</u> , notamment ceux liés aux surcharges.
EXTCORR	Calcul de la corrosion extérieure du tronçon	Pourrait donner lieu à la création d'un <u>nouveau dysfonctionnement</u> , qui n'a pas été pris en compte dans RERAU : la corrosion extérieure des tronçons. Le modèle permettrait d'évaluer un indicateur correspondant à la corrosion extérieure théorique des tronçons.
WATS INTERNAL CORROSION MODEL	Calcul de la corrosion intérieure du tronçon, simulation des attaques H2S...	Estimation des attaques chimiques des tronçons. Ce résultat pourrait être utilisé pour <u>estimer l'indicateur de priorisation des inspections ATC3-C-T, fiche 132</u> .
Z INTERNAL CORROSION MODEL	même objectif que WATS, mais les résultats sont plus approximatifs, car la procédure de calcul est simplifiée.	Même remarque que pour le modèle précédent.

**Tableau 8.3 : Comparaison des critères environnementaux de CARE-S (rapport D9) avec les critères RERAU, d'après (Christol, 2007)**

Méthode CARE-S					RERAU
Criteria	Description	Unit	Range	Scale	
<b>Vulnerability of groundwater</b>	Estimated from exfiltration rate, permeability of soil and groundwater level	-	High, moderate, low	pipe/catchment	Malgré le nom donné par CARE-S à ce critère, ce n'est pas la vulnérabilité de la ressource qui est évaluée. CARE-S évalue l'impact potentiel du tronçon sur la nappe phréatique. Ce critère est proche du critère de réhabilitation R/PON1/EXF, fiche 34, qui combine à la vulnérabilité V-SN-PON, fiche 32 (qui caractérise la sensibilité des sols et des nappes à la pollution) un indicateur global d'exfiltration. Cependant, CARE-S va plus loin que RERAU et évalue plus finement la vulnérabilité, en proposant une version simplifiée de la méthode DRASTIC.
<b>CSO compliance to standard</b>	overflow total load / overflow frequency/number of spills / overflow volume / overflow duration	yes/no, absolute value, %		catchment	Correspond à un déversement, de temps sec ou de pluie. Les déversements sont évalués uniquement du point de vue du respect des normes de rejet dans le milieu naturel. Correspond à l'indicateur <u>POL2a-DEV-O-BV</u> , fiche 65.
<b>WWTP inflow infiltration rate</b>	dry weather flow divided by sewage or extraneous water flow divided by dry weather flow	m3/m3, %...		catchment	Ce taux d'infiltration à la STEP correspond avec l'indicateur <u>INF1x-O-BV</u> , fiche 1.
<b>WWTP inflow rain / dry weather dynamics</b>	description of the change of the amplitude between dry-weather flow and rain-weather flow			catchment	Permet de déterminer, dans le cas d'un réseau séparatif, des anomalies de branchement à l'échelle du BV

**Tableau 8.4 : Comparaison des critères hydrauliques et environnementaux de CARE-S (rapport D10) avec les critères RERAU, d'après (Christol, 2007)**

<u>Méthode CARE-S</u>					<u>RERAU</u>
Criteria	Description	Unit	Range	Scale	
C1	filling level		A, B, C, D	pipe	Fréquence de mise en charge et débordement. Ces critères indiquent une probabilité de mise en charge et de débordement liée seulement aux caractéristiques physiques du tronçon (profondeur et dimensions du tronçon) et aux pluies. Les indicateurs RERAU sont liés à la fréquence de débordements observés ( <u>DEB4-TS-O-BV, fiche 54</u> et <u>DEB5-TP-O-BV, fiche 55</u> ).
C2A, C2B, C2C	frequency for which filling level is exceeded just once	year-1	<0,02 ; 0,5>	pipe	
C3B, C3C, C3D	<b>Probability appropriate to criterion C2</b>		<0 ; 1>	pipe	
C4 (Qmaxtrç/Qmax de tous les trç du BV (ou sous-BV pour comparaison?))	<b>weight of link (responsabilité du tronçon dans les débordements, ou caractère "stratégique" de celui-ci)</b>		<0 ; 1>	pipe	Pour évaluer le terme I (intensité) d'un risque ou d'un impact.
C5 (Qmax atteint pdt la période de retour de conception / Qmax trç)	<b>insufficient capacity (pourrait indiquer un problème d'obsolescence du tronçon)</b>		<0 ; 1>	pipe	Ce critère de CARE-S est intéressant et son équivalent n'existe pas dans RERAU. Il correspond d'ailleurs plutôt à un indicateur de dysfonctionnement. Atteindre Qmax signifie que l'on reste dans les limites admissibles pour le tronçon. Cela ne se caractérisera pas obligatoirement par un dysfonctionnement observable. On pourrait donc faire le choix de créer un indicateur qui serait évalué au moyen d'une modélisation. Combiné à des impacts comme des débordements, cela donnerait un critère de réhabilitation.
C6 (trop lent = sédimentation / trop rapide = abrasion)	<b>velocity</b>				Fréquence de curage et abrasion. Ces indicateurs ne sont pas utiles pour les critères de réhabilitation basés sur l'observation de l'état. Ces indicateurs seraient utiles pour les critères d'inspection
<b>minimum velocity criterion</b>	self-cleaning slope criterion		<0 ; 1>	pipe	
	minimal shear stress criterion		<0 ; 1>	Pipe	
	sediment transport velocity criterion		<0 ; 1>	Pipe	
	full pipe velocity (Imhoff criterion)		<0 ; 1>	Pipe	
<b>maximum velocity criterion</b>			<0 ; 1>	Pipe	
<b>Total velocity criterion</b>	combinaison de max et min vel crit		yes/no	Pipe	
C8	<b>sewer typology</b>		S/C	pipe	Réseau unitaire ou séparatif. Information d'ordre général, à coupler avec la variation de l'amplitude entre temps sec et temps de pluie. Si il y a variation dans un réseau séparatif, cela indique un apport anormal d'eaux pluviales dans le réseau d'eaux usées.

C9	infiltration weight = (qinf lin trç*L) / (max de tous les trç (qinf lin)*L)		<0 ; 1>	pipe	information d'ordre générale, pas de comparaison possible à l'échelle du tronçon, mais plutôt de sous-bassin versant dans RERAU.
C10	exfiltration		High, moderate, low	pipe	Ce critère est détaillé dans le rapport D9 et dans la partie D9 de ce tableau. Dans RERAU, il est indiqué que les données précises sont rares. Il est donc cohérent de noter selon une échelle "floue" comme celle proposée dans CARE-S. Par ailleurs, CARE-S évalue la vulnérabilité des eaux souterraines et l'impact des exfiltrations sur ces nappes, mais pas les dommages au bâti ou autre susceptibles d'être provoqués par des infiltrations.
C11	overflow total load	yes/no, absolute value, %		CSO	Informations sur les déversements, obtenues par la modélisation.
C12	overflow frequency / spills	yes/no, absolute value, %		CSO	
C13	overflow volume	yes/no, absolute value, %		CSO	
C14	overflow duration	yes/no, absolute value, %		CSO	

**Tableau 8.5 : Présentation des critères socio-économiques de CARE-S (rapport D13)**

SOCIO-FAIL CARE-S		SOCIO WORKS CARE-S	
criteria 1 : flooding (material damage + loss of trade)	Inondations (dommages aux biens, perte d'activité économique) Type d'habitat avec ou sans cave, type d'activité économique	Criteria 1 : noise	bruit
criteria 2 : flooding (intangible damage to population)	Inondations (dommages aux biens intangibles) perturbation de la vie quotidienne, anxiété, stress, irritation, angoisse risque d'inondations futures, sentiment d'insécurité, soucis de santé...	Criteria 2 : dust	poussière
criteria 3 : flooding (road traffic disturbance)	Inondations (perturbations trafic)	Criteria 3 : pollution of groundwater	pollution des eaux souterraines,
criteria 4 : pollution of receiving waters by overflows	Pollution milieu récepteur (eaux de surface) par débordement	criteria 4 : service interruption	Interruption de service
criteria 5 : pollution of groundwater by exfiltration	Pollution eaux souterraines par exfiltration	Criteria 5 :road/traffic disturbance	perturbation du trafic
criteria 6 : service interruption	Interruption de service du à un bouchage, risque de remontée dans la maison	Criteria 6 : loss of trade	perturbation de l'activité économique
criteria 7 : soil depression due to sewer collapses (threat factor) traffic perturbation	Risque d'effondrement de chaussée suite à effondrement de conduite (trafic)		
criteria 8 : wastewater dry weather flooding in basements	Débordement dans les sous-sol en temps sec suite à bouchage		
criteria 9 : wastewater dry weather flooding on street	Débordement dans la rue en temps sec suite à bouchage		
criteria 10 : odours, rodents insects	Odeurs, remontée de rongeurs suite à bouchage		

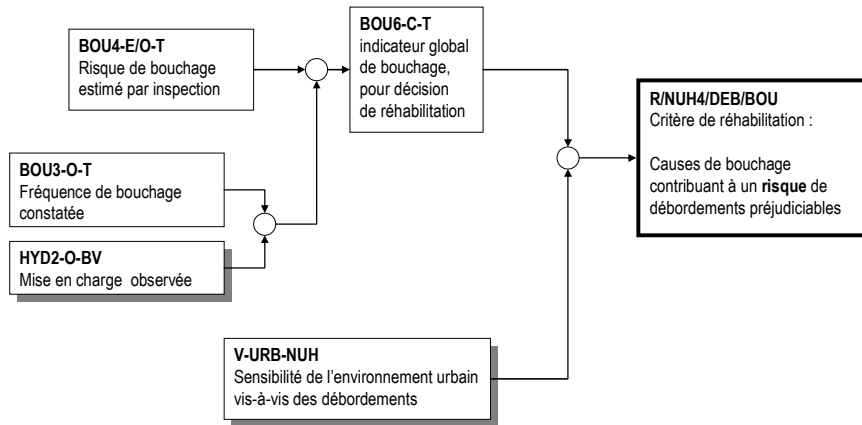
Tableau 8.6 : Comparaison des critères socio-économiques de CARE-S (rapport D13) avec les critères RERAU

SOCIO-FAIL CARE-S		INDIGAU	
criteria 1 : flooding (material damage + loss of trade)	Inondations (dommages aux biens, perte d'activité économique) Type d'habitat avec ou sans cave, type d'activité économique	Nuisances « hydrauliques » Inondations en domaine privé Dommage au bâti, y compris infiltrations en cave	NUH  DOB
criteria 2 : flooding (intangible damage to population)	Inondations (dommages aux biens intangibles) perturbation de la vie quotidienne, anxiété, stress, irritation, angoisse risque d'inondations futures, sentiment d'insécurité, soucis de santé...		
criteria 3 : flooding (road traffic disturbance)	Inondations (perturbations trafic)	Nuisances « hydrauliques » inondationsEn domaine publique	NUH
criteria 4 : pollution of receiving waters by overflows	Pollution milieu récepteur (eaux de surface) par débordement	Pollution des eaux de surface par débordement, surverses, ou perturbation des filières d'épuration	POL
criteria 5 : pollution of groundwater by exfiltration	Pollution eaux souterraines par exfiltration	Pollution des sols et des eaux souterraines	PON
criteria 6 : service interruption	Interruption de service du à un bouchage, risque de remontée dans la maison	Nuisances « hydrauliques » Interruptions de service	NUH
criteria 7 : soil depression due to sewer collapses (threat factor) traffic perturbation	Risque d'effondrement de chausse suite à effondrement de conduite (trafic)	Nuisances diverses ( y compris celles qui sont dues aux opérations d'exploitation) Perturbabtion du trafic (hors inondations), bruit, accès aux commerces	TRA
criteria 8 : wastewater dry weather flooding in basements	Débordement dans les sous-sol en temps sec suite à bouchage	Nuisances « hydrauliques » En domaine privé	NUH
criteria 9 : wastewater dry weather flooding on street	Débordement dans la rue en temps sec suite à bouchage	Nuisances « hydrauliques » En domaine publique	NUH
criteria 10 : odours, rodents insects	Odeurs, remontée de rongeurs suite à bouchage	Nuisances « hydrauliques » odeurs	NUH

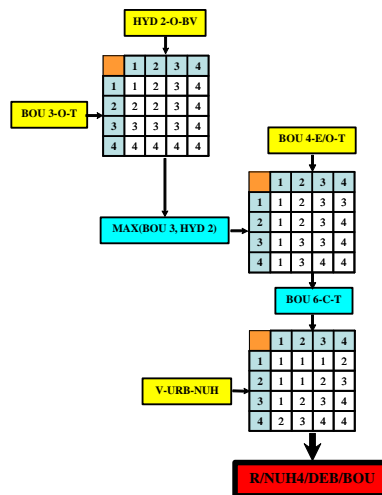
## 8.2. Annexe 2 : synthèses de l'étude numériques des différents critères

### 8.2.1. Critère R/NUH4/DEB/BOU

#### Formulation du critère



#### Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (256 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 31% en état 1, 25 % en état 2, 18 % en état 3, 26 % en état 4 (type C).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR		
	Opérateur (1)	Opérateur (2)	opérateur (3)
<b>BOU 3</b>	N = 3.125 (max) IR = 50 % (moy)	N = 2.625 (moy-max) IR = 21 % (moy-faible)	N = 2.1875 (moy – min) IR = 50 % (moy)
<b>HYD 2</b>	IR = 50 % (moy)	IR = 79 % (moy-fort)	
<b>BOU 4</b>			IR = 50 % (moy)
<b>V-URB</b>			

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

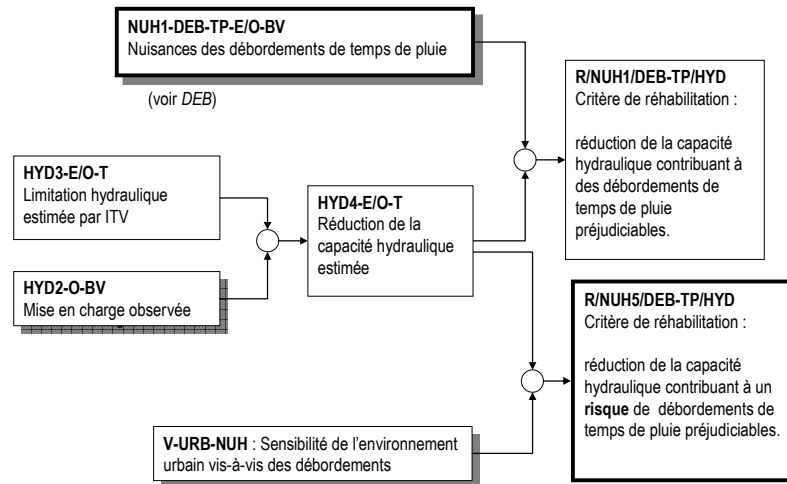
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
BOU 3	60	30	0	2.75 (16 %)	faible
HYD 2	60	30	0	2.75 (16 %)	faible
BOU 4	100	47	12.5	1.4 (32 %)	moyen
V	100	67	0	1.1 (36 %)	fort

**Tableau 8.7 : Commentaires associés à la formulation du critère**

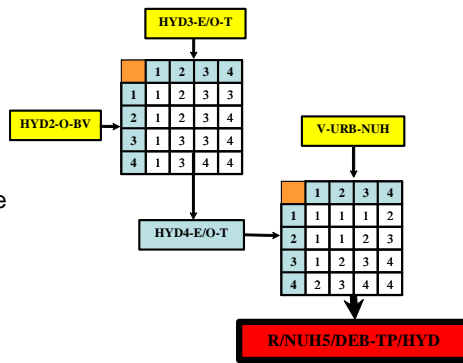
Distribution des valeurs : type c	Une distribution uniforme sur BOU4 est trop pessimiste
Opérateurs	Opérateur BOU3⊗HYD2 à étudier (pertinence de Max ?)
Niveaux d'influence	BOU4 et V sont prédominants, ce qui est cohérent compte tenu du critère (il ne faut pas attendre que le tronçon se bouche, c'est-à-dire BOU3=4 pour intervenir)
Indice d'anomalie	BOU4 : justifié
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : BOU6 V et E : V-URB-NUH <b>Manque : I</b>

### 8.2.2. Critère R/NUH5/DEB-TP/HYD

#### Formulation du critère



#### Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (64 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 34% en état 1, 25 % en état 2, 19 % en état 3, 22 % en état 4 (type C).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR	
	Opérateur (1)	Opérateur (2)
HYD 2	N = 2.625 (moy – max)	N = 2.1875 (moy – min)
	IR = 21 % (moy-faible)	
HYD 3	IR = 79 % (moy – max)	IR = 50 % (moy)
	V-URB-NUH	
		IR = 50 % (moy)

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

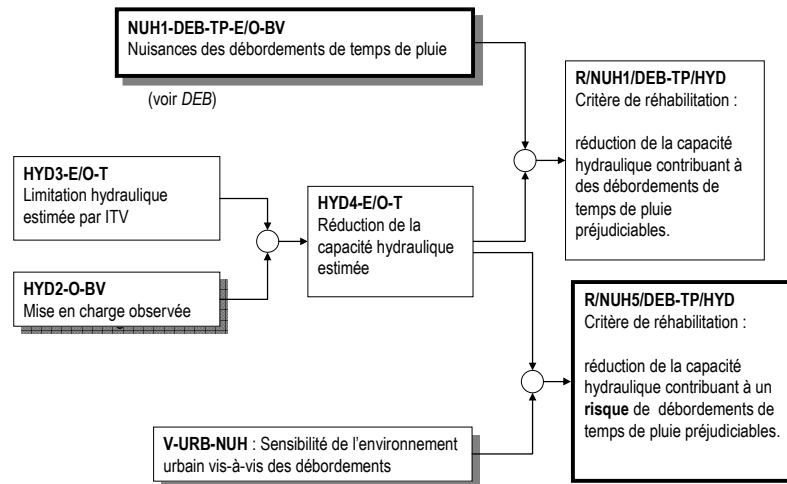
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
HYD2	69	35	0	2.1	faible
HYD3	100	50	9	1.4	moyenne
V-Urb-NUH	100	71	0	1.1	fort

**Tableau 8.8 : Commentaires associés à la formulation du critère**

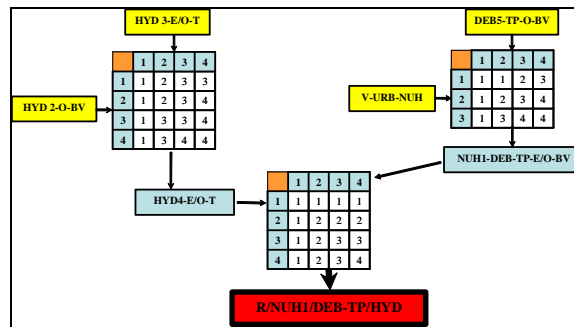
Distribution des valeurs : type c	Une distribution uniforme sur HYD3 est trop pessimiste
Opérateurs	
Niveaux d'influence	V est prédominant, ce qui est cohérent compte tenu du critère
Indice d'anomalie	HYD3 justifié
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : HYD4 V et E : V-URB-NUH <b>Manque : I</b>

### 8.2.3. Critère R/NUH1/DEB-TP/HYD

#### Formulation du critère



#### Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (192 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 50% en état 1, 19 % en état 2, 25 % en état 3, 6 % en état 4 (type B).

#### Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR	
	Opérateur (1)	Opérateur (2)
<b>HYD2</b>	N = 2.625 (moy – max) IR = 21 % (moy-faible)	N = 1.875 (min)
<b>HYD3</b>	IR = 79 % (moy-fort)	IR = 50 % (moy)
<b>DEB5</b>	N = 2.41 (moy – max) IR = 62 % (moy-forte)	IR = 50 % (moy)
<b>V</b>	IR = 38 % (moy-faible)	

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

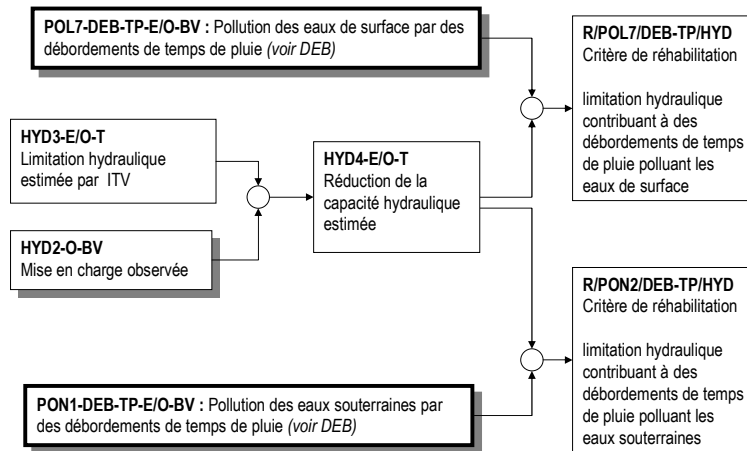
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
<b>HYD2</b>	50	50	0	2	moyenne - faible
<b>V-URB-NUH</b>	62.5	66	0	1.65	moyenne
<b>DEB5</b>	100	66	7	1.4	moyenne - fort
<b>HYD3</b>	100	75	8	1.2	Fort

**Tableau 8.9 : Commentaires associés à la formulation du critère**

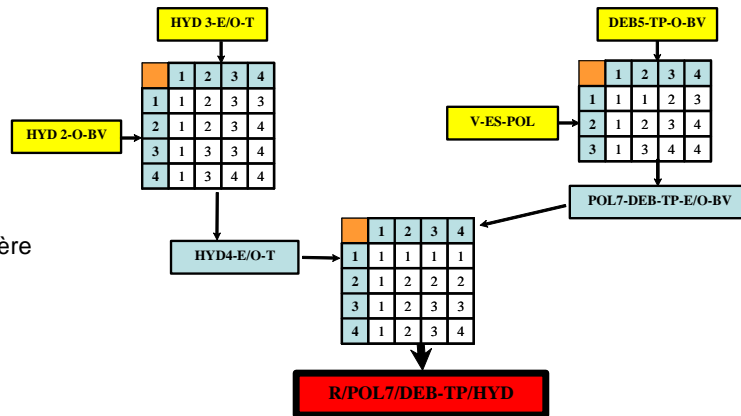
Distribution des valeurs : type b	
Opérateurs	
Niveaux d'influence	justifié
Indice d'anomalie	DEB5 et HYD3 : justifiés
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : HYD4 et F : DEB5 V et E : V-URB-NUH <b>Manque : I</b>

### 8.2.4. Critère R/POL7/DEB-TP/HYD

#### Formulation du critère



Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (192 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 50% en état 1, 19 % en état 2, 25 % en état 3, 6 % en état 4 (type B).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR	
	Opérateur (1)	Opérateur (2)
<b>HYD2</b>	N = 2.625 (moy – max) IR = 21 % (moy-faible)	N = 1.875 (min)
<b>HYD3</b>	IR = 79 % (moy-fort)	IR = 50 % (moy)
<b>DEB5</b>	N = 2.41 (moye – max) IR = 62 % (moy-forte)	IR = 50 % (moy)
<b>V</b>	IR = 38 % (moy-faible)	

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

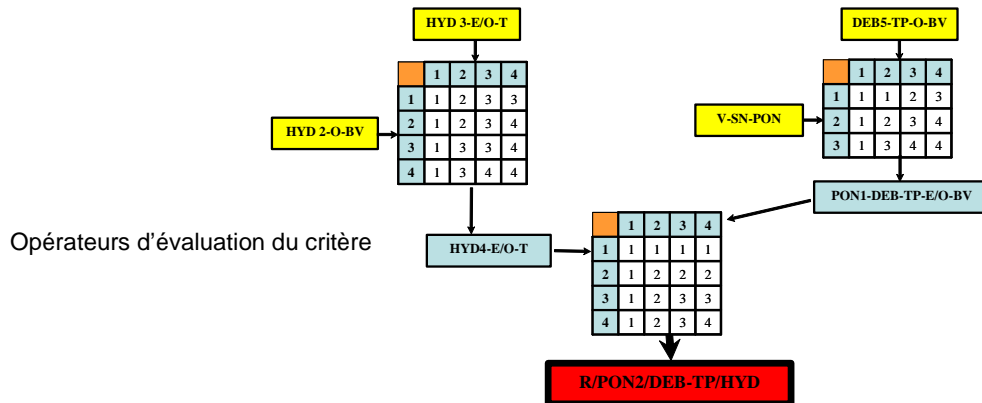
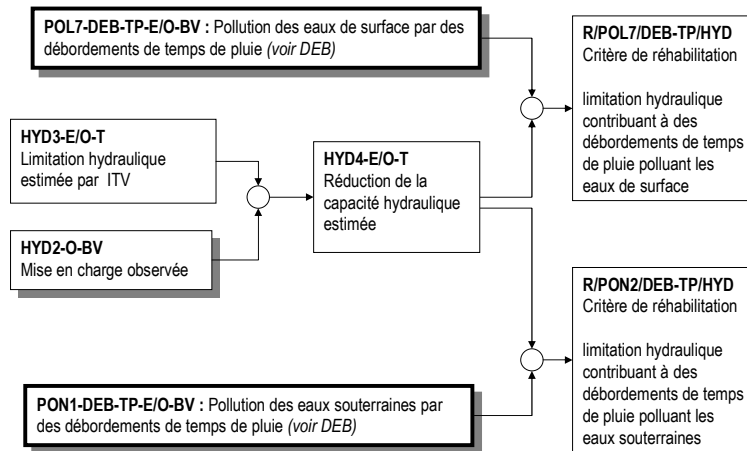
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
<b>HYD2</b>	50	50	0	2	moyenne - faible
<b>V-ES-POL</b>	62.5	66	0	1.65	moyenne
<b>DEB5</b>	100	66	7	1.4	moyenne - fort
<b>HYD3</b>	100	75	8	1.2	Fort

**Tableau 8.10 : Commentaires associés à la formulation du critère**

Distribution des valeurs : type b	
Opérateurs	
Niveaux d'influence	justifié
Indice d'anomalie	DEB5 et HYD3 : justifiés
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : HYD4 et F : DEB5 V et E : V-ES-POL <b>Manque : I</b>

## 8.2.5. Critère R/PON2/DEB-TP/HYD

### Formulation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (192 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 50% en état 1, 19 % en état 2, 25 % en état 3, 6 % en état 4 (type B).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR	
	Opérateur (1)	Opérateur (2)
<b>HYD2</b>	N = 2.625 (moy – max) IR = 21 % (moy-faible)	N = 1.875 (min) IR = 50 % (moy)
<b>HYD3</b>	IR = 79 % (moy-fort)	
<b>DEB5</b>	N = 2.41 (moy – max) IR = 62 % (moy-forte)	IR = 50 % (moy)
<b>V</b>	IR = 38 % (moy-faible)	

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

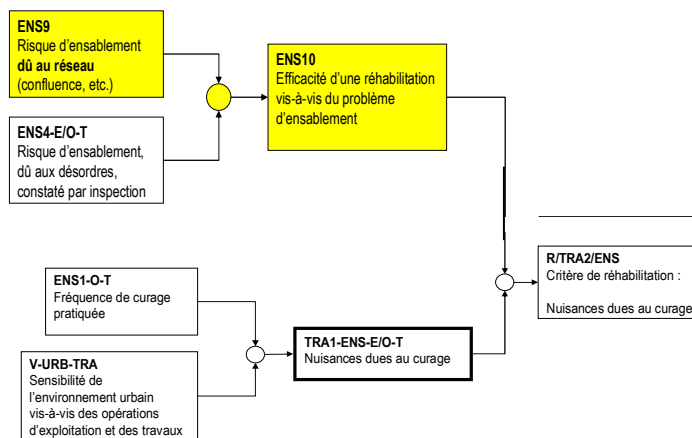
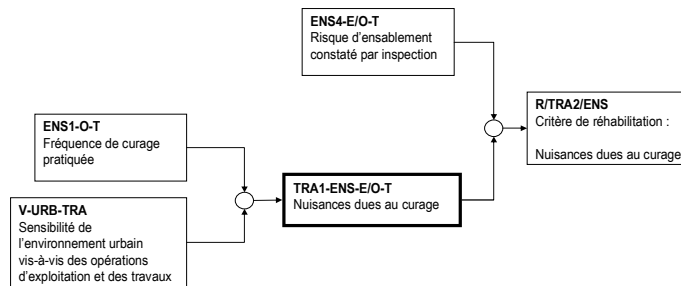
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
<b>HYD2</b>	50	50	0	2	moyenne - faible
<b>V-SN-PON</b>	62.5	66	0	1.65	moyenne
<b>DEB5</b>	100	66	7	1.4	moyenne - fort
<b>HYD3</b>	100	75	8	1.2	Fort

**Tableau 8.11 : Commentaires associés à la formulation du critère**

Distribution des valeurs : type b	
Opérateurs	
Niveaux d'influence	justifié
Indice d'anomalie	DEB5 et HYD3 : justifiés
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : HYD4 et F : DEB5 V et E : V-SN-PON <b>Manque : I</b>

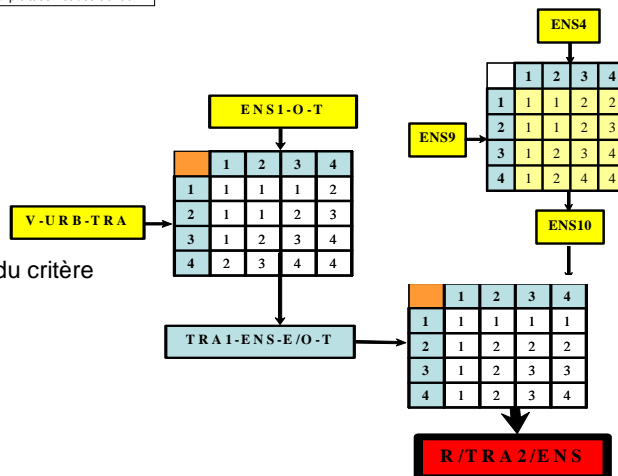
### 8.2.6. Critère R/TRA2/ENS

Formulation (modifié) du critère



Formation RERAU

Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (256 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 51 % en état 1, 29 % en état 2, 15 % en état 3, 5 % en état 4 (type A).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR	
	Opérateur (1)	Opérateur (2)
ENS1	N = 2.1875 (moy - min)	
V-URB-TRA	IR = 50 % (moy)	N = 1.875 (min)
ENS4	N = 2.125	IR = 50 % (moy)
	IR = 0.64	
ENS9	IR = 0.35	

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

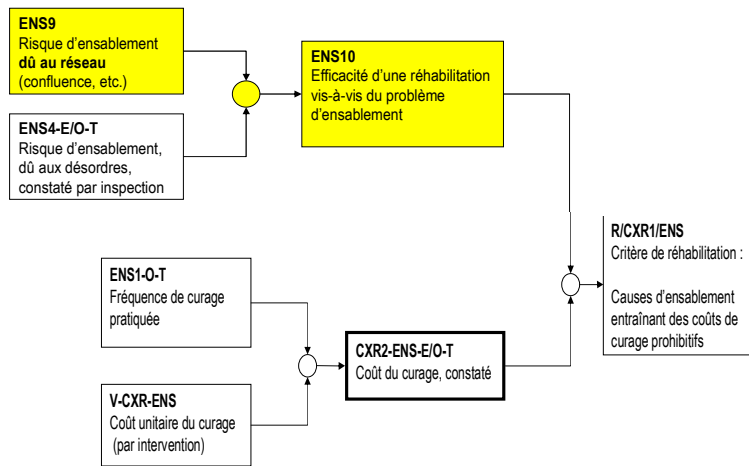
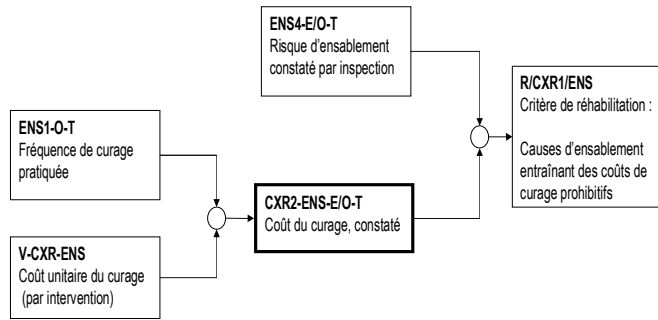
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
ENS9	100	67	0	1.6	moyenne
V-URB-TRA	100	67	0	1.5	moyenne
ENS1	100	67	0	1.5	moyenne
ENS4	100	80	4	1.3	fort - moyenne

Tableau 8.12 : Commentaires associés à la formulation du critère

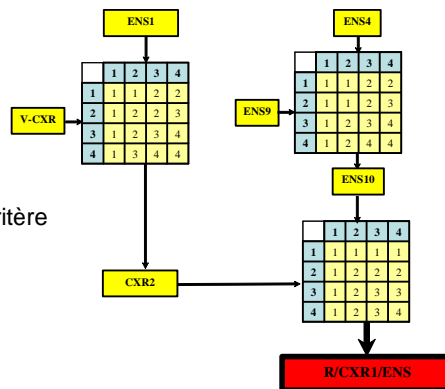
Distribution des valeurs : type a	
Opérateurs	
Niveaux d'influence	ENS4 est actuellement prédominant mais son influence est diminué avec l'ajout d'ENS9
Indice d'anomalie	DEB5 et HYD3 : justifiés
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : ENS4 et F : ENS1 V et E : V-URB-TRA <b>A revoir : Le risque d'ensablement</b> peut être apprécié avec deux indicateurs complémentaires : ENS4 (lié à l'état de santé) et ENS9 (lié à la structure du réseau et aux aléas externes) => cette révision est expliquée et justifiée (paragraphe 4.2 Causes d'ensablement p. 38)

### 8.2.7. Critère R/CXR1/ENS

#### Formulation du critère (modifié)



Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (256 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 50 % en état 1, 29 % en état 2, 15 % en état 3, 6 % en état 4 (type A).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR	
	Opérateur (1)	Opérateur (2)
ENS1	N = 2.25 IR = 60 %	N = 1.875
V-CXR - ENS	IR = 40 %	IR = 50 %
ENS4	N = 2.125 IR = 0.64	IR = 50 %
ENS9	IR = 0.35	

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

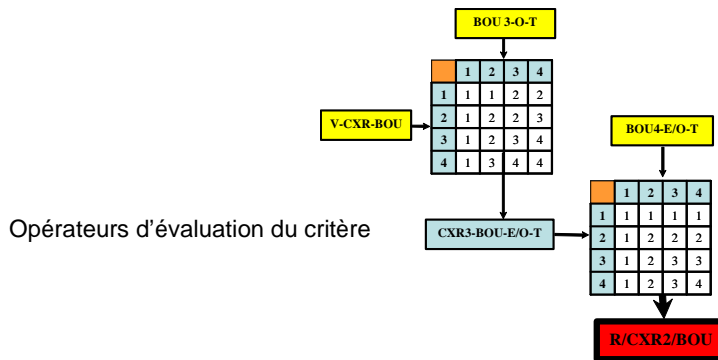
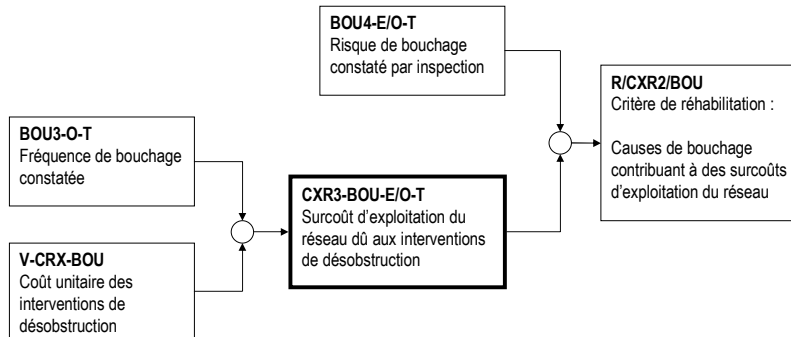
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
V-CXR-ENS	100	67	0	1.6	moyenne
ENS9	100	67	0	1.6	moyenne
ENS1	100	80	4	1.4	fort - moyenne
ENS4	100	80	4	1.3	fort - moyenne

Tableau 8.13 : Commentaires associés à la formulation du critère

Distribution des valeurs : type a	
Opérateurs	
Niveaux d'influence	ENS4 est actuellement prédominant mais son influence est diminué avec l'ajout d'ENS9
Indice d'anomalie	ENS1 : justifié
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : ENS4 et F : ENS1 I : V-CXR-ENS V et E : reportés dans l'attribution du poids du critère <b>A revoir : Le risque d'ensablement</b> peut être apprécié avec deux indicateurs complémentaires : ENS4 (lié à l'état de santé) et ENS9 (lié à la structure du réseau et aux aléas externes) => cette révision est expliquée et justifiée (paragraphe 4.2 Causes d'ensablement p. 38)

### 8.2.8. Critère R/CXR2/BOU

#### Formulation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (64 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 49% en état 1, 32 % en état 2, 14 % en état 3, 5 % en état 4 (type A).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR	
	Opérateur (1)	Opérateur (2)
<b>BOU 3</b>	N = 2.25 IR = 60 %	N = 1.875
<b>V-CXR - BOU</b>	IR = 40 %	IR = 50 %
<b>BOU 4</b>		IR = 50 %

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

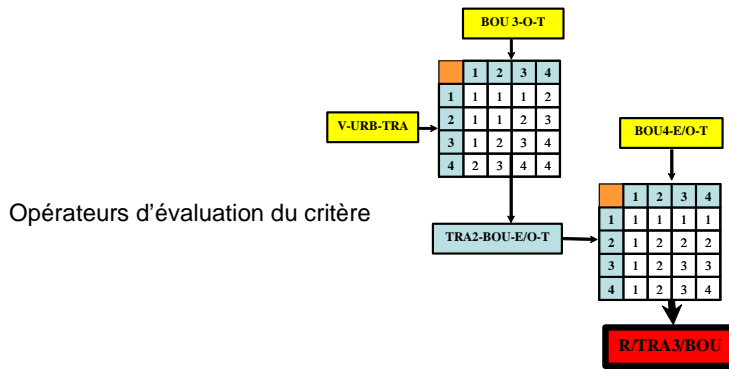
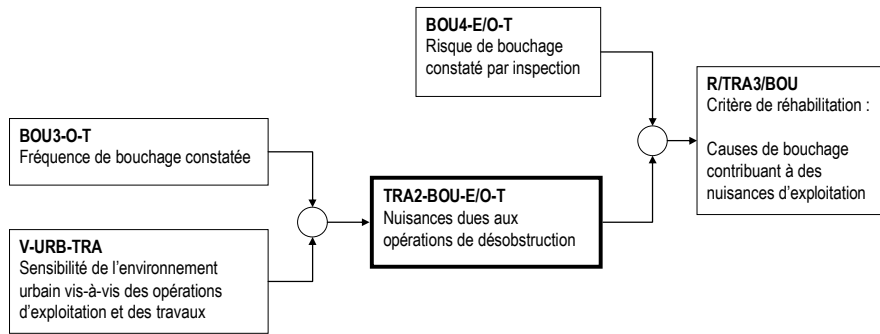
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
<b>V-CXR-BOU</b>	100	67	0	1.6	moyenne
<b>BOU 3</b>	100	80	4	1.4	moyenne
<b>BOU 4</b>	100	100	0	1	fort

**Tableau 8.14 : Commentaires associés à la formulation du critère**

Distribution des valeurs : type a	
Opérateurs	
Niveaux d'influence	BOU4 est prédominant car la réhabilitation n'est justifiée que si le bouchage est dû à l'état de santé
Indice d'anomalie	BOU3 : justifié
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : BOU4 et F : BOU3 I : V-CXR-BOU V et E : reportés dans l'attribution du poids du critère

### 8.2.9. Critère R/TRA3/BOU

#### Formulation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (64 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 49% en état 1, 32 % en état 2, 14 % en état 3, 5 % en état 4 (type A).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR	
	Opérateur (1)	Opérateur (2)
BOU 3	N = 2.25	
	IR = 60 %	N = 1.875
V-CXR-BOU	IR = 40 %	IR = 50 %
BOU 4		IR = 50 %

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

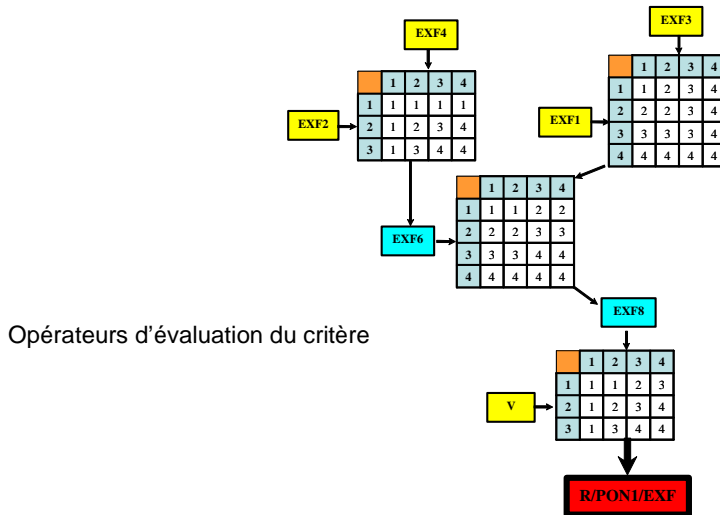
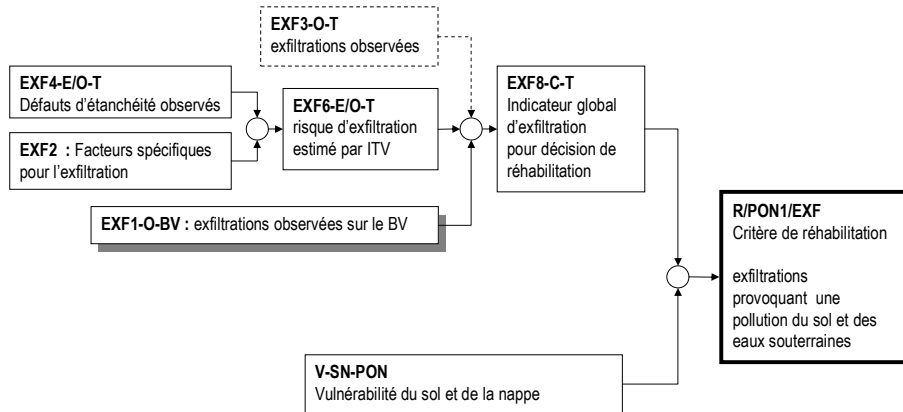
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
V- CXR - BOU	100	67	0	1.6	moyenne
BOU3	100	80	4	1.4	moyenne
BOU4	100	100	0	1	fort

**Tableau 8.15 : Commentaires associés à la formulation du critère**

Distribution des valeurs : type a	
Opérateurs	
Niveaux d'influence	BOU4 est prédominant car la réhabilitation n'est justifiée que si le bouchage est dû à l'état de santé
Indice d'anomalie	BOU3 : justifié
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : BOU4 et F : BOU3 V et E : V-URB-TRA

### 8.2.10. Critère R/PON1/EXF

#### Formulation du critère



Opérateurs d'évaluation du critère

Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (576 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 26% en état 1, 17 % en état 2, 29 % en état 3, 28 % en état 4 (type B).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR		
	opérateur (1)	opérateur (2)	opérateur (3)
<b>EXF4</b>	N = 2.16 (moy – min)		
	IR = 43 % (moy)	N = 2.875 (moy – max)	
<b>EXF2</b>	IR = 57 % (moy)	IR = 77 % (moy – fort)	N = 2.4 (moy)
<b>EXF3</b>	N = 3.125 (max)		IR = 62 % (moy- fort)
	IR = 50 % (moy)	IR = 23 % (moy – faible)	
<b>EXF1</b>	IR = 50 % (moy)		
<b>V-SN-PON</b>	IR = 38 % (moy- faible)		

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

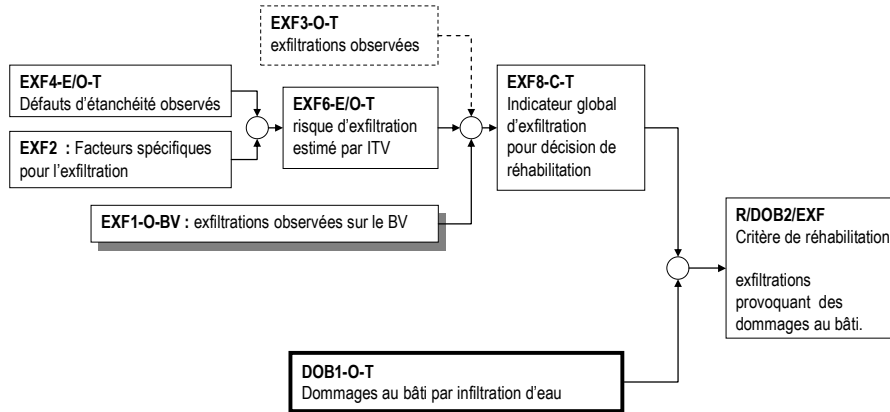
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
EXF2	75	56	19	1.25	fort
EXF4	75	39	8.5	1.27	fort
V-SN-PON	63	56	0	1.5	Moyen - fort
EXF1	48.5	26.8	3	2.21	Moyen – faible
EXF3	48.5	26.8	3	2.21	moyen – faible

Tableau 8.16 : Commentaires associés à la formulation du critère

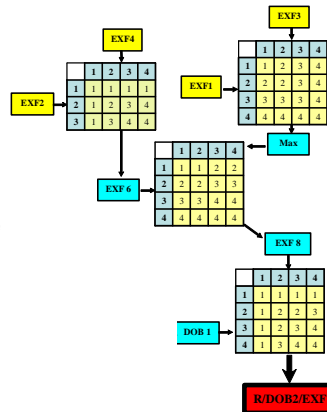
Distribution des valeurs : type b	
Opérateurs	
Niveaux d'influence	EXF2 et EXF4 : justifiés
Indice d'anomalie	EXF2 : justifié EXF4 : justifié EXF1 et EXF3 : justifié
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : EXF8 V et E : V-SN-PON <b>Manque : I</b>

### 8.2.11. Critère R/DOB2/EXF

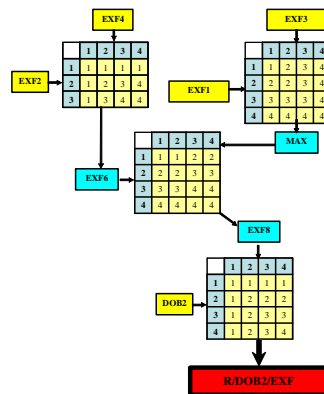
#### Formulation du critère



#### Opérateurs d'évaluation du critère



#### Opérateurs modifiés d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (768 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 49 % en état 1, 21 % en état 2, 17 % en état 3, 13 % en état 4 (type A).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR		
	opérateur (1)	opérateur (2)	opérateur (3)
EXF4	N = 2.16		
	IR = 43 %	N = 2.875	
EXF2	IR = 57 %	IR = 77 %	
EXF3	N = 3.125		N = 2.125
	IR = 50 %	IR = 23 %	IR = 50 %
EXF1	IR = 50 %		
DOB1			IR = 50 %

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

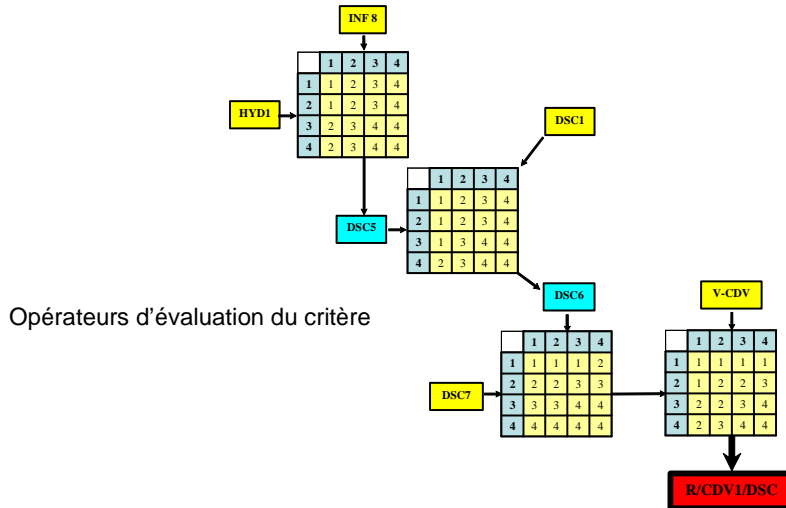
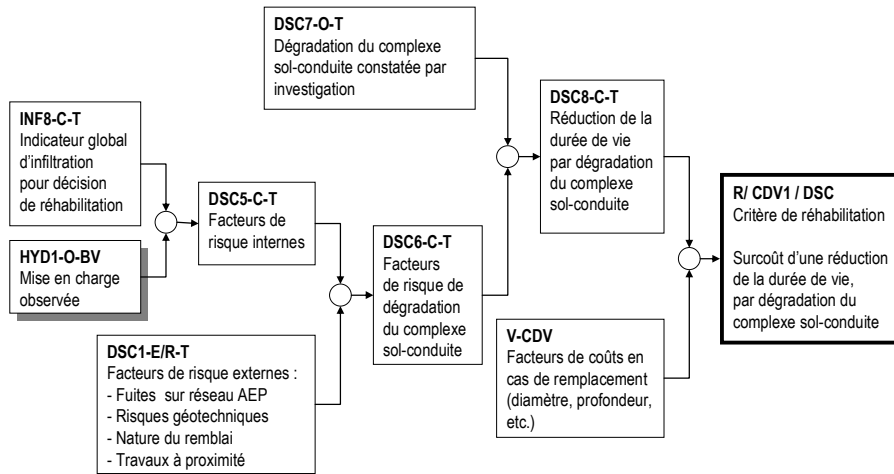
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
EXF3	71	26	1.5	2.7	faible
EXF1	71	26	1.5	2.7	faible
DOB1	85	52	3	1.6	fort
EXF4	85	52	7	1.55	fort
EXF2	100	56	10	1.4	fort

Tableau 8.17 : Commentaires associés à la formulation du critère

Distribution des valeurs : type a	
Opérateurs	Opérateur DOB1⊗EXF8 : a été changé en MIN (approche diagnostic)
Niveaux d'influence	
Indice d'anomalie	EXF2 et EXF4: justifiés Autres indicateurs : justifiés
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	Approche diagnostic avec l'impact constaté : DOB1, on vérifie que l'état de santé est la cause de l'impact

### 8.2.12. Critère R/CDV1/DSC

#### Formulation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (1024 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 20% en état 1, 33 % en état 2, 21 % en état 3, 26 % en état 4 (type c).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR			
	opérateur (1)	opérateur (2)	opérateur (3)	opérateur (4)
INF8	N = 2.875			
	IR = 77 %	N = 2.8125		
HYD1	IR = 23 %	IR = 21 %	N = 2.8125	
DSC1	IR = 79 %		IR = 21 %	N = 2.25
DSC7	IR = 79 %			IR = 60 %
V-CDV	IR = 40 %			

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

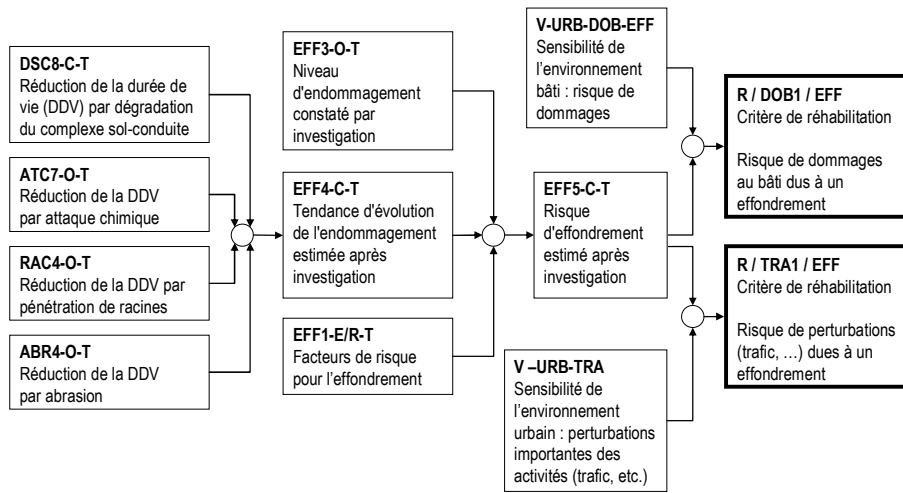
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
HYD1	52	25	0.1	3	faible
INF8	54	25	0.5	2.65	moyen - faible
DSC1	62.5	29	2	1.97	moyen
V-CDV	90	46	7	1.35	moyen – fort
DSC7	100	61	0	1.1	fort

Tableau 8.18 : Commentaires associés à la formulation du critère

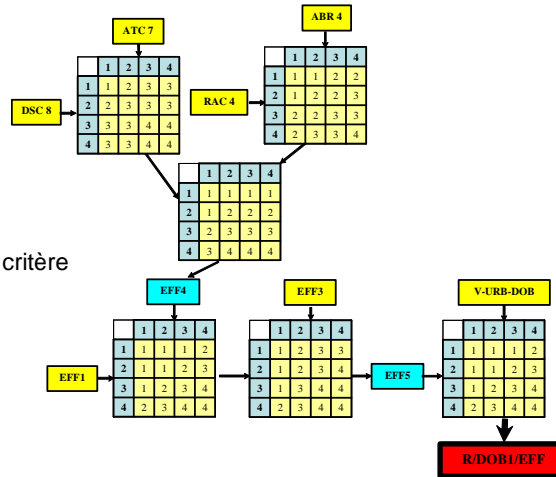
Distribution des valeurs : type c	Des distributions uniformes sont pessimistes pour DSC-7 et V-CDV
Opérateurs	
Niveaux d'influence	DSC-7 et V-CDV justifiés
Indice d'anomalie	Justifiés
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : DSC-8 I : V-CDV V et E : reportés dans l'attribution du poids du critère

### 8.2.13. Critère R/DOB1/EFF

#### Formulation du critère



#### Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (16384 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 35% en état 1, 25 % en état 2, 21 % en état 3, 19 % en état 4 (type a).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR				
	opérateur (1)	opérateur (2)	opérateur (3)	opérateur (4)	opérateur (5)
ABR4	N = 2.25 IR = 50 %	N = 2.3			
RAC4	IR = 50 %	IR = 79 %	N = 2.1875		
DSC8	N = 3 IR = 50 %	IR = 21 %		N = 2.75	
ATC7	IR = 50 %			IR = 29 %	N = 2
EFF1			IR = 50 %		IR = 50 %
EFF3				IR = 71 %	
V-URB-DOB-EFF					IR = 50 %

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

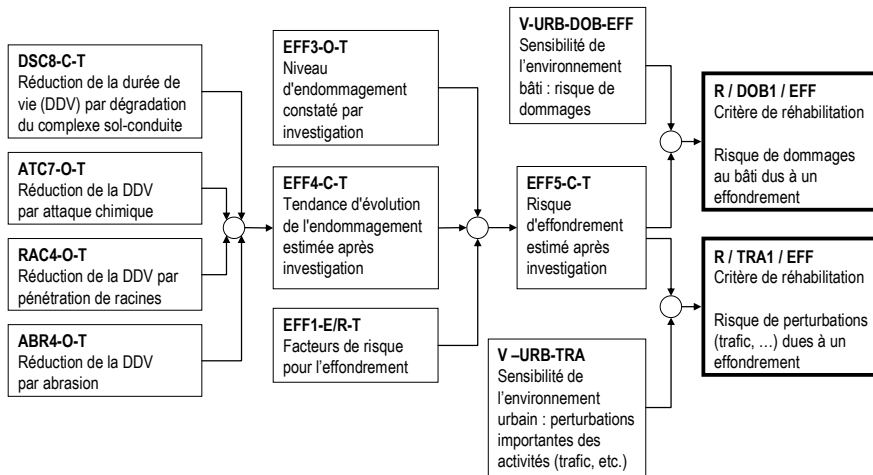
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
<b>ABR4</b>	63	26	0	2.85	faible
<b>RAC4</b>	63	26	0	2.85	faible
<b>DSC8</b>	67	34	0	2.5	moyen - faible
<b>ATC7</b>	67	34	0	2.5	moyen - faible
<b>EFF1</b>	68	34	0	2.3	moyen - faible
<b>EFF3</b>	96	48	3	1.4	moyen – fort
<b>V-URB-DOB-EFF</b>	100	72	0	1	fort

Tableau 8.19 : Commentaires associés à la formulation du critère

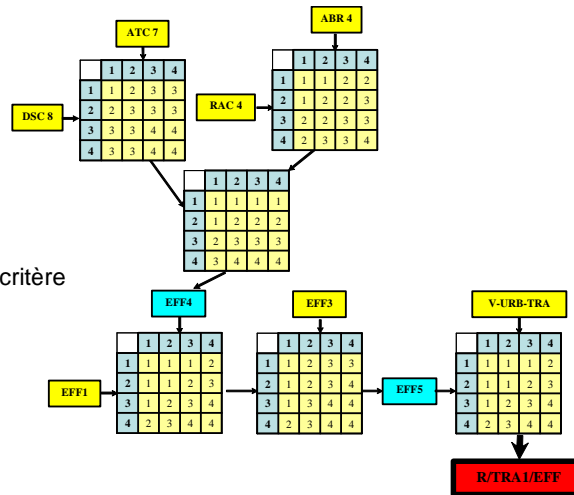
Distribution des valeurs : type a	Pourcentage en état 4 important expliqué par une distribution pessimiste
Opérateurs	indicateur EFF4 à revoir
Niveaux d'influence	V-URB-DOB-EFF et EFF3 : justifiés
Indice d'anomalie	
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : EFF5 V et E : V-URB-DOB-EFF <b>Manque : I</b>

### 8.2.14. Critère R/TRA1/EFF

#### Formulation du critère



#### Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (16384 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 35% en état 1, 25% en état 2, 21% en état 3, 19% en état 4 (type A).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N& IR				
	opérateur (1)	opérateur (2)	opérateur (3)	opérateur (4)	opérateur (5)
<b>ABR4</b>	N = 2.25 IR = 50 %	N = 2.3 IR = 79 %			
<b>RAC4</b>	IR = 50 %		N = 2.1875 IR = 50 %		
<b>DSC8</b>	N = 3 IR = 50 %	IR = 21 %		N = 2.75	
<b>ATC7</b>	IR = 50 %			IR = 29 %	N = 2
<b>EFF1</b>			IR = 50 %		IR = 50 %
<b>EFF3</b>				IR = 71 %	
<b>V-URB-TRA</b>					IR = 50 %

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

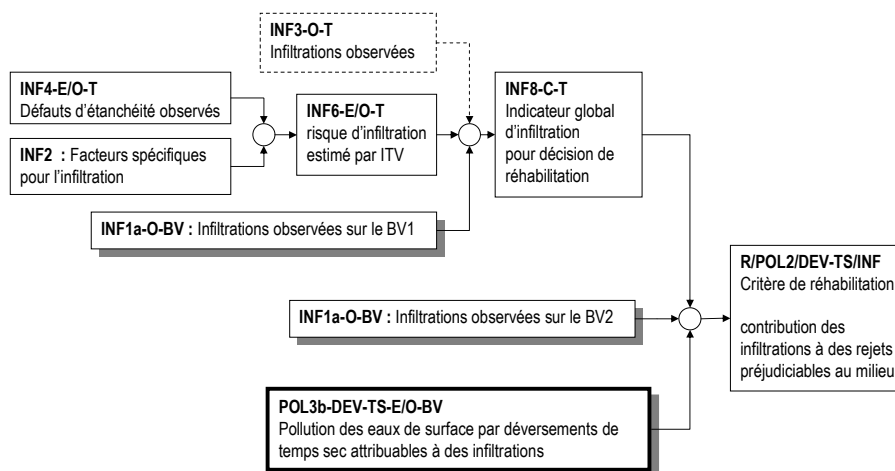
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
<b>ABR4</b>	63	26	0	2.85	faible
<b>RAC4</b>	63	26	0	2.85	faible
<b>DSC8</b>	67	34	0	2.5	moyenne - faible
<b>ATC7</b>	67	34	0	2.5	moyenne - faible
<b>EFF1</b>	68	34	0	2.3	moyenne - faible
<b>EFF3</b>	96	48	3	1.4	moyenne – fort
<b>V-URB-TRA</b>	100	72	0	1	fort

Tableau 8.20 : Commentaires associés à la formulation du critère

Distribution des valeurs : type a	Pourcentage en état 4 important expliqué par une distribution pessimiste
Opérateurs	indicateur EFF4 à revoir
Niveaux d'influence	V-URB-TRA et EFF3 : justifiés
Indice d'anomalie	
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : EFF5 V et E : V-URB-TRA <b>Manque : I</b>

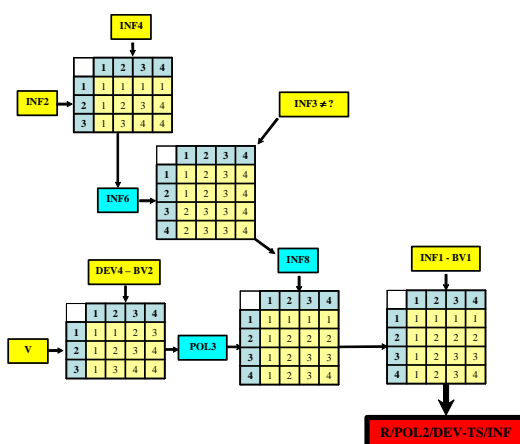
### 8.2.15. Critère R/POL2/DEV-TS/INF (INF3 connu)

#### Formulation du critère



cas (INF2, INF4, INF3, V, DEV4, INF1- BV1) lorsque INF3 est connu

Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (2304 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 57% en état 1, 27.5 % en état 2, 14 % en état 3, 1.5 % en état 4 (type a).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Cas  $INF3 \neq ?$

Indicateur	N & IR			
	Opérateur (1)	Opérateur (2)	opérateur (3)	opérateur (4)
INF4	N = 2.16 (moy – min) IR = 43 % (moy)	N = 2.75 (moy – max) IR = 17 % (faible)	N = 1.875 (min) IR = 50 % (moy)	
INF2	IR = 57 % (moy)			
INF3		IR = 83 % (fort)		
V-ES-POL		N = 2.4 (moy) IR = 38 % (moy – faible)	IR = 50 % (moy)	N = 1.875 (min) IR = 50 % (moy)
DEV4		IR = 62 % (moy – forte)		
INF1 – BV1				IR = 50 % (moy)

cas *INF3* ≠ ?

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

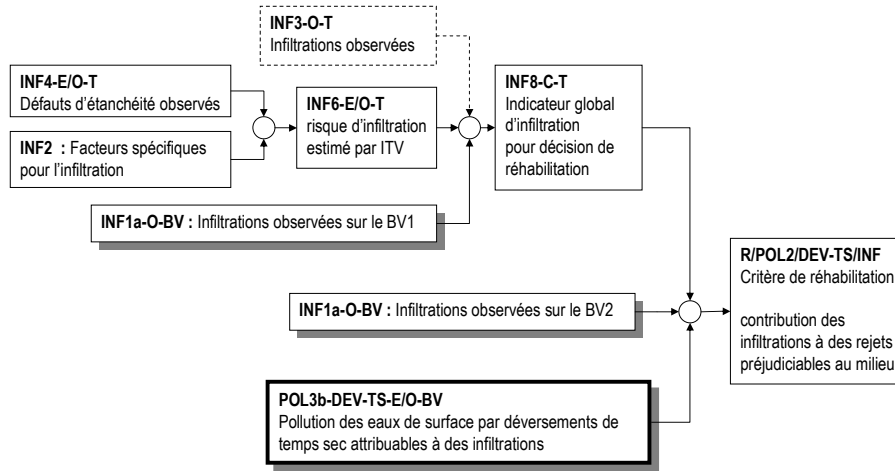
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
<b>INF4</b>	87.8	25	0	2.3	faible
<b>INF2</b>	87.8	34	0	2.1	faible
<b>V-ES-POL</b>	92.5	66	0	1.8	moyen - faible
<b>DEV4</b>	100	75	3.5	1.65	moyen
<b>INF3</b>	100	100	0	1.4	moyen - fort
<b>INF1 – BV1</b>	100	100	0	0.95	fort

**Tableau 8.21 : Commentaires associés à la formulation du critère**

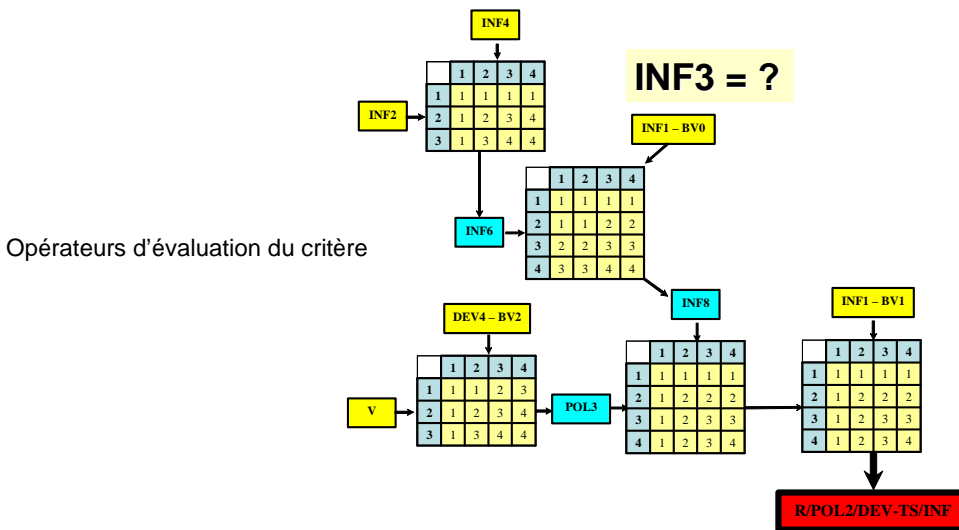
Distribution des valeurs : type a	
Opérateurs	
Niveaux d'influence	INF1-BV1 (sur BV2), INF3 et DEV4 : justifiés
Indice d'anomalie	
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	Approche diagnostic avec l'impact constaté (POL3b) : on vérifie que l'état de santé du tronçon étudié contribue à cet impact.  Cette contribution est mesurée par la combinaison $INF8 \otimes INF1-BV$

### 8.2.16. Critère R/POL2/DEV-TS/INF (INF3 inconnu)

#### Formulation du critère



cas (INF2, INF4, INF1 – BV0,V, DEV4, INF1- BV1) lorsque INF3 est inconnu



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (2304 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 77% en état 1, 15 % en état 2, 7.5 % en état 3, 0.5 % en état 4 (type a).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR			
	Opérateur (1)	Opérateur (2)	opérateur (3)	opérateur (4)
INF4	N = 2.16 (moy – min) IR = 43 % (moy)	N = 2.125 (moy – min)		
INF2	IR = 57 % (moy)	IR = 77 % (moy – fort)	N = 1.875 (min) IR = 50 % (moy)	
INF1 – BV0		IR = 23 % (moy – faible)		N = 1.875 (min) IR = 50 % (moy)
V		N = 2.4 (moy) IR = 38 % (moy – forte)	IR = 50 % (moy)	
DEV4		IR = 62 % (moy – faible)		IR = 50 % (moy)

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
<b>INF1 – BV0</b>	93.75	50	0	1.85	faible
<b>V</b>	96	66	0	1.8	faible
<b>DEV4</b>	100	66	2	1.65	moyen
<b>INF4</b>	100	66	1.5	1.6	moyen
<b>INF2</b>	100	66	4.5	1.55	moyen
<b>INF1 – BV1</b>	100	100	0	0.95	fort

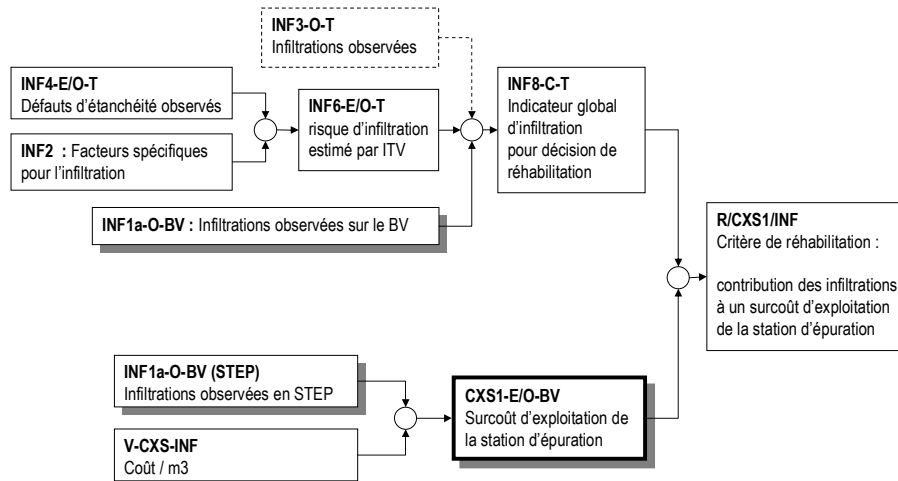
**Tableau 8.22 : Commentaires associés à la formulation du critère**

Distribution des valeurs : type a	
Opérateurs	
Niveaux d'influence	INF1-BV1 (sur BV2), INF4, INF2 et DEV4 : justifiés
Indice d'anomalie	
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	Approche diagnostic avec l'impact constaté (POL3b) : on vérifie que l'état de santé du tronçon étudié contribue à cet impact.  Cette contribution est mesurée par la combinaison $INF8 \otimes INF1-BV$

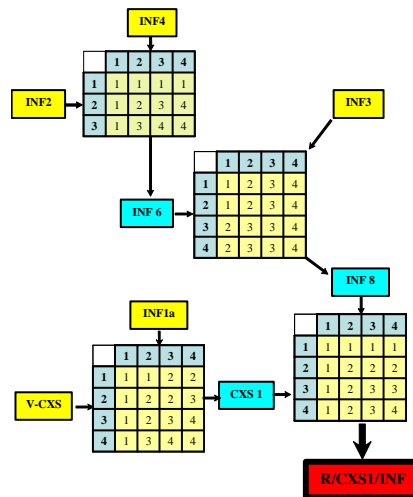
### 8.2.17. Critère R/CXS1/INF

Si INF3 n'est pas connu, comme précédemment, INF2 et INF4 deviennent prédominants.

#### Formulation du critère



#### Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (768 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 41% en état 1, 36 % en état 2, 18 % en état 3, 5 % en état 4 (type a).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR		
	Opérateur (1)	Opérateur (2)	opérateur (3)
INF4	N = 2.16 IR = 43 %	N = 2.75 IR = 17 %	N = 1.875 IR = 50 %
INF2	IR = 57 %		
INF3		IR = 83 %	
V - CXS-INF		N = 2.25 IR = 40 %	IR = 50 %
INF1a		IR = 60 %	

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	C	Niveau d'influence
INF4	81	25	0	2.6	faible
INF2	81	34	0	2.45	faible
V – CXS-INF	90	67	0	1.6	moyen
INF1a	100	67	3.5	1.4	moyen - fort
INF3	100	100	0	1.2	fort

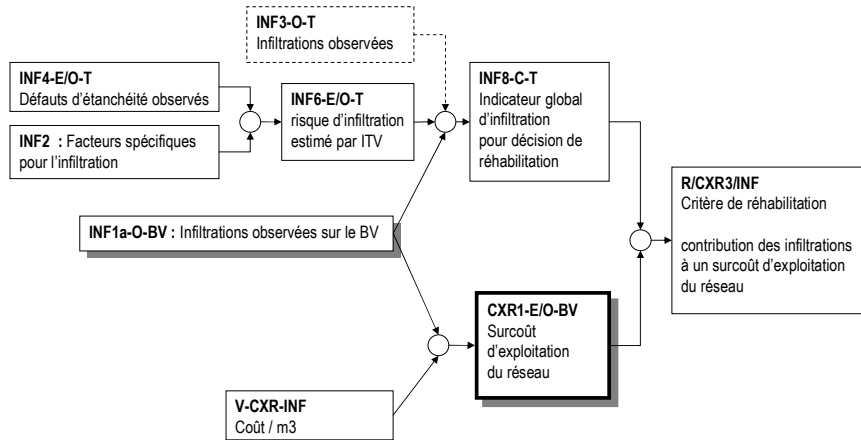
Tableau 8.23 : Commentaires associés à la formulation du critère

Distribution des valeurs : type a	
Opérateurs	
Niveaux d'influence	INF1-BV1 (sur BV2), INF3 et DEV4 : justifiés
Indice d'anomalie	
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	Approche diagnostic avec l'impact constaté (CXS-1) : on vérifie que l'état de santé du tronçon étudié contribue à cet impact.  Cette contribution est mesurée par INF8.

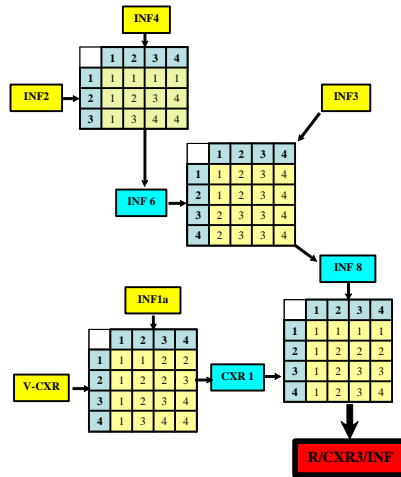
### 8.2.18. Critère R/CXR3/INF

Si INF3 n'est pas connu, comme précédemment, INF2 et INF4 deviennent prédominants.

#### Formulation du critère



#### Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (768 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 41% en état 1, 36% en état 2, 18% en état 3, 5% en état 4 (type a).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR		
	Opérateur (1)	Opérateur (2)	opérateur (3)
INF4	N = 2.16 IR = 43 %	N = 2.75 IR = 17 %	
INF2	IR = 57 %		N = 1.875
INF3		IR = 83 %	IR = 50 %
V - CXR		N = 2.25 IR = 40 %	IR = 50 %
INF1a		IR = 60 %	

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

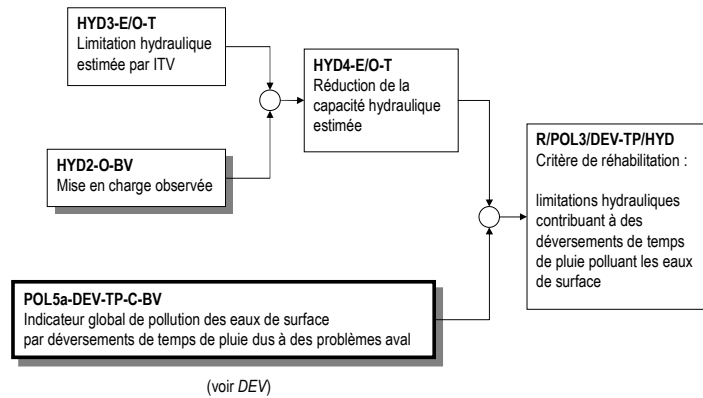
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
INF4	81	25	0	2.6	faible
INF2	81	34	0	2.45	faible
V - CXR	90	67	0	1.6	moyen
INF1a	100	67	3.5	1.4	moyen - fort
INF3	100	100	0	1.2	fort

Tableau 8.24 : Commentaires associés à la formulation du critère

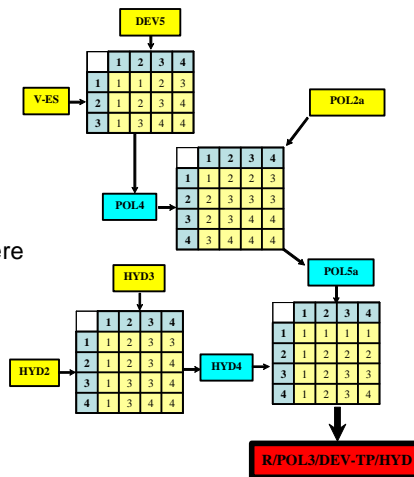
Distribution des valeurs : type a	
Opérateurs	
Niveaux d'influence	INF3, INF1a et V-CXR : justifiés
Indice d'anomalie	
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	Approche diagnostic avec l'impact constaté (CXR-1) : on vérifie que l'état de santé du tronçon étudié contribue à cet impact.  Cette contribution est mesurée par INF8.

### 8.2.19. Critère R/POL3/DEV-TP/HYD

#### Formulation du critère



#### Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (768 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 31% en état 1, 28% en état 2, 33% en état 3, 8% en état 4 (type B).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR		
	Opérateur (1)	Opérateur (2)	opérateur (3)
V	N = 2.41 (moy – max) IR = 38 % (moy – min)	N = 2.94 (moy – max)	
DEV5	IR = 62 % (moy-max)	IR = 54 % (moy)	N = 1.875 (min)
POL2a		IR = 46 % (moy)	IR = 50 % (moy)
HYD3		N = 2.625 (moy – max) IR = 79 % (moy – forte)	IR = 50 % (moy)
HYD2		IR = 21 % (moy – faible)	

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

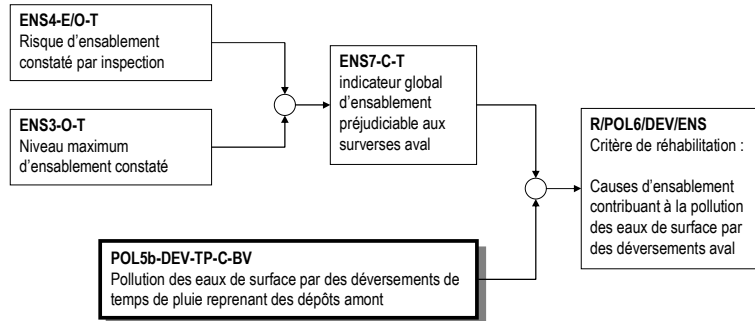
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
HYD2	67	10	0	2	faible
V	69	15	0	1.95	faible
DEV5	84	25	1	1.8	moyen- faible
POL2a	84	28	0	1.65	moyen
HYD3	100	50	11	1.2	fort

**Tableau 8.25 : Commentaires associés à la formulation du critère**

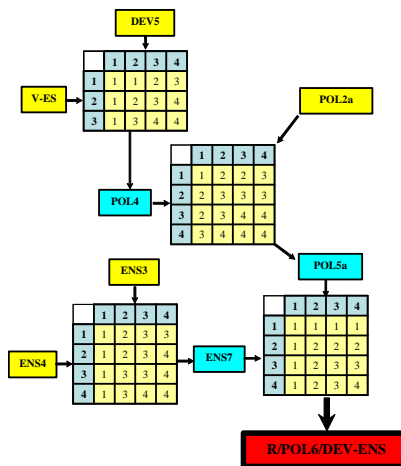
Distribution des valeurs : type b	
Opérateurs	
Niveaux d'influence	POL2a, HYD3 : justifiés
Indice d'anomalie	HYD3 justifié
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : HYD4 V et E : POL5a

## 8.2.20. Critère R/POL6/DEV/ENS

### Formulation du critère



### Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (768 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 31% en état 1, 28% en état 2, 33% en état 3, 8% en état 4 (type b).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR		
	Opérateur (1)	Opérateur (2)	opérateur (3)
V	N = 2.41 (moy – max) IR = 38 % (moy – min)	N = 2.94 (moy – max)	
DEV5	IR = 62 % (moy-max)	IR = 54 % (moy)	N = 1.875 (min)
POL2a		IR = 46 % (moy)	IR = 50 % (moy)
ENS3		N = 2.625 (moy – max) IR = 79 % (moy – forte)	IR = 50 % (moy)
ENS4		IR = 21 % (moy – faible)	

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

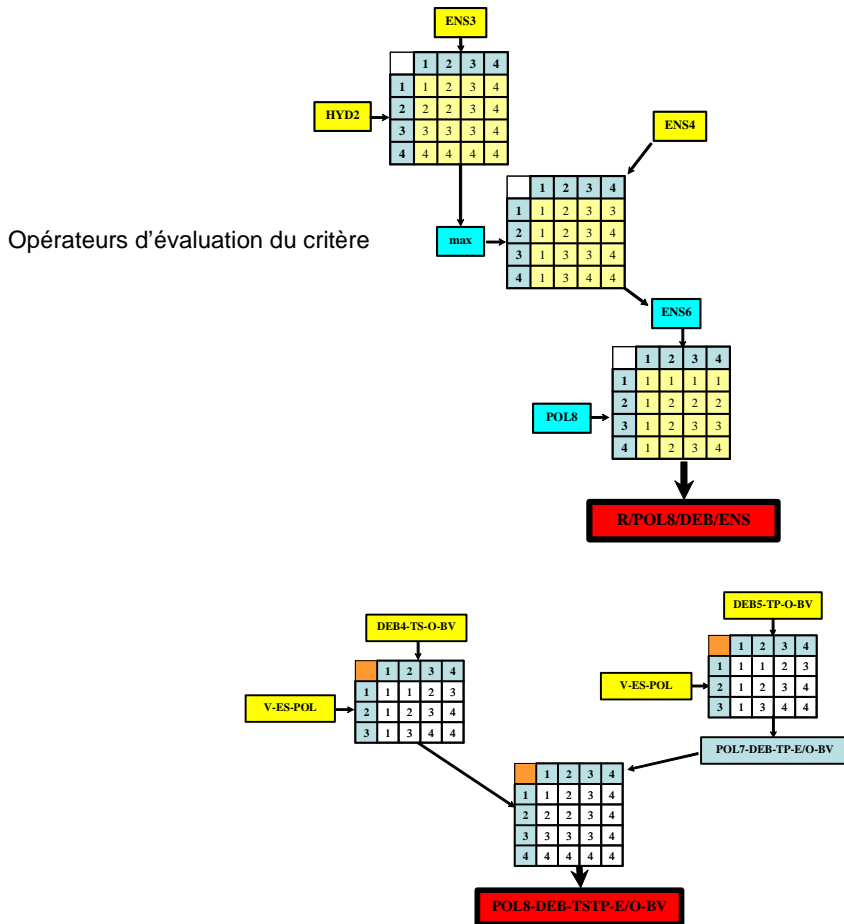
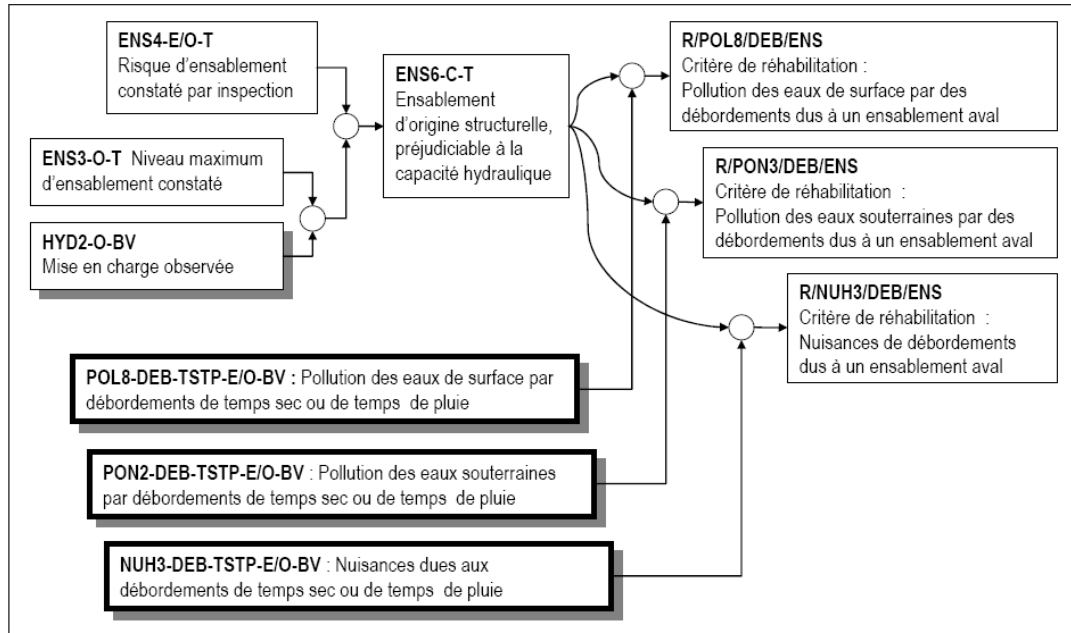
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
ENS4	67	10	0	2	faible
V	69	15	0	1.95	faible
DEV5	84	25	1	1.8	moyen- faible
POL2a	84	28	0	1.65	moyen
ENS3	100	50	11	1.2	fort

**Tableau 8.26 : Commentaires associés à la formulation du critère**

Distribution des valeurs : type b	
Opérateurs	Tableau 116 p 295 : opérateur ENS4⊗ENS3 à revoir (Min ?, idem tableaux 115 et 121) et ENS4 remplacé par ENS10
Niveaux d'influence	POL2a, ENS3 : justifiés
Indice d'anomalie	ENS3 justifié
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P, V et E : POL5a I : ENS7 <b>A revoir : Le risque d'ensablement</b> peut être apprécié avec deux indicateurs complémentaires : ENS4 (lié à l'état de santé) et ENS9 (lié à la structure du réseau et aux aléas externes) => cette révision est expliquée et justifiée (paragraphe 4.2 Causes d'ensablement p. 38)

### 8.2.21. Critère R/POL8/DEB/ENS

#### Formulation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (9216 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 48 % en état 1, 17 % en état 2, 20 % en état 3, 15 % en état 4 (type b).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR		
	Opérateur (1)	Opérateur (2)	opérateur (3)
<b>HYD2</b>	N = 3.125 (max) IR = 50 % (moy)	N = 2.625 (moy – max) IR = 21 % (moy- faible)	N = 1.875 (min) IR = 50 % (moy)
<b>ENS3</b>	IR = 50 % (moy)		
<b>ENS4</b>		IR = 79 % (moy- forte)	
<b>DEB4</b>	N = 2.41 (moy – max) IR = 62 % (moy-fort)	N = 3.125 (max) IR = 50 % (moy)	IR = 50 % (moy)
<b>V-ES</b>	IR = 38 % (moy-faible)		
<b>DEB5</b>	N = 2.41 (moy – max) IR = 62 % (moy-fort)	IR = 50 % (moy)	
<b>V-ES</b>	IR = 38 % (moy-faible)		

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

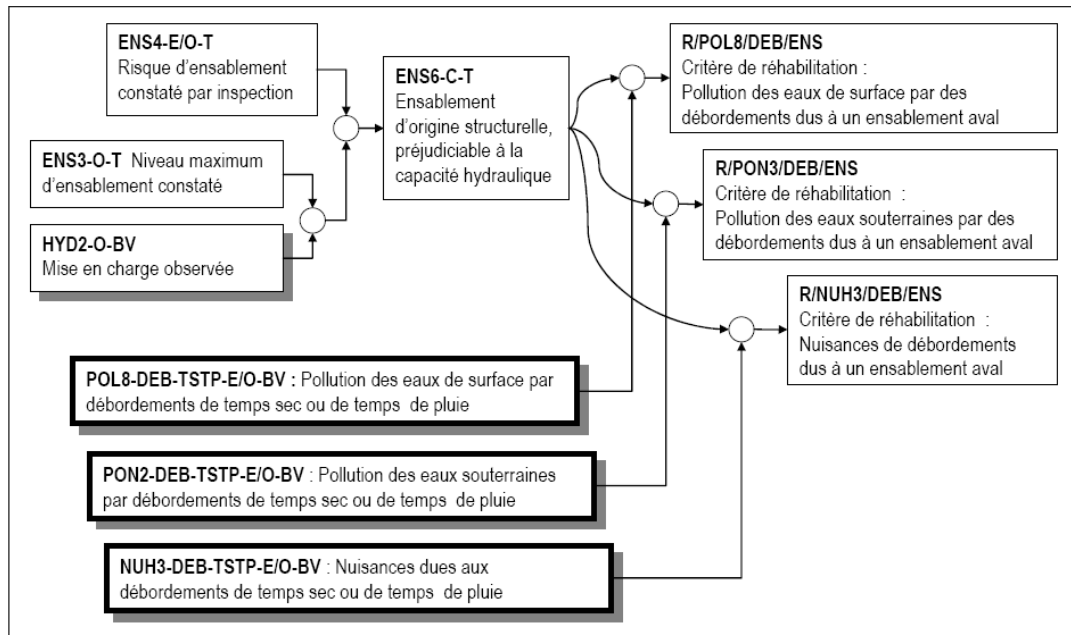
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
<b>HYD2</b>	53	7	0	2.6	faible
<b>ENS3</b>	53	7	0	2.6	faible
<b>V-ES</b>	66	26	0	2.1	moyen- faible
<b>V-ES</b>	66	26	0	2.1	moyen- faible
<b>DEB5</b>	70	35	7.5	1.95	moyen
<b>DEB4</b>	70	35	7.5	1.95	moyen
<b>ENS4</b>	100	51	12.5	1.2	fort

Tableau 8.27 : Commentaires associés à la formulation du critère

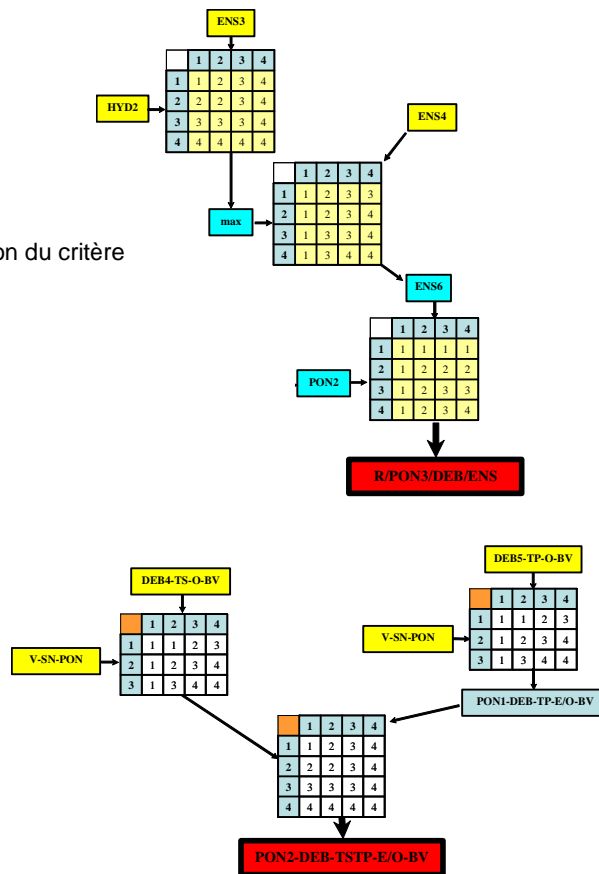
Distribution des valeurs : type b	
Opérateurs	Tableau 115 p ; 294 : opérateur ENS4⊗Max(ENS3,HYD2) à revoir (et ENS4 remplacé par ENS10)
Niveaux d'influence	
Indice d'anomalie	
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : ENS6 et F : DEB4 (on mesure la contribution à un impact) V et E : V-ES <b>A revoir : Le risque d'ensablement</b> peut être apprécié avec deux indicateurs complémentaires : ENS4 (lié à l'état de santé) et ENS9 (lié à la structure du réseau et aux aléas externes) => cette révision est expliquée et justifiée (paragraphe 4.2 Causes d'ensablement p. 38)

### 8.2.22. Critère R/PON3/DEB/ENS

#### Formulation du critère



#### Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (9216 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 48 % en état 1, 17 % en état 2, 20 % en état 3, 15 % en état 4 (type B).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR		
	Opérateur (1)	Opérateur (2)	opérateur (3)
<b>HYD2</b>	N = 3.125 (max) IR = 50 % (moy)	N = 2.625 (moy – max) IR = 21 % (moy- faible)	N = 1.875 (min) IR = 50 % (moy)
<b>ENS3</b>	IR = 50 % (moy)		
<b>ENS4</b>		IR = 79 % (moy- forte)	
<b>DEB4</b>	N = 2.41 (moy – max) IR = 62 % (moy-fort)	N = 3.125 (max) IR = 50 % (moy)	IR = 50 % (moy)
<b>V-SN</b>	IR = 38 % (moy-faible)		
<b>DEB5</b>	N = 2.41 (moy – max) IR = 62 % (moy-fort)		
<b>V-SN</b>	IR = 38 % (moy-faible)	IR = 50 % (moy)	

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

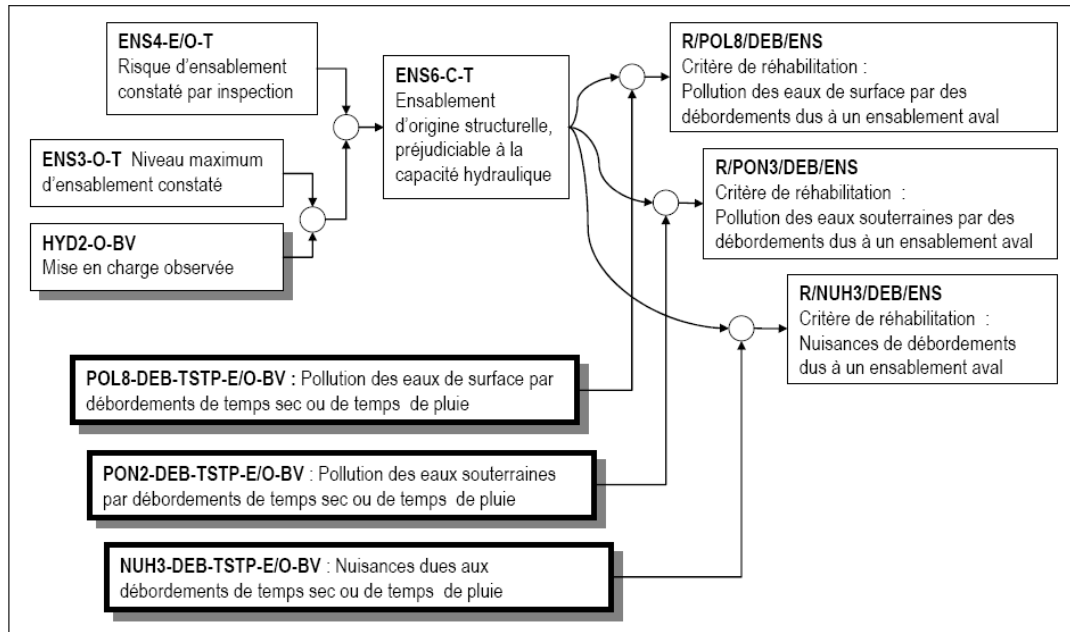
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
<b>HYD2</b>	53	7	0	2.6	faible
<b>ENS3</b>	53	7	0	2.6	faible
<b>V-SN</b>	66	26	0	2.1	moyen- faible
<b>V-SN</b>	66	26	0	2.1	moyen- faible
<b>DEB4</b>	70	35	7.5	1.95	moyen
<b>DEB4</b>	70	35	7.5	1.95	moyen
<b>ENS4</b>	100	51	12.5	1.2	fort

Tableau 8.28 : Commentaires associés à la formulation du critère

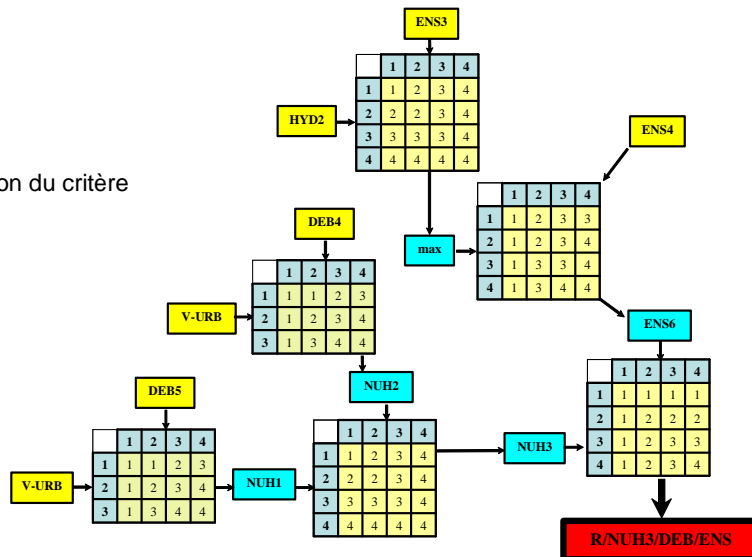
Distribution des valeurs : type b	
Opérateurs	Tableau 115 p ; 294 : opérateur ENS4⊗Max(ENS3,HYD2) à revoir (et ENS4 remplacé par ENS10)
Niveaux d'influence	
Indice d'anomalie	
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : ENS6 et F : DEB4 (on mesure la contribution à un impact) V et E : V-SN <b>A revoir : Le risque d'ensablement</b> peut être apprécié avec deux indicateurs complémentaires : ENS4 (lié à l'état de santé) et ENS9 (lié à la structure du réseau et aux aléas externes) => cette révision est expliquée et justifiée (paragraphe 4.2 Causes d'ensablement p. 38)

### 8.2.23. Critère R/NUH3/DEB/ENS

#### Formulation du critère



Opérateurs d'évaluation du critère  
Formation RERAU



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (9216 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 48 % en état 1, 17 % en état 2, 20 % en état 3, 15 % en état 4 (type B).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR		
	Opérateur (1)	Opérateur (2)	opérateur (3)
<b>HYD2</b>	N = 3.125 (max) IR = 50 % (moy)	N = 2.625 (moy - max) IR = 21 % (moy- faible)	N = 1.875 (min) IR = 50 % (moy)
<b>ENS3</b>	IR = 50 % (moy)		
<b>ENS4</b>		IR = 79 % (moy- forte)	
<b>DEB5</b>	N = 2.41 (moy - max) IR = 62 (moy - forte)	N = 3.125 (max) IR = 50 % (moy)	
<b>V-URB</b>	IR = 38 (moy - faible)		
<b>DEB4</b>	N = 2.41 (moy - max) IR = 62 (moy - forte)	IR = 50 % (moy)	IR = 50 % (moy)
<b>V-URB</b>	IR = 38 (moy - faible)		

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

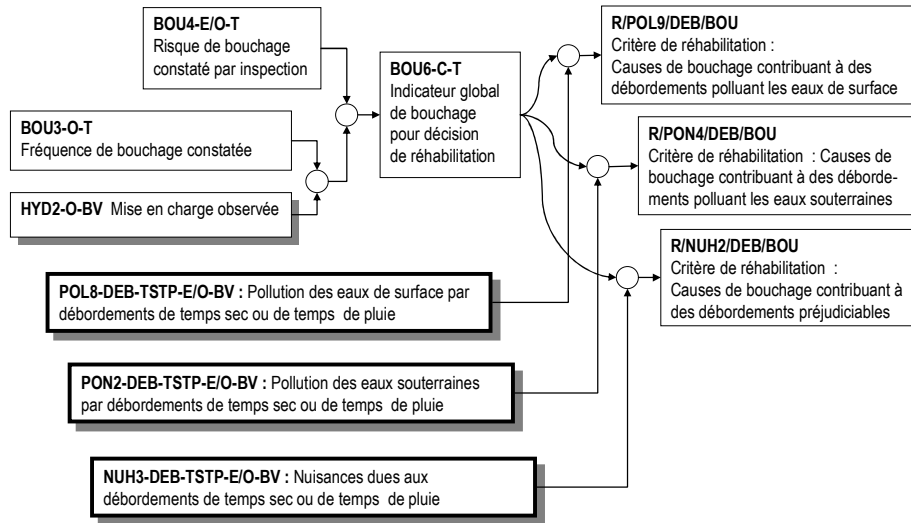
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
HYD2	53	7	0	2.6	faible
ENS3	53	7	0	2.6	faible
V-URB	66	26	0	2.1	moyen- faible
V-URB	66	26	0	2.1	moyen- faible
DEB4	70	35	7.5	1.95	moyen
DEB5	70	35	7.5	1.95	moyen
ENS4	100	51	12.5	1.2	fort

Tableau 8.29 : Commentaires associés à la formulation du critère

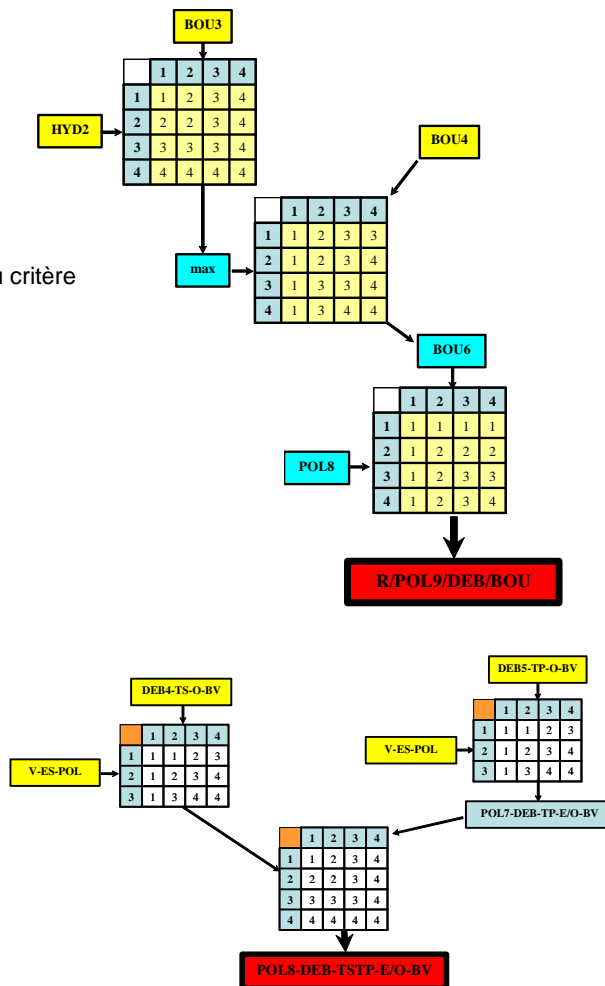
Distribution des valeurs : type b	
Opérateurs	Tableau 115 p 294 : opérateur ENS4 ⊗ Max(ENS3, HYD2) à revoir (idem tableaux 116 et 121) et ENS4 remplacé par ENS10
Niveaux d'influence	
Indice d'anomalie	
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : ENS6 et F : DEB4 ou DEB5 (on mesure la contribution à un impact) V et E : V-URB-NUH Quid du I = f(diamètre, effluent...) <b>A revoir : Le risque d'ensablement</b> peut être apprécié avec deux indicateurs complémentaires : ENS4 (lié à l'état de santé) et ENS9 (lié à la structure du réseau et aux aléas externes) => cette révision est expliquée et justifiée (paragraphe 4.2 Causes d'ensablement p. 38)

## 8.2.24. Critère R/POL9/DEB/BOU

### Formulation du critère



### Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (9216 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 48 % en état 1, 17 % en état 2, 20 % en état 3, 15 % en état 4 (type b).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR		
	Opérateur (1)	Opérateur (2)	opérateur (3)
<b>HYD2</b>	N = 3.125 (max) IR = 50 % (moy)	N = 2.625 (moy – max) IR = 21 % (moy- faible)	N = 1.875 (min) IR = 50 % (moy)
<b>BOU3</b>	IR = 50 % (moy)		
<b>BOU4</b>		IR = 79 % (moy- forte)	
<b>DEB4</b>	N = 2.41 (moy – max) IR = 62 % (moy-fort)	N = 3.125 (max) IR = 50 % (moy)	IR = 50 % (moy)
<b>V-ES</b>	IR = 38 % (moy-faible)		
<b>DEB5</b>	N = 2.41 (moy – max) IR = 62 % (moy-fort)	IR = 50 % (moy)	
<b>V-ES</b>	IR = 38 % (moy-faible)		

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

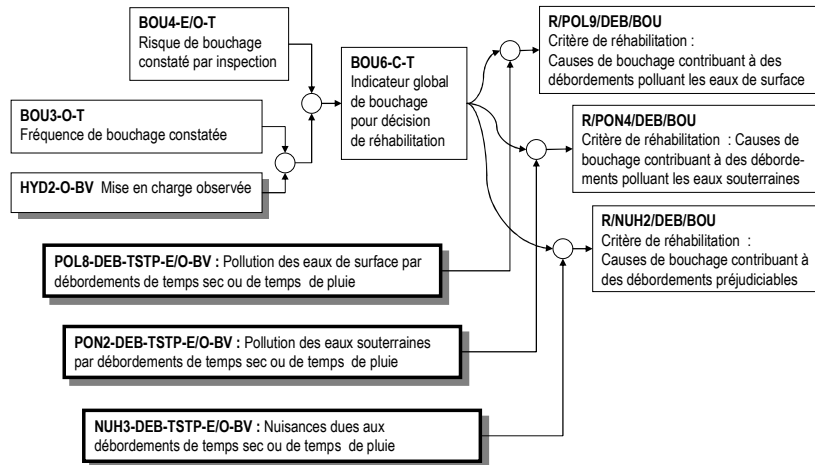
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
<b>HYD2</b>	53	7	0	2.6	faible
<b>BOU3</b>	53	7	0	2.6	faible
<b>V-ES</b>	66	26	0	2.1	moyen- faible
<b>V-ES</b>	66	26	0	2.1	moyen- faible
<b>DEB5</b>	70	35	7.5	1.95	moyen
<b>DEB4</b>	70	35	7.5	1.95	moyen
<b>BOU4</b>	100	51	12.5	1.2	fort

Tableau 8.30 : Commentaires associés à la formulation du critère

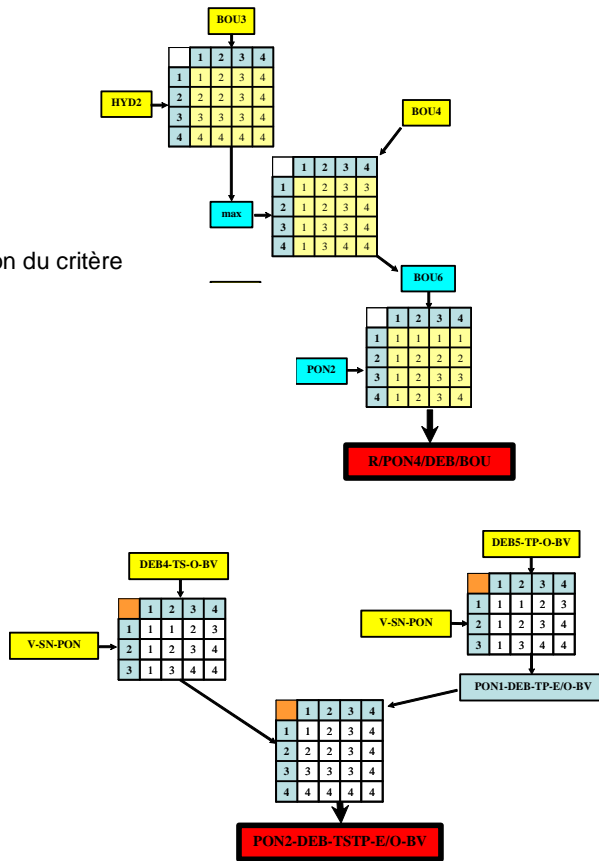
Distribution des valeurs : type b	
Opérateurs	Opérateur BOU3⊗HYD2 à étudier (pertinence de Max ?) Tableau 121 p 310 : opérateur BOU4⊗Max(BOU3,HYD2) à revoir (idem tableaux 115, 116)
Niveaux d'influence	
Indice d'anomalie	
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : BOU6 et F : DEB4 ou DEB5 V et E : V-ES Quid du I = f(diamètre, effluent...)

### 8.2.25. Critère R/PON4/DEB/BOU

#### Formulation du critère



#### Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (9216 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 48 % en état 1, 17 % en état 2, 20 % en état 3, 15 % en état 4 (type B).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR		
	Opérateur (1)	Opérateur (2)	opérateur (3)
<b>HYD2</b>	N = 3.125 (max) IR = 50 % (moy)	N = 2.625 (moy – max) IR = 21 % (moy- faible)	N = 1.875 (min) IR = 50 % (moy)
<b>BOU3</b>	IR = 50 % (moy)		
<b>BOU4</b>		IR = 79 % (moy- forte)	
<b>DEB4</b>	N = 2.41 (moy – max) IR = 62 % (moy-fort)	N = 3.125 (max)	IR = 50 % (moy)
<b>V-SN</b>	IR = 38 % (moy-faible)	IR = 50 % (moy)	
<b>DEB5</b>	N = 2.41 (moy – max) IR = 62 % (moy-fort)		
<b>V-SN</b>	IR = 38 % (moy-faible)	IR = 50 % (moy)	

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

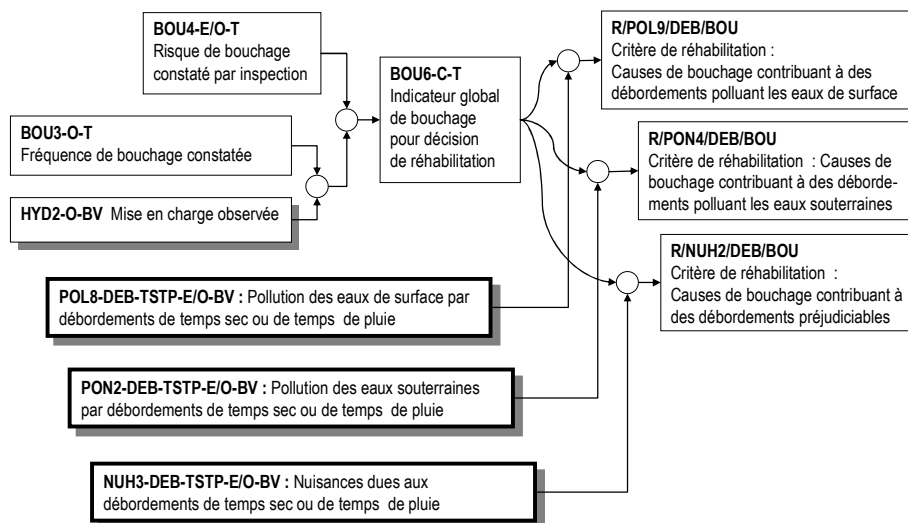
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
<b>HYD2</b>	53	7	0	2.6	faible
<b>BOU3</b>	53	7	0	2.6	faible
<b>V-SN</b>	66	26	0	2.1	moyen- faible
<b>V-SN</b>	66	26	0	2.1	moyen- faible
<b>DEB5</b>	70	35	7.5	1.95	moyen
<b>DEB4</b>	70	35	7.5	1.95	moyen
<b>BOU4</b>	100	51	12.5	1.2	fort

Tableau 8.31 : Commentaires associés à la formulation du critère

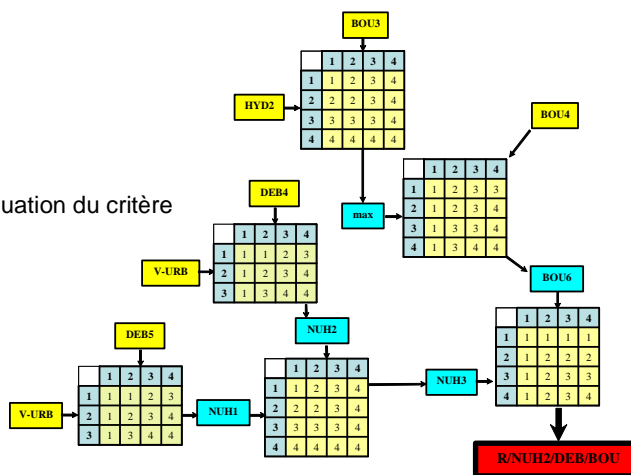
Distribution des valeurs : type b	
Opérateurs	Opérateur BOU3⊗HYD2 à étudier (pertinence de Max ?) Tableau 121 p 310 : opérateur BOU4⊗Max(BOU3,HYD2) à revoir (idem tableaux 115, 116)
Niveaux d'influence	
Indice d'anomalie	
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : BOU6 et F : DEB4 ou DEB5 V et E : V-SN Quid du I = f(diamètre, effluent...)

## 8.2.26. Critère R/NUH2/DEB/BOU

### Formulation du critère



### Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (9216 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 48 % en état 1, 17 % en état 2, 20 % en état 3, 15 % en état 4 (type B).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR		
	Opérateur (1)	Opérateur (2)	opérateur (3)
<b>HYD2</b>	N = 3.125 (max) IR = 50 % (moy)	N = 2.625 (moy – max)	
<b>BOU3</b>	IR = 50 % (moy)	IR = 21 % (moy- faible)	N = 1.875 (min)
<b>BOU4</b>		IR = 79 % (moy- forte)	IR = 50 % (moy)
<b>DEB5</b>	N = 2.41 (moy – max) IR = 62 (moy – forte)	N = 3.125 (max)	
<b>V-URB</b>	IR = 38 (moy – faible)	IR = 50 % (moy)	
<b>DEB4</b>	N = 2.41 (moy – max) IR = 62 (moy – forte)	IR = 50 % (moy)	IR = 50 % (moy)
<b>V-URB</b>	IR = 38 (moy – faible)		

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

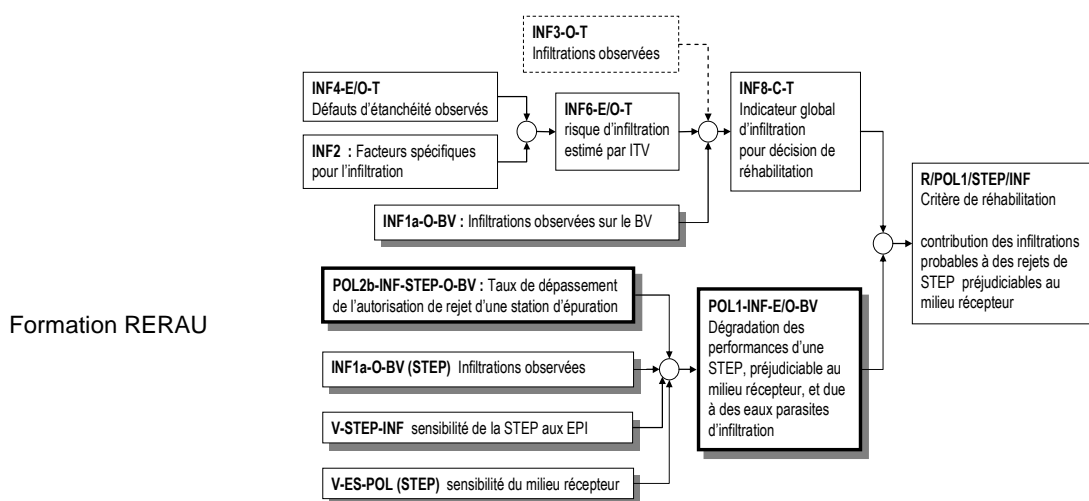
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
<b>HYD2</b>	53	7	0	2.6	faible
<b>BOU3</b>	53	7	0	2.6	faible
<b>V-URB</b>	66	26	0	2.1	moyen- faible
<b>V-URB</b>	66	26	0	2.1	moyen- faible
<b>DEB4</b>	70	35	7.5	1.95	moyen
<b>DEB5</b>	70	35	7.5	1.95	moyen
<b>BOU4</b>	100	51	12.5	1.2	fort

Tableau 8.32 : Commentaires associés à la formulation du critère

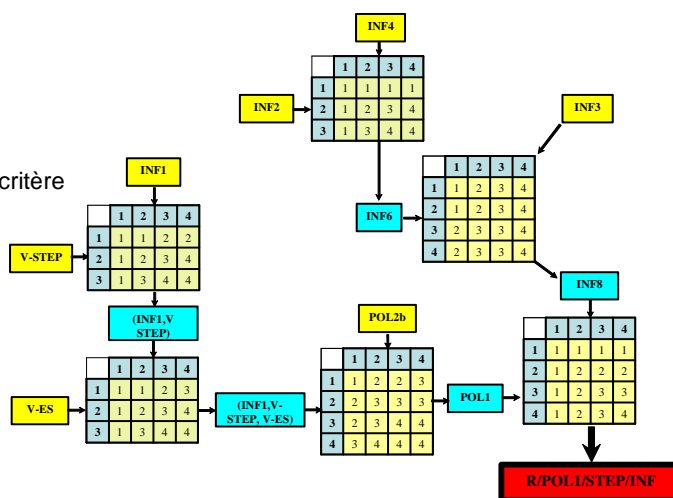
Distribution des valeurs : type b	
Opérateurs	Opérateur BOU3⊗HYD2 à étudier (pertinence de Max ?) Tableau 121 p 310 : opérateur BOU4⊗Max(BOU3,HYD2) à revoir (idem tableaux 115, 116)
Niveaux d'influence	
Indice d'anomalie	
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : BOU6 et F : DEB4 ou DEB5 V et E : V-URB Quid du I = f(diamètre, effluent...)

### 8.2.27. Critère R/POL1/STEP/INF (cas INF3 connu)

#### Formulation du critère



#### Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (6912 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 20% en état 1, 40% en état 2, 34% en état 3, 6% en état 4 (type c).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR			
	Opérateur (1)	Opérateur (2)	opérateur (3)	opérateur (4)
INF2		N = 2.16 IR = 57 %	N = 2.75 IR = 17 %	N = 1.875 IR = 50 %
INF4		IR = 43 %	IR = 83 %	
INF3			N = 2.94 IR = 46 %	
POL2b		N = 2.41 IR = 38	IR = 54 %	IR = 50 %
V-ES	N = 2.3 IR = 46	IR = 62		
V-STEP	IR = 54			
INF1				

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

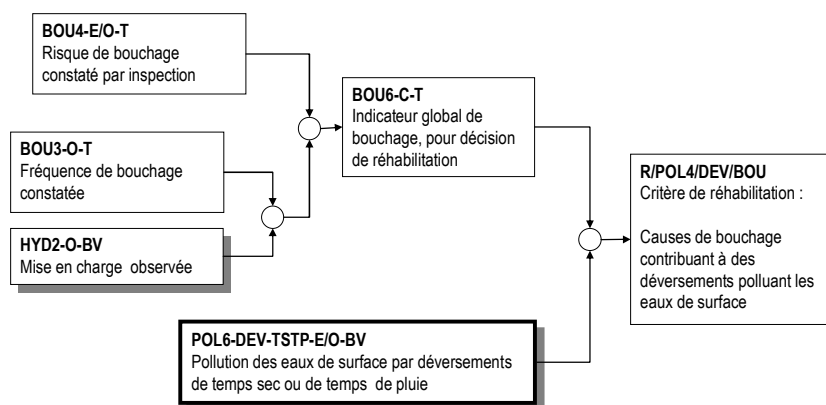
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
INF4	65	25	0	2.6	faible
INF2	65	34	0	2.45	faible
V-ES	75	40	0	1.95	moyen
V-STEP	75	40	3.5	1.93	moyen
INF1	75	50	0	1.91	moyen
POL2b	85	60	0	1.7	moyen
INF3	100	100	0	1.2	fort

Tableau 8.33 : Commentaires associés à la formulation du critère

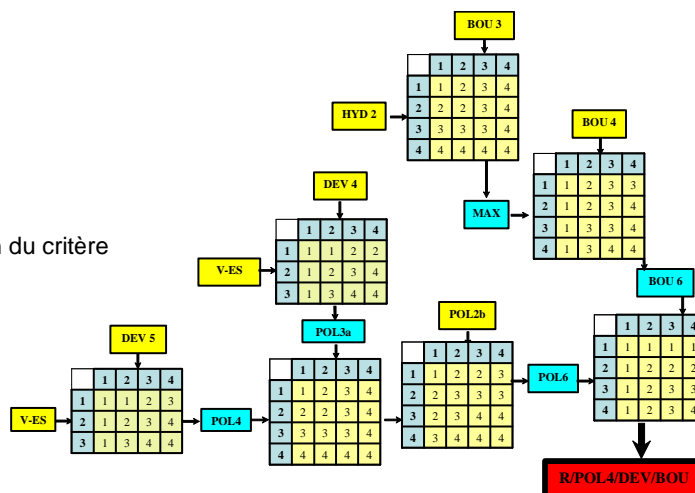
Distribution des valeurs : type c	Cette question de distribution n'est pas adaptée ici (d'autant plus qu'il n'y a généralement qu'une STEP). L'enjeu est plus dans la définition des vulnérabilités : V-STEP-INF et V-ES-POL.
Opérateurs	
Niveaux d'influence	INF3 : justifié
Indice d'anomalie	
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	Approche diagnostic avec l'impact constaté (POL1) : on vérifie que l'état de santé du tronçon étudié contribue à cet impact. Cette contribution est mesurée par la combinaison INF8

### 8.2.28. Critère R/POL4/DEV/BOU

#### Formulation du critère



#### Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (36864 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 26% en état 1, 21 % en état 2, 40 % en état 3, 13 % en état 4 (type B).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR			
	Opérateur (1)	Opérateur (2)	opérateur (3)	opérateur (4)
HYD2		N = 3.125 IR = 50 %	N = 2.625	
BOU3		IR = 50 %	IR = 21 %	N = 1.875
BOU4			IR = 79 %	IR = 50 %
POL2a			N = 2.94 IR = 46 %	
V-ES	N = 2.4 IR = 38	N = 3.125		
DEV5	IR = 62	IR = 50		IR = 50 %
V-ES	N = 2.4 IR = 38	IR = 50	IR = 54 %	
DEV4	IR = 62			

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

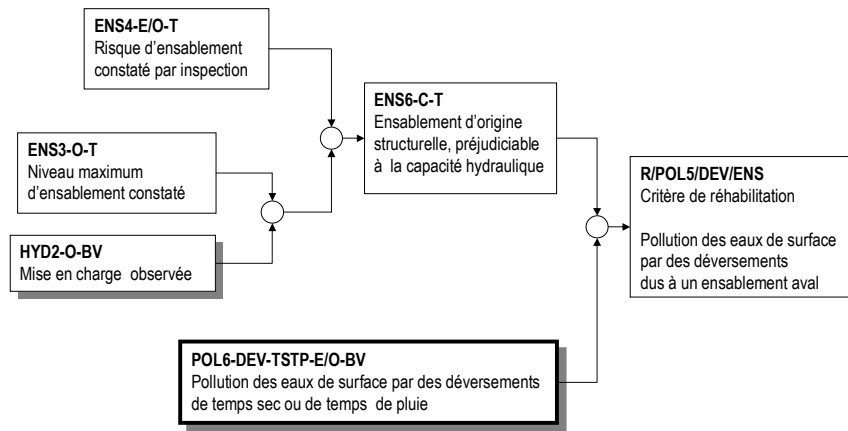
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
HYD 2	50	7	0	2.6	faible
V – ES	57	12	0	2.1	Moyen – faible
DEV 5	57	12	0	2	Moyen – faible
DEV 4	57	12	3.5	2	Moyen – faible
POL2a	75	20	0	1.7	Moyen
BOU 3	85	40	0	1.4	Moyen - fort
BOU 4	100	60	0	1.2	fort

Tableau 8.34 : Commentaires associés à la formulation du critère

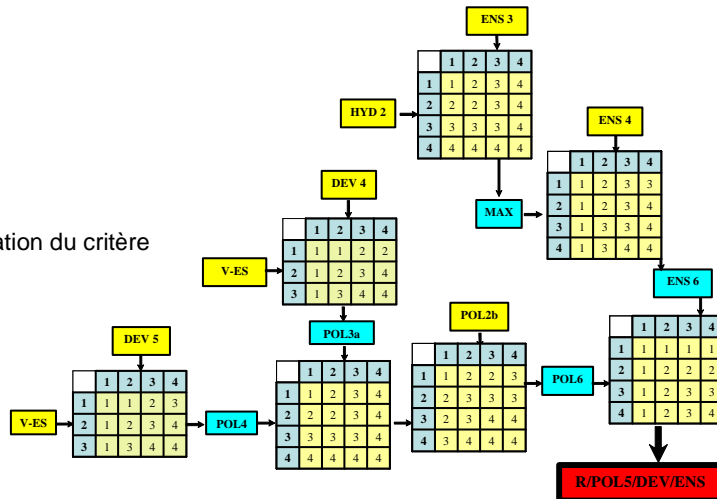
Distribution des valeurs : type b	
Opérateurs	Opérateur BOU3⊗HYD2 à étudier (pertinence de Max ?) Tableau 121 p 310 : opérateur BOU4⊗Max(BOU3,HYD2) à revoir (idem tableaux 115, 116)
Niveaux d'influence	
Indice d'anomalie	
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : BOU6 et F : DEV4 ou DEV5 V et E : V-ES

### 8.2.29. Critère R/POL5/DEV/ENS

#### Formulation du critère



#### Opérateurs d'évaluation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (36864 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 26% en état 1, 21 % en état 2, 40 % en état 3, 13 % en état 4 (type B).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR			
	Opérateur (1)	Opérateur (2)	opérateur (3)	opérateur (4)
HYD2		N = 3.125 IR = 50 %	N = 2.625 IR = 21 %	
ENS3				N = 1.875
ENS4			IR = 79 %	IR = 50 %
POL2a			N = 2.94 IR = 46 %	
V-ES	N = 2.4 IR = 38	N = 3.125		
DEV5	IR = 62	IR = 50		IR = 50 %
V-ES	N = 2.4 IR = 38	IR = 50	IR = 54 %	
DEV4	IR = 62			

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

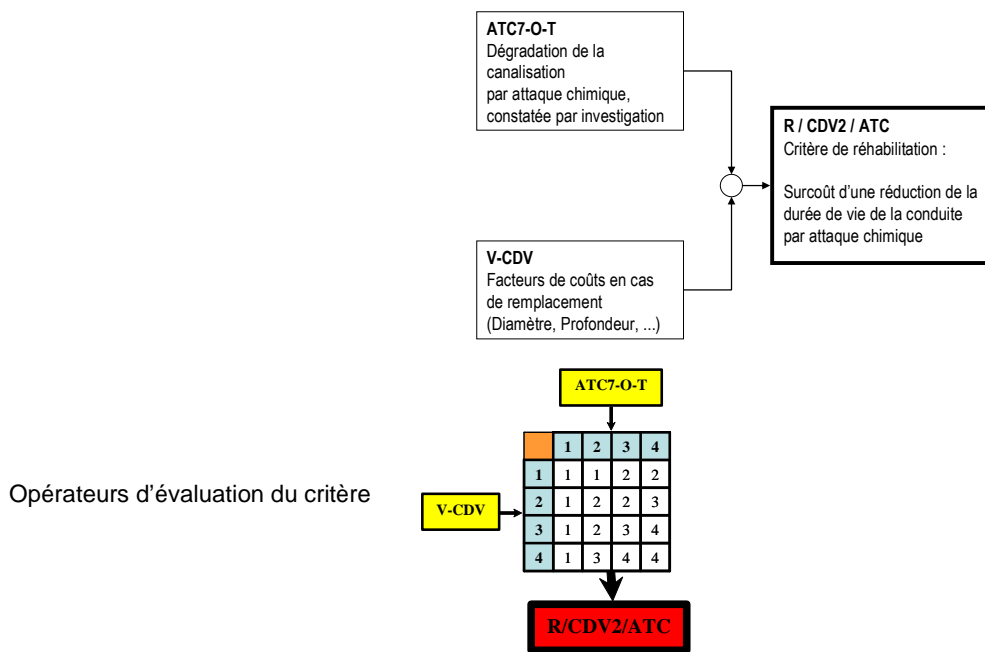
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
HYD 2	50	7	0	2.6	faible
V – ES	57	12	0	2.1	Moyenne – faible
DEV 5	57	12	0	2	Moyenne – faible
DEV 4	57	12	3.5	2	Moyenne – faible
POL2a	75	20	0	1.7	moyenne
ENS 3	85	40	0	1.4	Moyenne - fort
ENS 4	100	60	0	1.2	fort

Tableau 8.35 : Commentaires associés à la formulation du critère

Distribution des valeurs : type b	
Opérateurs	Opérateur ENS3⊗HYD2 à étudier (pertinence de Max ?) Tableau 115 p 294 : opérateur ENS4⊗Max(ENS3,HYD2) à revoir (idem tableaux 116 et 121)
Niveaux d'influence	
Indice d'anomalie	
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : ENS6 et F : DEV4 ou DEV5 V et E : V-ES

### 8.2.30. Critère R/CDV2/ATC

#### Formulation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (16 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 32% en état 1, 32 % en état 2, 18 % en état 3, 18 % en état 4 (type c).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR
	Opérateur (1)
ATC 7	N = 2.25 (moy – min) IR = 60 % (moy)
V-CDV-	IR = 40 % (moy)

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

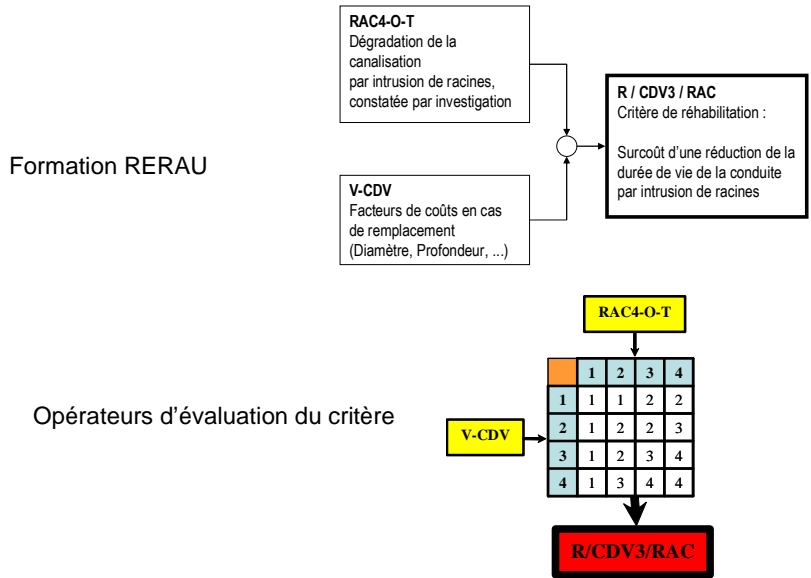
Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
V-CDV	75	50	0	1.35	moyen -faible
ATC-7	100	67	8	0.9	moyen

Tableau 8.36 : Commentaires associés à la formulation du critère

Distribution des valeurs : type c	Des distributions uniformes sont pessimistes pour ATC-7 et V-CDV
Opérateurs	
Niveaux d'influence	
Indice d'anomalie	
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : ATC-7 I : V-CDV V et E : reportés dans l'attribution du poids du critère

### 8.2.31. Critère R/CDV3/RAC

#### Formulation du critère



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (16 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 32% en état 1, 32 % en état 2, 18 % en état 3, 18 % en état 4 (type c).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR
	Opérateur (I)
RAC 4	N = 2.25 (moy - min) IR = 60 % (mo
V-CDV-	IR = 40 % (moy)

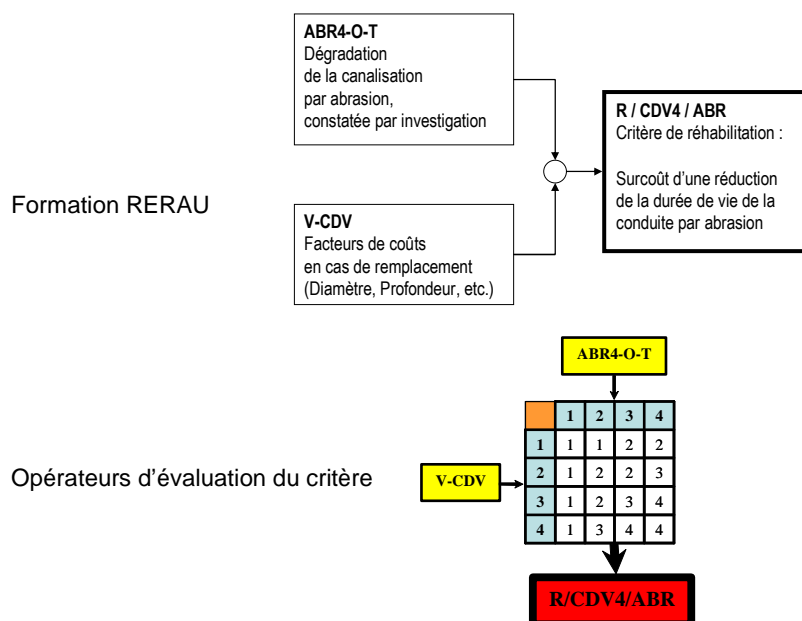
Tableau de synthèse concernant le critère étudié

Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
V-CDV	75	50	0	1.35	Moyenne -faible
RAC 4	100	67	8	0.9	moyenne

Tableau 8.37 : Commentaires associés à la formulation du critère

Distribution des valeurs : type c	Des distributions uniformes sont pessimistes pour RAC4 et V-CDV
Opérateurs	
Niveaux d'influence	
Indice d'anomalie	
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : RAC4 I : V-CDV V et E : reportés dans l'attribution du poids du critère

### 8.2.32. Critère R/CDV4/ABR



Concernant la distribution du critère, pour une distribution homogène des indicateurs (16 cas étudiés) on obtient la répartition suivante : 32% en état 1, 32 % en état 2, 18 % en état 3, 18 % en état 4 (type c).

Nature des opérateurs et influence relative des indicateurs pour le critère étudié

Indicateur	N & IR
	Opérateur (1)
ABR 4	N = 2.25 (moy – min) IR = 60 % (moy)
V-CDV-	IR = 40 % (moy)

Tableau de synthèse concernant le critère étudié

Indicateur	IL (%)	IS (%)	IAP (%)	IC	Niveau d'influence
V-CDV	75	50	0	1.35	Moyenne -faible
ABR 4	100	67	8	0.9	moyenne

**Tableau 8.38 : Commentaires associés à la formulation du critère**

Distribution des valeurs : type c	Des distributions uniformes sont pessimistes pour ABR4 et V-CDV
Opérateurs	
Niveaux d'influence	
Indice d'anomalie	
Formulation PIVE ? P : Possibilité / F : Fréquence I : Intensité V : Vulnérabilité E : Enjeux / Valeur des éléments exposés	P : ABR4 I : V-CDV V et E : reportés dans l'attribution du poids du critère