

Record Number: 830
Author, Monographic: Bobée, B./Sasseville, J. L.
Author Role:
Title, Monographic: Éléments d'une approche rationnelle aux problèmes environnementaux
Translated Title:
Reprint Status:
Edition:
Author, Subsidiary:
Author Role:
Place of Publication: Québec
Publisher Name: INRS-Eau
Date of Publication: 1977
Original Publication Date:
Volume Identification:
Extent of Work: 25
Packaging Method: pages
Series Editor:
Series Editor Role:
Series Title: INRS-Eau, Rapport de recherche
Series Volume ID: 83
Location/URL:
ISBN: 2-89146-081-2
Notes: Rapport annuel 1982-1983
Abstract: Rapport rédigé pour les Services de protection de l'environnement du Québec
10.00\$
Call Number: R000083
Keywords: rapport/ ok/ dl

ELEMENTS D'UNE APPROCHE RATIONNELLE
AUX PROBLEMES ENVIRONNEMENTAUX

par

B. Bobée et J.L. Sasseville,
Professeurs, INRS-Eau

RESUME

Les problèmes environnementaux, comme ceux qui sont soulevés par la présence de substances toxiques dans le milieu, complexes et difficiles à circonscrire, nécessitent l'établissement d'un cadre stratégique global subordonnant l'ensemble des activités interventionnistes du gouvernement sur le sujet. Afin de combler certaines exigences méthodologiques, on explicite, dans ce rapport, une démarche logique qui traitera successivement de l'acquisition de données en vue de caractériser un problème spécifique (comme l'agression toxique), de l'établissement et de l'usage de scénarios environnementaux et d'indices de comportements associés et finalement des grandes lignes d'une méthodologie d'évaluation des problèmes environnementaux orientée vers l'intervention.

Mots clef:

Méthodologie / plan d'échantillonnage / données / fréquence / densité / durée / scénario / indices / environnement / comportement / substances toxiques / agression toxique / intervention / rationalisation

TABLE DES MATIERES

RESUME	I
TABLE DES MATIERES	II
LISTE DES FIGURES	III
INTRODUCTION	1
1. NECESSITE D'UN CADRE METHODOLOGIQUE	2
2. NOTIONS D'ACCES AUX SCENARIOS ENVIRONNEMENTAUX ET INDICES DE COMPORTEMENT	3
2.1 L'USAGE DE SCENARIOS ET INDICES	4
2.2 L'ETABLISSEMENT D'UN SCENARIO ENVIRONNEMENTAL ET LA CONSTRUCTION D'INDICES DE COMPORTEMENT	4
3. CARACTERISTIQUES DE L'ACQUISITION DES DONNEES	11
3.1 CADRE GENERAL	11
3.2 ELEMENTS DU PLAN D'ECHANTILLONNAGE	13
4. GRANDES LIGNES D'UNE METHODOLOGIE D'EVALUATION DES PROBLEMES ORIENTEE VERS L'INTERVENTION	18
BIBLIOGRAPHIE	25

LISTE DES FIGURES

	<u>PAGE</u>
1. Exemple de scénario environnemental et d'indices de comportement (d'après Lapointe et Sasseville, 1976).	8
2. Etapes de la méthodologie d'évaluation	20

INTRODUCTION

Les problèmes environnementaux, tels ceux soulevés par la présence des substances toxiques, sont complexes et difficiles à circonscrire, car ils sont associés à de nombreux secteurs d'activités, contrôlés par plusieurs organismes gouvernementaux.

La solution de ces problèmes nécessite une stratégie globale et interdisciplinaire (en raison de la multiplicité des causes, des effets et des conséquences), qui prenne le pas sur les solutions à court terme et orientées vers des fins trop spécifiques, mises de l'avant par les divers organismes gouvernementaux qui ont tendance à agir de manière indépendante suivant un processus classique de balkanisation (Sasseville et Leclerc, 1976).

C'est dans ce contexte que l'on envisage ici le rôle que pourrait jouer un organisme interventionniste:

- d'un point de vue analytique, dans l'identification et la classification des problèmes reliés à la présence des substances toxiques
- d'un point de vue synthétique, dans le développement et la promotion d'une approche méthodologique uniforme pour l'acquisition des connaissances et la solution des problèmes.

Dans ce cadre d'élaboration d'une problématique orientée vers l'intervention, il ne s'agit pas d'établir un plan d'échantillonnage, ce qui serait prématuré dans l'état des connaissances actuelles. On vise plutôt à décrire les principaux principes auxquels doit satisfaire le plan d'échantillonnage, tout en identifiant les moyens permettant de l'établir.

L'objectif final étant l'établissement d'une démarche méthodologique applicable aux différents problèmes posés par la présence des substances toxiques.

1. NECESSITE D'UN CADRE METHODOLOGIQUE

La présence de substances toxiques peut être détectée directement par des mesures ou encore perçue par ses effets sur l'homme et son environnement. Cette acquisition de connaissances, si elle est nécessaire pour mesurer l'intensité des problèmes associés à la présence des substances toxiques et identifier l'impact des interventions élaborées pour les résoudre, doit être effectuée dans un cadre méthodologique dont les grandes lignes seront développées plus loin. Cette approche nécessite cependant une perception globale, puisque chaque problème identifié ou perçu comporte un ensemble de composantes qui déborde largement le domaine d'intérêt d'un ministère unique.

Il est en effet clair qu'actuellement un ministère à vocation spécifique est peu porté et souvent peu apte à envisager un problème, en considérant l'ensemble des causes et des conséquences associées à la présence des substances toxiques. Le manque de concertation et de communication entre les spécialistes des différents ministères concernés par un même problème ne peut qu'engendrer une vision spécialisée ne conduisant qu'à des solutions partielles dont l'impact peut être néfaste globalement ou à long terme. Afin d'aborder adéquatement les problèmes soulevés par la présence des substances toxiques dans le milieu, un organisme ayant des visées interventionnistes devrait donc agir, entre autres rôles, comme:

- agent d'identification des différents problèmes
- développeur d'une méthodologie globale d'évaluation applicable à chaque problème
- promoteur de cette méthodologie auprès des différents organismes concernés par la présence et les effets des substances toxiques
- coordonateur des efforts des divers organismes qui effectuent l'acquisition de connaissances selon la méthodologie adoptée.

Ce double rôle d'analyse et de synthèse joué par un organisme interventionniste permettrait en outre d'éviter des gaspillages de ressources humaines et financières ainsi que d'éventuelles duplications d'information et conduirait à une acquisition plus rationnelle des données.

Le rôle de coordination de cet organisme devrait également être fortement incitatif, en ce qui concerne des points techniques tels que:

- l'uniformisation des méthodes d'échantillonnage et des processus analytiques pour pouvoir disposer de données comparables
- la standardisation de la forme des données acquises
- l'établissement d'une banque de données permettant la centralisation de l'information

2. NOTIONS D'ACCES AUX SCENARIOS ENVIRONNEMENTAUX ET INDICES DE COMPORTEMENT

Introduits à l'origine pour faciliter la perception systématique des problèmes qui confrontent quotidiennement l'appareil technocratique et pour valoriser l'usage des indices ou index de qualité qui prolifèrent dans la littérature technique (Lapointe et Sasseville, 1975; Leclerc et Sasseville, 1976), les scénarios et indices environnementaux sont en passe de devenir un outil important de la rationalisation des interventions dans les affaires environnementales. En effet, l'établissement de scénarios environnementaux et d'indices de comportement permet non seulement d'estimer la nature et le niveau des connaissances permettant de bien percevoir le phénomène que l'on tente de circonscrire, mais débouche aussi sur l'acquisition ordonnée des connaissances suffisantes et nécessaires pour répondre à un ensemble de questions gravitant autour du phénomène.

2.1 L'USAGE DE SCENARIOS ET INDICES

Un scénario environnemental n'est rien d'autre qu'une synthèse associative de phénomènes se déroulant dans le milieu (Lapointe et Sasseville, 1976); cette synthèse, traditionnellement réalisée sans rigueur et à posteriori, est conduite ici sous conditions hypothétiques et dans un cadre systématique. L'association logique d'événements divers les uns aux autres engendre des incertitudes qui, lorsque bien circonscrites, deviennent des indices de comportement qui permettront de renforcer ou d'affaiblir la validité du scénario selon que l'on puisse ou non vérifier leur présence dans le milieu, s'il s'agit d'attributs de la ressource, ou leur véracité, s'il s'agit d'un phénomène complet en lui-même.

Le scénario environnemental est conçu d'abord et avant tout pour répondre à une question précise, soit en établissant une tendance, soit en établissant un fait; bien que l'information qu'il donne ne puisse être considérée comme une vérité absolue, son élaboration rigoureuse lui confère un caractère de vraisemblance qui s'accroît (ou s'affaiblit) au fur et à mesure que les efforts de vérification des indices de comportement se réalisent. Ce caractère le distingue nettement des scénarios prospectifs qui visent surtout à améliorer des choix du présent en évaluant les décisions présentes ou à venir dans le cadre d'une image du futur souhaitable ⁽¹⁾ ainsi que de l'analyse de systèmes dont l'utilité majeure est de simuler dans le temps le comportement d'une ou de certaines fonctions maîtresses d'un système donné.

2.2 L'ETABLISSEMENT D'UN SCENARIO ENVIRONNEMENTAL ET LA CONSTRUCTION D'INDICES DE COMPORTEMENT

L'utilisation des scénarios environnementaux dans le but de résoudre un problème spécifique rattaché de quelque façon à l'environnement, faite dans un cadre méthodologique, comporte cinq étapes distinctes:

(1) La méthode des scénarios est brièvement décrite au chapitre 10 du présent document.

- 1- la formulation du problème à résoudre sous forme d'une question unique, dominante dans la problématique;
- 2- l'établissement du scénario dans un cadre systémique;
- 3- la structuration des indices de comportement;
- 4- la vérification de la présence ou de la véracité des indices de comportement;
- 5- l'évaluation de la valeur du scénario en fonction de la vérification des indices de comportement.

Le problème à résoudre: polarité du scénario

La formulation spécifique du problème à résoudre est une opération capitale dans l'établissement d'un scénario environnemental. C'est en effet de ce point central, de cet objectif à atteindre, que seront identifiés l'ensemble des événements constituant le scénario et souvent la séquence dans laquelle ils seront associés les uns aux autres. Quand la problématique touche à plusieurs aspects, tous aussi importants les uns que les autres et essentiels dans une perception que l'on voudrait plus globale, on retrouve alors un système de scénarios, chacun d'entre eux se polarisant sur une question, chaque question se combinant aux autres pour former la question thématique correspondante à la problématique formulée.

La question thématique sera d'autant plus polarisante pour le scénario que son niveau hiérarchique sera élevé; la recherche de solution à un problème particulier sera plus adéquate et ses retombées concernant l'acquisition de nouvelles connaissances seront plus nombreuses si la question centrale est plus englobante. Considérons, à titre d'exemple, la production biologique du Saint-Laurent maritime⁽¹⁾ et les substances toxiques; plusieurs questions centrales peuvent témoigner de cette problématique:

- 1- est-ce que la production biologique du Saint-Laurent maritime est menacée par la présence de substances toxiques?
- 2- Est-ce que les substances toxiques ont un impact sur l'écosystème du Saint-Laurent maritime?
- 3- Est-ce que l'apport par voie atmosphérique de substances toxiques y est considérable?

On remarque immédiatement que la première des trois questions précédentes se situe à un niveau hiérarchique plus élevé que les questions 2 et 3, tout comme la deuxième question l'est, en regard de la troisième. De plus, dans l'établissement éventuel du scénario, chaque mot de la question centrale retenue est fondamental; ainsi, dans la question 1, les significations systémiques de production biologique, de Saint-Laurent maritime, de menacée, de présence et de substances toxiques doivent être analysées en détail avant de passer à l'étape suivante (l'établissement du scénario lui-même). De même, lorsque plusieurs questions centrales sont simultanément considérées, ce qui en général se produit pour toute problématique, chaque question doit faire l'objet d'une analyse critique individuelle et comparée. Le contenu de chaque question de même que l'ensemble des questions évoluent ainsi progressivement vers un pôle unique⁽²⁾ qui s'imposera de lui-même et qui fera éventuellement l'objet d'un scénario détaillé.

(1) Une analyse de la problématique des substances toxiques et du Saint-Laurent maritime est présentée au chapitre 12 de ce document.

(2) La recherche d'une question centrale ou d'un pôle de scénarisation doit s'effectuer dans un cadre méthodologique. La présentation d'une telle méthodologie déborde cependant le cadre de cet exposé.

L'établissement d'un scénario environnemental

Bien que fort criticable au plan méthodologique, le scénario simplifié de la consolidation d'un danger environnemental associé à la présence de substances bioactives dans les eaux d'un bassin élaboré par Lapointe et Sasseville (1976) présenté à la figure 1, demeure un exemple valable de l'établissement d'un scénario environnemental et de son utilisation subséquente dans l'interprétation des données environnementales.

Ce scénario constitue en fait un sous-scénario de la consolidation du danger environnemental; en effet, l'induction d'un stress dans l'écosystème aquatique n'est pas une condition qui garantit en soi la consolidation d'un danger environnemental. En effet, d'autres conditions telles la surutilisation maintenue ou progressive de type urbain, agricole et industriel du bassin doivent être réalisées pour assister à la consolidation du danger environnemental qui pourrait justifier une intervention gouvernementale globale. Ce scénario fait donc l'hypothèse que ces autres conditions sont présentes et manifestes; avec cette restriction hypothétique, il était donc possible de s'interroger sur la santé de l'écosystème et de le réduire à l'injection de substances bioactives toxiques dans le milieu. D'autres scénarios auraient pu être élaborés sur l'eutrophisation des eaux du bassin, sur son aménagement hydraulique, sur le transport des sédiments, etc...; cependant, ces autres scénarios n'étaient pas indispensables puisque l'objectif poursuivi dans cette démarche était de justifier une intervention gouvernementale par la consolidation d'un danger et, en principe, si une seule des conditions témoignant d'un stress dans l'écosystème était remplie, et si les autres conditions de surutilisation sur le bassin étaient manifestes, on admettait que le danger se consolidait. Si la seule présence de substances bioactives ne pouvait être rattachée à la détérioration de la santé des organismes, alors d'autres scénarios auraient été nécessaires pour démontrer l'urgence ou l'importance de l'intervention gouvernementale. De ces arguments, on peut déduire certaines règles qu'il est important d'appliquer dans l'élaboration d'un scénario environnemental:

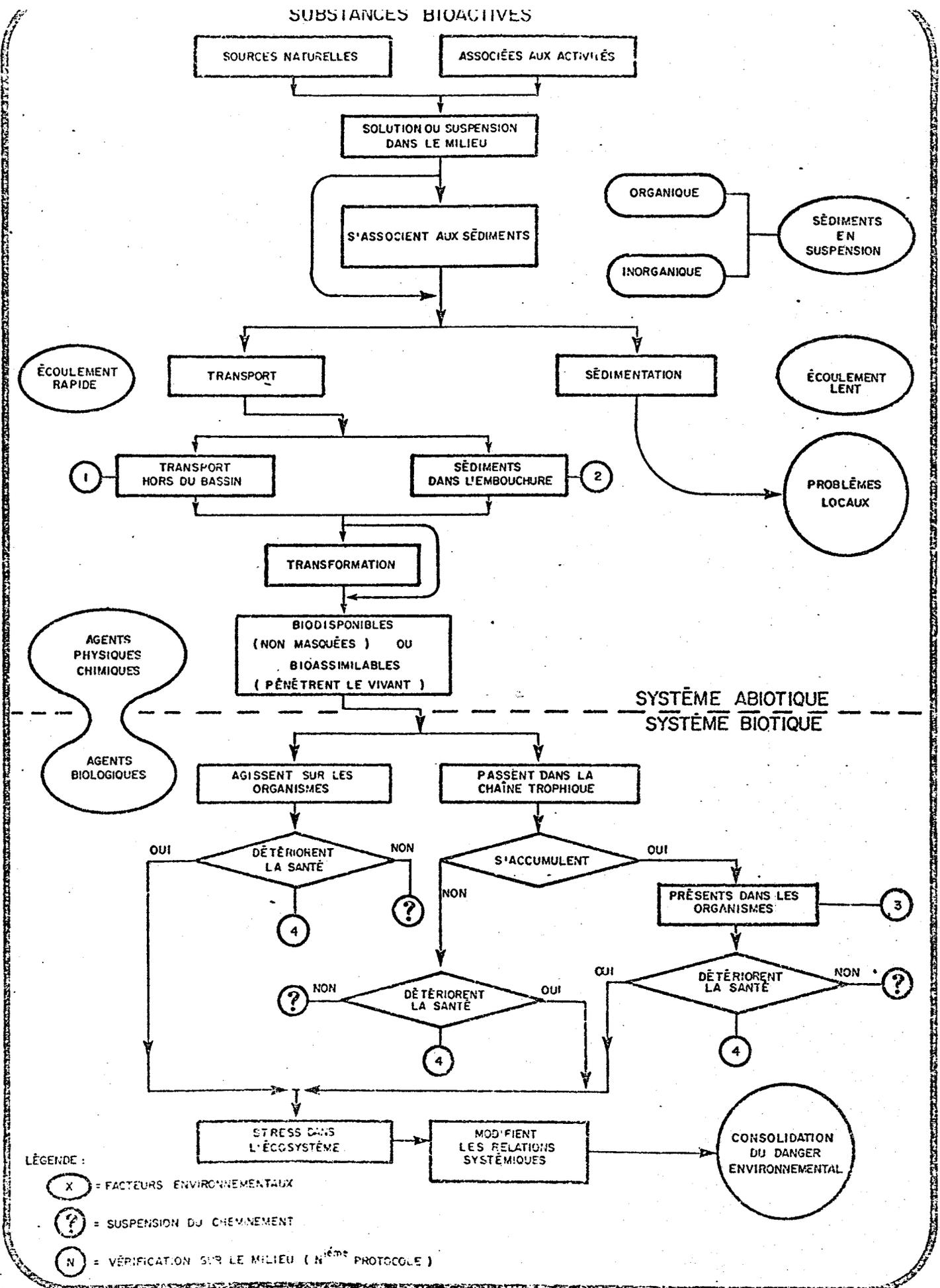


Figure 1 Exemple de scénario environnemental et d'indices de comportement (d'après Lapointe et Sasseville, 1976).

- établir les principes qui étayent la question centrale ou qui justifient la polarité du scénario afin de guider sa structuration;
- situer la question centrale au niveau hiérarchique le plus élevé possible de façon à rentabiliser les efforts consentis à l'élaboration d'un scénario;
- établir une question centrale qui soit binaire, c'est-à-dire à laquelle il faut répondre par oui ou non; l'ensemble des autres questions servant à l'élaboration de sous-scénarios seront binaires elles aussi, tout en étant chacune sur un même plan hiérarchique;
- structurer les sous-questions de façon logique; ainsi, les conditions nécessaires et suffisantes pour que se réalise le scénario sont associées entre elles par un "et" et regroupées avec un autre ensemble de conditions nécessaires et suffisantes par un "ou". En général, on établit un premier système de scénario pour un des ensembles de conditions suffisantes et nécessaires; on établira un deuxième système de scénario si le premier s'affaiblit au lieu de se renforcer au fur et à mesure que sont vérifiés les indices de comportement;
- les éléments constituant le scénario sont, soit des processus ou phénomènes susceptibles de se produire, soit des conditions binaires représentant un état quelconque du système résultant des conséquences associées à la présence du processus ou du phénomène;
- les éléments constituant le scénario sont déduits de la question centrale et des sous-questions polarisantes sous l'éclairage des principes les étayant; ils sont associés les uns aux autres de façon systémique, de façon à établir la séquence des événements conduisant naturellement et inéluctablement vers la question centrale (la question polarisante).

Les indices de comportement: structuration et vérification

Il existe deux types d'indices de comportement: ceux qui sont déduits à partir des questions carrefour ou conditions binaires et ceux qui sont déduits à partir d'un élément constituant le scénario (phénomène ou processus). De ces indices de comportement naissent cependant des incertitudes dans le scénario; ils servent donc à lever l'incertitude par une vérification méthodologique de la logique de la séquence des événements constituant le scénario ou, plus simplement, en répondant à une question binaire voulant préciser une condition résultant de l'association systémique d'événements environnementaux. La vérification méthodologique, lorsqu'elle fait appel à l'acquisition de données sur le terrain ou à des vérifications expérimentales en laboratoire est soumise à la rigueur de l'approche statistique de la mesure, seule capable de situer objectivement la crédibilité du scénario par l'évaluation de la véracité des indices de comportement.

La valeur du scénario

Il n'existe pas un scénario spécifique à chaque question polarisante; la structure du scénario et sa qualité dépendant à la fois de l'intensité des efforts déployés en vue de l'élaborer ainsi que de la pertinence des connaissances scientifiques et techniques accessibles. Néanmoins, quelque soit la structure du scénario, c'est à la vérification des indices de comportement que se rattache surtout sa valeur intrinsèque; ainsi, si le scénario s'affaiblit au fur et à mesure que l'on vérifie les indices de comportement, ou encore si les indices de comportement sont inopportuns et non vérifiables, il importe d'explorer d'autres scénarios. Dans de telles conditions, il est indispensable de revoir la question thématique centrale dont la justesse, par rapport à une problématique, est une condition essentielle à l'élaboration d'un scénario environnemental valable en lui-même et apte à servir d'éclairage au processus décisionnel.

3. CARACTERISTIQUES DE L'ACQUISITION DES DONNEES

3.1 CADRE GENERAL

L'acquisition des données est une étape nécessaire, d'une part, à la compréhension et à l'évaluation de l'intensité des problèmes associés à la présence des substances toxiques et, d'autre part, à la mesure des effets résultant d'éventuelles interventions.

Cependant, cette phase d'acquisition des connaissances, qui nécessite des moyens humains et financiers importants doit toujours être réalisée selon un plan cohérent et subordonné aux objectifs visés par l'acquisition. Un soin particulier doit être apporté à cette phase de planification puisque la pertinence des données acquises est largement tributaire des efforts de réflexion consacrés à l'élaboration du plan d'échantillonnage.

Trop souvent, en pratique, les échantillonnages sont effectués en fonction des contraintes logistiques plutôt que pour répondre à des objectifs précis et l'acquisition des données semble être une fin en soi plutôt qu'une étape dans la solution des problèmes. Ce comportement de "fuite en avant" conduit généralement à l'obtention d'une information inadéquate qui ne fait l'objet que de traitements sommaires; les bénéfices escomptés lors de l'acquisition des connaissances sont alors souvent réduits sinon anéantis par ces pratiques irrationnelles.

Il est donc capital, pour établir le plan d'échantillonnage de:

- définir de manière précise et aussi quantitative que possible, les objectifs qui conditionnent l'acquisition des données; si l'on sait pourquoi les données sont acquises, il devient possible de préciser les éléments du plan d'échantillonnage (fréquence de prélèvement, densité des points d'échantillonnage). Par contre, une définition ambiguë ou incomplète des objectifs, ou encore l'identification d'objectifs non pertinents à la solution des problèmes ont pour conséquence un gaspillage des ressources humaines et financières

- prévoir les traitements qui seront effectués à partir des données; en effet, d'une part les méthodes de traitement peuvent imposer certaines contraintes (nécessité de données concomitantes par exemple) et d'autre part, la simulation à priori de l'usage qui sera fait des données permet de s'assurer de leur pertinence.

Avant de prendre les données, il est donc indispensable, d'une part, de savoir pourquoi on veut les obtenir, ce qui implique qu'elles doivent être nécessaires à la solution d'un problème et, d'autre part, de planifier comment on les utilisera après les avoir acquises.

La définition précise des objectifs de l'étude d'un problème est donc un pré-requis à l'élaboration d'un plan d'échantillonnage; le traitement des données acquises permettra ensuite de mesurer le degré d'atteinte des objectifs et de reviser le plan d'échantillonnage en conséquence. Dans ce sens, la rationalisation de l'acquisition des connaissances est un processus dynamique.

Les grandes lignes de la méthodologie qui seront élaborées dans la dernière partie de ce travail visent à:

- montrer comment, pour chaque problème, l'utilisation des scénarios et la détermination d'indices peuvent contribuer à la détermination d'objectifs.
- faire ressortir comment l'élaboration du plan d'échantillonnage est reliée à la définition claire des objectifs.

Plusieurs aspects et principes généraux relatifs aux composantes d'un plan d'échantillonnage ainsi que des suggestions pour son élaboration sont considérés dans ce qui suit.

3.2 ÉLÉMENTS DU PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

Le plan d'échantillonnage global doit résulter de la synthèse des données requises pour atteindre les objectifs associés à chaque problème. La planification de l'acquisition nécessite donc de déterminer clairement et concrètement les objectifs (c.a.d. POURQUOI les données sont nécessaires), on peut en déduire en fonction de la nature de chaque problème les éléments du plan.

L'élaboration d'un plan d'échantillonnage comprend l'identification de plusieurs éléments:

- les paramètres à mesurer (c.a.d. QUOI mesurer)
- la fréquence d'échantillonnage (c.a.d. QUAND mesurer)
- la densité et la localisation des points de prélèvement (c.a.d. OÙ mesurer)
- la durée de la campagne d'échantillonnage (c.a.d. pendant COMBIEN DE TEMPS mesurer)

Les paramètres à mesurer

Dans la planification de programmes d'acquisition, une tendance usuelle consiste à introduire la mesure de paramètres non essentiels en supposant que ces données pourront devenir utiles. Cette approche doit être rejetée car elle conduit à l'acquisition de données dont la pertinence n'est pas justifiée en fonction d'objectifs et qui sont en général peu utilisées par la suite (WILSON, 1974).

Pour chacun des problèmes soulevés par la présence des substances toxiques, la première étape consiste donc, en fonction des objectifs visés, à déterminer le ou les paramètres toxiques à étudier. Lorsque l'agent

de l'agression⁽¹⁾ est reconnu, cette détermination est aisée; par contre, dans le cas où le problème est associé à une agression toxique⁽²⁾ identifiée par ses effets sur l'homme et son environnement ou à un agresseur qui rejette des substances toxiques dans le milieu, l'identification des paramètres pertinents peut être plus complexe et nécessiter une étude des causes primaires de la présence des substances toxiques.

En ce qui concerne les analyses en laboratoire des prélèvements effectués, on doit:

- prendre en compte les erreurs analytiques; il est en effet important de connaître la précision associée à la mesure ou, tout au moins, son ordre de grandeur. Ce point est particulièrement crucial dans le cas de mesures de faible concentration car les erreurs relatives sont, en général, élevées et des interprétations de résultats peuvent être erronées si elles sont effectuées seulement sur la base des résultats obtenus, sans tenir compte de la précision de mesure

- effectuer une comparaison des techniques de différents laboratoires lorsque les données relatives à un même paramètre peuvent provenir de plusieurs sources; cette étude qui pourrait faire l'objet d'un mandat spécifique, est essentielle si l'on veut éviter les biais entre les résultats des divers laboratoires et disposer d'une banque de données homogène.

(1) l'agent d'agression est défini au chapitre 1 du présent document, comme une substance alteragène

(2) la définition de l'agression toxique est donnée au chapitre 1 du présent document.

La fréquence d'échantillonnage

La détermination de la fréquence d'échantillonnage est liée à la variabilité temporelle des phénomènes étudiés. En effet, le but visé lors de l'échantillonnage d'un paramètre quelconque est d'estimer la valeur d'une caractéristique de ce paramètre (moyenne, médiane, valeur extrême par exemple). Cependant, puisque le paramètre considéré est soumis à des variations temporelles et que sa mesure à chaque instant est impossible, l'estimation de la vraie valeur du paramètre à partir de données est entachée d'une erreur d'échantillonnage et peut être biaisée. La définition de la fréquence d'échantillonnage requise doit donc viser à permettre l'estimation de la caractéristique désirée avec une erreur compatible avec les objectifs qui ont été établis et qui justifient l'acquisition des données. Si l'on dispose de connaissances à priori suffisantes (données ou études théoriques), il est en général possible d'effectuer la détermination de la fréquence requise à l'aide de méthodes statistiques.

Dans le cas le plus simple où le paramètre mesuré est uniquement soumis à une variation aléatoire dans le temps, le temps d'échantillonnage n'a pas d'importance; par contre, lorsqu'une partie déterministe (cycle, tendance, pic régulier) superposée à la partie aléatoire, contribue à la valeur du paramètre, le temps d'échantillonnage doit être pris en considération pour éviter des biais d'estimation.

Si, par exemple, on veut déterminer la valeur moyenne d'un paramètre toxique rejeté par une industrie avec d'importantes variations journalières, l'échantillonnage doit en tenir compte en assurant une représentation homogène à chacun des jours. La connaissance de la variabilité attribuable à la partie déterministe peut être acquise de différentes manières:

- par l'acquisition de données avec une fréquence élevée ce qui est en général coûteux
- par l'identification de l'origine des sources de contamination diffuses ou ponctuelles

- par l'analyse des causes (processus industriels, par exemple) et l'identification de leurs effets.

Donc, pour un objectif visé (détermination d'une valeur moyenne, d'une valeur extrême, etc...), il est important de distinguer les contributions aléatoires et déterministes des valeurs mesurées, si l'on veut effectuer une détermination adéquate de la fréquence et du temps d'échantillonnage. Le calcul de la fréquence permettant d'effectuer la détermination de la caractéristique du paramètre (moyenne, médiane, percentile etc...) avec une précision fixée pour atteindre l'objectif visé peut être effectué à l'aide de méthodes statistiques (basées en particulier sur la notion d'intervalles de confiance).

La densité et la localisation des points de prélèvement

La nature ponctuelle ou diffuse du problème associé à la présence des substances toxiques est un facteur discriminant, en ce qui concerne la localisation et la densité des points de prélèvement.

Dans le cas d'un échantillonnage relatif à un problème qui se pose de manière locale (rejet d'industrie, par exemple), la localisation précise des points de mesure peut, en général, être déduite de la nature même du problème. Le choix du nombre de stations dépend également de la formulation précise des questions auxquelles l'échantillonnage doit répondre.

Dans le cas d'un problème de nature diffuse, la détermination de la densité et de la localisation des points de mesure est fonction de la variabilité spatiale du paramètre considéré et du niveau de précision que l'on veut atteindre dans la connaissance de cette variabilité. Si l'on dispose de connaissances à priori soit à partir de données directes ou transposées, soit encore à partir de résultats théoriques, l'estimation de la densité de stations permettant de déterminer des caractéristiques (moyenne, écart-type, percentile...) régionales d'un paramètre toxique avec un niveau de précision donné peut être envisagée sur une base statistique. Dans le cas où l'on ne dispose d'aucune connaissance, à priori

un pré-échantillonnage est nécessaire pour caractériser, de manière sommaire, la variabilité spatiale et en déduire ensuite la densité appropriée. En ce qui concerne la localisation des stations de mesure pour l'étude d'un problème diffus, elle doit répondre à la nécessité d'obtenir des données représentatives; on doit, en effet, s'assurer que la répartition des stations est représentative de la variabilité que l'on veut étudier. Il peut en particulier, être nécessaire d'avoir une densité plus élevée dans les zones de plus forte variabilité. On doit également s'assurer que les sites choisis permettent la mesure de ce que l'on a décidé d'étudier; si l'on veut, par exemple, étudier l'évolution spatiale d'un rejet d'un effluent en rivière, la connaissance de la distribution des vitesses dans une section des zones de mélanges peut être importante dans le choix des sites d'échantillonnage, ainsi que dans la procédure d'échantillonnage. De même, si l'on examine la dispersion d'un toxique dans l'air, la connaissance de facteurs tels que la direction des vents est nécessaire.

Dans de nombreux cas, il est important de séparer les effets spatiaux des effets temporels pour que l'analyse de la variabilité spatiale ne soit pas biaisée; l'échantillonnage doit alors être planifié pour isoler les effets spatiaux, en considérant par exemple, des mesures effectuées de manière concomitante aux divers sites.

C'est donc la nature du problème considéré et la connaissance des facteurs essentiels qui peuvent affecter la variabilité spatiale qui guident le choix des sites d'échantillonnage et la détermination de la densité requise des stations, pour avoir une information avec le niveau de précision désiré. Il importe donc de traduire le problème étudié en questions précises et quantifiées (par exemple, moyenne régionale avec une précision de 10% et un intervalle de confiance de 90%) et d'exploiter au maximum les connaissances relatives au contexte dans lequel se situe le problème.

La durée de l'échantillonnage

Lorsque l'on sait QUOI mesurer (paramètre), QUAND le mesurer (fréquence), OU la mesure doit être effectuée (localisation, densité), il faut répondre à la question: PENDANT COMBIEN DE TEMPS la mesure doit-

elle se poursuivre. La réponse à cette question résulte de l'examen périodique de l'information acquise; en effet, les données sont obtenues pour répondre à des objectifs précis associés à la solution d'un problème donné et une analyse périodique permet de savoir si les objectifs visés sont ou non atteints. Le processus d'acquisition de l'information est dynamique puisque toutes les données sont obtenues dans le but de répondre à des questions précises et qu'il est possible, à chaque étape, de mesurer le degré d'atteinte des objectifs lorsque ceux-ci sont exprimés en questions spécifiques et quantifiables. La pertinence et le contenu d'information de chaque donnée est donc fortement conditionné par la définition claire des objectifs de l'acquisition.

4. GRANDES LIGNES D'UNE METHODOLOGIE D'EVALUATION DES PROBLEMES ORIENTEE VERS L'INTERVENTION

L'intervention gouvernementale⁽¹⁾ (voir chapitre 1) pour contrer l'agression directe et indirecte causée par les substances toxiques doit être précédée d'une phase d'identification des problèmes et d'une phase d'évaluation de leur importance, tant sur le plan méthodologique qu'opérationnel.

On décrit dans ce qui suit, une méthodologie permettant l'évaluation de la gravité réelle d'un problème, opération essentielle et pré-requis à la prise de décision concernant l'intervention. Il est nécessaire de rappeler à nouveau le rôle important de cette phase d'évaluation d'un problème donné qui, d'une part, permet de définir les données dont l'acquisition est nécessaire pour répondre aux questions posées lors de l'établissement des scénarios et qui, d'autre part, conduit à une information donnant un éclairage scientifique dans le processus de décision concernant l'intervention.

(1) L'intervention gouvernementale est motivée par l'une ou l'autre des situations suivantes:

- agent d'agression reconnu (substance alteragène toxique)
- agresseur manifeste (industrie manifestement polluante, par exemple)
- agression perçue (ensemble d'effets délétères observés).

La figure 2 indique, de manière synthétique, les principales étapes de la démarche de la phase d'évaluation; dans ce qui suit, on décrit chacune des étapes en essayant de les caractériser et de montrer comment elles sont interreliées.

a- *Problème identifié*

L'identification des différents problèmes et leur hiérarchisation est une phase importante que l'on suppose ici déjà effectuée. La démarche prend comme point de départ, un problème identifié à partir de l'étude d'un système d'agression toxique qui comprend l'analyse:

- du sous-système des agresseurs
- du sous-système de l'agression toxique proprement dite.

La formulation du problème est donc reliée de manière générale à deux thèmes majeurs; d'une part, l'évaluation de l'intensité de l'agression toxique et, d'autre part, l'identification du rôle des agresseurs. On peut, par exemple, considérer le problème de l'agression de NORANDA afin d'identifier ses effets directs sur l'homme et indirects sur le milieu de vie. Il est clair qu'en général plusieurs problèmes sont interreliés quand il s'agit d'un même système d'agression toxique; cependant, la démarche développée ici est applicable à chacun des problèmes, même s'ils peuvent avoir en commun certaines caractéristiques déduites de l'analyse de l'agression toxique envisagée comme système. La décomposition en problèmes spécifiques est difficile mais nécessaire afin de définir un cadre qui ne soit ni trop général ni trop complexe. Cependant, lorsque plusieurs problèmes ont été identifiés à partir d'un même système d'agression, la rationalisation d'abord du plan d'acquisition de l'information (pour éviter une éventuelle duplication d'information) et ensuite de la démarche interventionniste (pour s'assurer de sa cohérence) suppose une recombinaison comprenant les éléments des différents problèmes.

b- *Formulation des questions centrales*

Les questions centrales sont déduites de la question thématique et caractérisent ainsi le problème considéré étant nécessaires et suffisantes

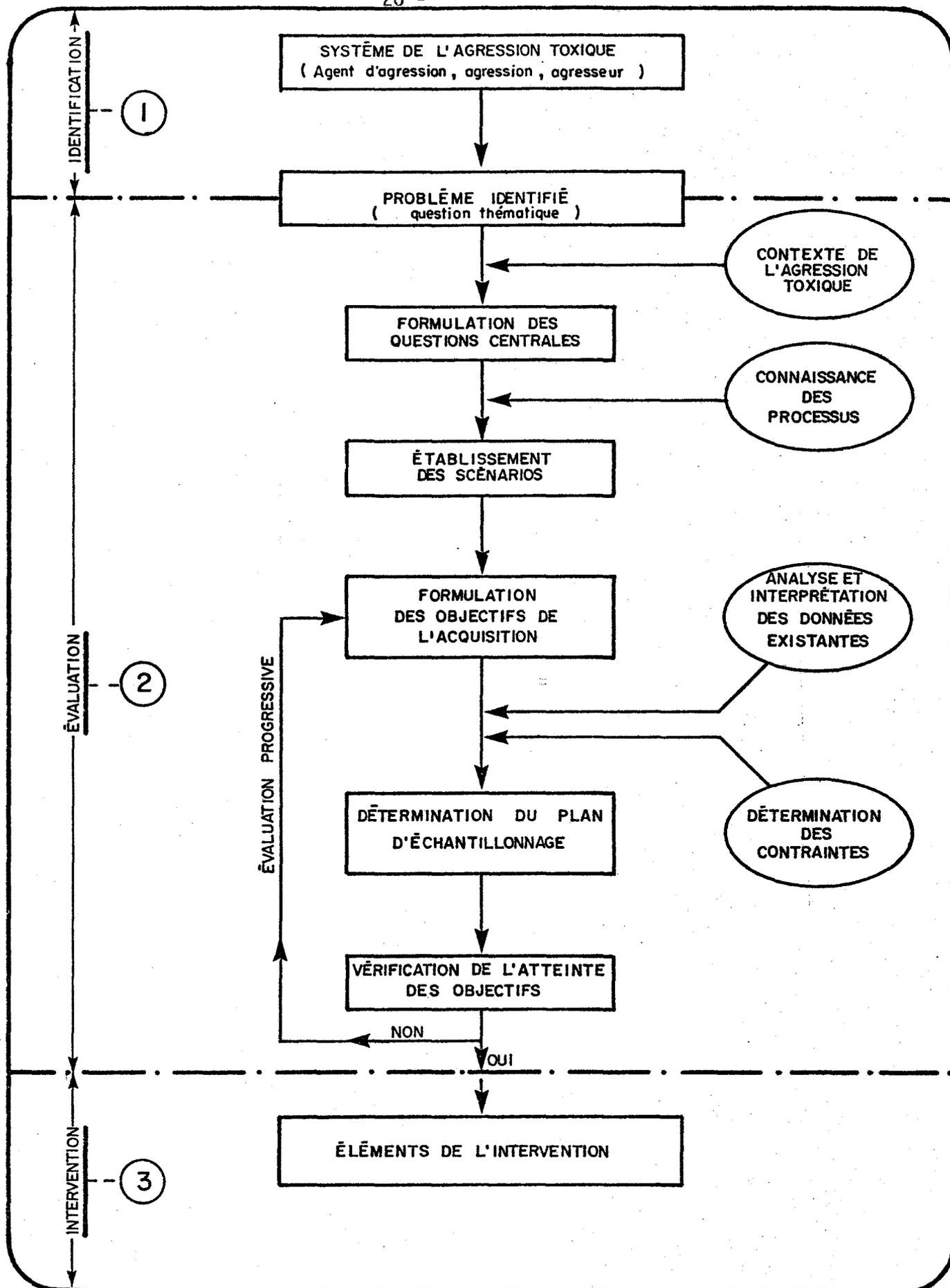


Figure 2 Étapes de la méthodologie d'évaluation.

pour permettre, à la fin de la démarche, de donner les éléments chimiques, biologiques et environnementaux relatifs aux processus de décision d'une éventuelle intervention. La qualité de la formulation de ces questions conditionne la qualité des réponses qui y seront apportées et donc, la pertinence des interventions qui pourront être suggérées. Pour identifier la ou les questions centrales associées à un problème, on doit utiliser toute l'information acquise dans l'analyse de l'agression toxique afin d'en dégager les principaux éléments. Une question centrale témoignant du problème d'une région industrielle pourrait être "les activités actuelles du complexe industriel considéré ont-elles une influence majeure sur la santé et le bien être de la population?"

La formulation des questions centrales doit découler logiquement de l'identification d'un problème associé à l'analyse d'une agression toxique.

c- Etablissement des scénarios

En 2, la construction d'un scénario associé à une question centrale a été abordée de manière détaillée et illustrée par un exemple. S'il n'est donc pas nécessaire de reprendre ces notions, on doit cependant souligner le rôle que jouent les scénarios dans la phase d'évaluation de l'agression toxique. Le scénario doit être perçu comme un outil de réflexion permettant, pour une question centrale, d'identifier les objectifs qui traduisent la quantification d'un processus et qui nécessitent l'établissement d'un plan d'échantillonnage. L'élaboration d'un scénario requiert la formulation d'hypothèses à partir de la connaissance à priori des processus et des séquences plausibles d'événements. L'acquisition progressive de l'information (indices ou plus généralement données) permettra soit de renforcer le scénario donc de confirmer les hypothèses posées, soit d'affaiblir le scénario proposé dans le cas où les hypothèses retenues ne sont pas adéquates; dans ce dernier cas cependant, l'information acquise permet de formuler des nouvelles hypothèses et d'établir un nouveau scénario.

Le rôle du scénario est donc ici de forcer la réflexion dans un cadre logique et ainsi de contribuer à l'acquisition rationnelle de l'information par l'identification qualitative de l'importance des éléments de l'agression et du type d'information requise (c'est à dire des caractéristiques statistiques d'un paramètre).

d- *Formulation des objectifs de l'acquisition des données*

Les efforts de réflexion effectués dans l'élaboration des scénarios doivent avoir pour conséquences d'identifier et de justifier les caractéristiques nécessaires et suffisantes pour répondre à la question centrale. On peut, par exemple, désirer évaluer pour un paramètre toxique:

- la tendance spatiale ou temporelle des concentrations
- le niveau moyen de concentration sur une période donnée ou dans une zone donnée
- la probabilité de dépassement d'une valeur fixée
- le comportement des valeurs extrêmes
- le niveau de base naturel (bruit de fond)
- etc...

Pour pouvoir élaborer le plan d'échantillonnage, les objectifs doivent être traduits de façon quantitative, ce qui implique la nécessité de définir pour chaque caractéristique, le niveau de précision⁽¹⁾ requis. On peut, par exemple, désirer connaître:

- la moyenne saisonnière d'un paramètre avec une précision⁽¹⁾ de 20% et un niveau de confiance de 90%;
- la valeur extrême d'un paramètre associé à une probabilité de dépassement donnée avec un intervalle de confiance de 80% en un ensemble de points.

C'est en fait l'ordre de grandeur de la précision requise qui est important, il s'agit de savoir si l'on vise une précision de 20%, 30% ou 50%.

(1) La précision considérée est relative aux erreurs d'échantillonnage spatiale (ou temporelle) dues au fait que l'on n'effectue pas les prélèvements en tout point (ou à toute date).

e- *Détermination du plan d'échantillonnage*

Lorsque les objectifs visés ont été formulés, il est en général possible, si l'on dispose de données de base, de déterminer certains éléments du plan d'échantillonnage: fréquence des prélèvements et nombre de sites à étudier. Cette détermination est effectuée au moyen de méthodes statistiques moyennant certaines hypothèses concernant la variabilité spatiale ou temporelle des processus considérés. L'analyse des données de base peut permettre en particulier de vérifier la pertinence de ces hypothèses. Lorsqu'aucune donnée de base n'est disponible directement ou indirectement (par transposition, par exemple), la connaissance nécessaire à l'élaboration d'un plan d'échantillonnage adéquat doit être obtenue par un pré-échantillonnage.

L'établissement du plan d'échantillonnage peut nécessiter la prise en compte de contraintes

- logistiques, en particulier dans le choix des sites;
- analytiques en raison de la capacité des laboratoires et de la complexité de la mesure de certains paramètres;
- et relatives aux méthodes statistiques d'analyse des données.

Dans le cas où un problème conduit à élaborer plusieurs scénarios, il importe d'effectuer une synthèse des objectifs visés afin d'en arriver à un plan d'échantillonnage global pour le problème considéré.

f- *Vérification de l'atteinte des objectifs*

Lorsque les données sont acquises, leur analyse permet de déterminer le degré d'atteinte des objectifs puisque ceux-ci sont quantifiés. L'analyse des données obtenues permet de mesurer le degré d'atteinte des objectifs et une incidence sur la suite de l'acquisition des connaissances:

- lorsque les objectifs visés ne sont pas atteints, l'information acquise permet de raffiner le plan d'échantillonnage puisque l'on dispose d'une information à priori plus pertinente que celle qui a servi à définir le premier plan d'échantillonnage. On peut ainsi être conduit à reformuler les objectifs de manière plus réaliste.
- quand les objectifs visés sont atteints, l'analyse des données acquises permet de consolider ou d'affaiblir les scénarios. Dans le premier cas, il devient possible de raffiner le scénario et de l'intégrer davantage au processus décisionnel. Dans le second cas (affaiblissement du scénario), il sera nécessaire de formuler de nouvelles hypothèses qui permettent l'établissement de nouveaux scénarios et l'identification de nouveaux objectifs qui s'y rattachent.

Il est donc important d'effectuer une analyse des données obtenues (selon un protocole établi avant leur acquisition) pour permettre une évaluation progressive et mesurer le degré d'atteinte des objectifs.

En pratique, lors de l'examen des données, on doit prendre en compte, en plus des erreurs d'échantillonnage, l'ensemble des erreurs dues au prélèvement, aux techniques de conservation et aux méthodes analytiques. L'ordre de grandeur de ces erreurs doit donc être évalué lors des différentes étapes du processus d'acquisition, afin d'être considéré dans l'évaluation de l'erreur globale

En résumé, la démarche logique qui a été explicitée vise à permettre la rationalisation de l'acquisition des connaissances pour répondre aux questions relatives à un problème bien identifié. Avant l'application de cette méthodologie à des cas précis, il serait important de la considérer dans l'étude de problèmes-types bien documentés pour développer les diverses composantes de la démarche suivie et faire ressortir ses limites.

BIBLIOGRAPHIE

LAPOINTE, R., SASSEVILLE, J.L. (1976).

"Indices de danger environnemental sur les bassins des rivières Yamaska et Saint-François". INRS-Eau, rapport scientifique No. 65, 59 p. (pour le ministère des Richesses naturelles)

LECLERC, M., SASSEVILLE, J.L. (1976).

"Rationalisation des interventions sur le système aquatique. Partie II: Le niveau tactique". Eau du Québec, 9(2): 37-43, 9(3): 35-44.

SASSEVILLE, J.L., LECLERC, M. (1976).

"Rationalisation des interventions sur le système aquatique. Partie I: L'approche stratégique". Eau du Québec, 9(1): 7-22.

WILSON, A.L. (1974).

"The design of long-term programs for the measurement of river water quality". Ch. 9 of the Design of environmental information systems, R.A. Deininger, Ann Arbor Science Public. pp. 199-226.