



Environnement
Canada

Environment
Canada



Plan de surveillance
de l'environnement
intégré des
sables bitumineux



Canada 

N° de cat. : 14-47/2011F-PDF
ISBN 978-1-100-97626-6

Le contenu de cette publication ou de ce produit peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par le gouvernement du Canada et que la reproduction n'a pas été faite en association avec le gouvernement du Canada ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales est interdite, sauf avec la permission écrite de l'administrateur des droits d'auteur de la Couronne du gouvernement du Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux (TPSGC). Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec TPSGC au 613-996-6886 ou à droitdauteur.copyright@tpsgc-pwgsc.gc.ca.

Photos : © Photos.com – 2011

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Environnement, 2011

Also available in English

Examineurs experts du Plan intégré final de surveillance des sables bitumineux

Elizabeth Dowdeswell – Présidente

David Schindler – Université de l'Alberta

Ron Wallace – Groupe d'expert de surveillance provinciale de l'Alberta

Joe Rasmussen – Université de Lethbridge

ÉQUIPES SCIENTIFIQUES

Équipe d'intégration

F. Wrona (dir.), stratège principal en sciences

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau) et professeur de recherche, Université de Victoria -- Centre de recherche sur les impacts des changements climatiques et hydrologiques (W-CIRC)
- Écologie aquatique, hydroécologie des régions froides, biostatistique, écologie quantitative

P. di Cenzo (dir.), spécialiste des sciences physiques

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau) et Université de Victoria -- Centre de recherche sur les impacts des changements climatiques et hydrologiques (W-CIRC)
- Hydrologie et microclimatologie des régions froides

K. Schaefer (dir.), conseiller principal en sciences

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau)
- Sciences et politiques de l'eau, gestion de l'eau, réutilisation de l'eau

C. Banic, spécialiste de l'atmosphère

- Environnement Canada (Direction des sciences et de la technologie atmosphériques)
- Dépôts atmosphériques, chimie de l'environnement

R. Chabaylo, chef d'équipe

- Ministère de l'Environnement de l'Alberta (partenariats pour l'environnement, l'eau, l'air et la planification)
- Biologie des espèces sauvages, évaluation environnementale, planification de la gestion des bassins versants

M. Conly, gestionnaire de la qualité de l'eau

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau)
- Surveillance de la qualité de l'eau, ressources en eau

D. Jeffries (dir.), chercheur scientifique

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau)
- Géochimie aquatique, lacs acides, dépôts aériens

M. McMaster, chercheur scientifique

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau)
- Toxicologie aquatique, effets cumulatifs, surveillance des effets sur l'environnement

P. McEachern, limnologue

- Ministère de l'Environnement de l'Alberta, Sciences, recherche et innovation
- Surveillance de la qualité de l'eau, chimie de l'environnement, évaluation des impacts

J. Parrott, chercheur scientifique

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau)
- Écotoxicologie, évaluation environnementale, santé des poissons

C. Taylor, conseiller principal en sciences

- Environnement Canada (Direction des sciences et de la technologie atmosphériques)
- Science de la qualité de l'air, chimie atmosphérique

Examineurs experts

M. Dubé, spécialiste en écotoxicologie aquatique

- Professeure agrégée et titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur le diagnostic de la santé des écosystèmes aquatiques, Université de la Saskatchewan
- Écotoxicologie, cadre d'évaluation des écosystèmes fluviaux THREATS, évaluation des impacts cumulatifs

E. McCauley, spécialiste de l'écologie des populations

- Professeur et directeur du National Center for Ecological Analysis and Synthesis, Université de Californie (Santa Barbara), et professeur, Université de Calgary
- Écologie quantitative des communautés et des populations, modélisation écologique, évaluation des impacts sur l'environnement

K. Munkittrick, spécialiste de l'écologie des pêches

- Professeur et titulaire de la Chaire de recherche du Canada en évaluation de la santé des écosystèmes, Université du Nouveau-Brunswick (Saint John)
- Santé des poissons, toxicologie de l'environnement, biosurveillance aquatique, évaluation des effets cumulatifs

Lacs sensibles aux acides

D. Jeffries (dir.), chercheur scientifique

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau)
- Géochimie aquatique, lacs acides, dépôts aériens

J. Aherne, spécialiste en biogéochimie des bassins versants

- Professeur agrégé et titulaire de la Chaire de recherche du Canada en modélisation environnementale, Université Trent
- Effets terrestres, modélisation des écosystèmes, écosystèmes aquatiques

C. Banic, spécialiste de l'atmosphère

- Environnement Canada (Direction des sciences et de la technologie atmosphériques)
- Dépôts atmosphériques, chimie de l'environnement

A. Czarnecki, spécialiste de la qualité de l'eau

- Ministère des Affaires autochtones et du Développement du Grand Nord (Division des ressources hydrauliques)
- Surveillance de la qualité de l'eau, spécialiste des ressources en eau

M. Evans, chercheur scientifique

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau)

- Chimie des contaminants, devenir et distribution des métaux et des hydrocarbures aromatiques polycycliques, limnologue et spécialiste du zooplancton
- J. Gibson, chercheur scientifique
- Chef d'équipe, Gestion de l'eau, Alberta Innovates – Technology Futures
 - Hydrologie, géochimie des isotopes, dépôts acides dans les écosystèmes aquatiques
- R. Hazewinkel, spécialiste de la qualité de l'eau
- Ministère de l'Environnement de l'Alberta, Ressources hydriques
 - Limnologie, paléolimnologie, surveillance de la qualité de l'eau
- E. Kelly, spécialiste de l'environnement
- Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Environnement et ressources naturelles
 - Chimie de l'environnement, dépôts atmosphériques, impacts écologiques
- L. McEachem, spécialiste de la qualité de l'eau
- Ministère des Affaires autochtones et du Développement du Grand Nord (Division des ressources hydrauliques)
 - Biologie aquatique, écosystèmes des bassins versants, invertébrés aquatiques
- S. MacMillan, agent de protection des ressources
- Parcs Canada (Parc national du Canada Wood Buffalo)
 - Conservation et biologie
- R. Mintz, Chef de la section de la qualité de l'air
- Environnement Canada (Service météorologique du Canada, Région des Prairies et du Nord, Sciences)
 - Surveillance de la qualité de l'air, modélisation et analyse dans la région des Prairies du Nord
- B. Miskimmin, spécialiste de l'environnement
- Summit Environmental Consultants Inc.
 - Toxicologie aquatique, santé des écosystèmes aquatiques
- M. Patterson, chercheur scientifique
- Ministère des Pêches et des Océans (région des lacs environnementaux)
 - Sciences des écosystèmes aquatiques, écologie des eaux douces
- K. Percy, scientifique principal
- Wood Buffalo Environmental Association
 - Qualité de l'air, effets de la qualité de l'air, effets terrestres et sur les bassins versants
- K. Scott, chercheur principal
- Ministère de l'Environnement de la Saskatchewan (Direction générale des ressources techniques)
 - Géochimie aquatique, limnologie
- J. Shatford, agent de protection des ressources
- Parcs Canada (Parc national du Canada Wood Buffalo)
 - Biodiversité, conservation
- J. Smol, spécialiste en paléolimnologie
- Professeur et titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur les changements environnementaux, Université Queen's; membre de la Société royale du Canada
 - Paléolimnologie, impacts sur le climat et sur l'environnement
- N. Yan, biologiste
- Professeur, Université York
 - Écologie, biologie, limnologie

R. Weeber, biologiste

- Environnement Canada (Service canadien de la faune – Conservation des populations)
- Biologie, transport à grande distance des polluants atmosphériques, composition chimique de l'eau, oiseaux aquatiques

Portée géographique étendue

M. Conly (dir.), gestionnaire de recherche

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau)
- Surveillance de la qualité de l'eau, ressources en eau

D. Baird, chercheur scientifique

- Environnement Canada; professeur de recherche, Université du Nouveau-Brunswick
- Écotoxicologie aquatique, conception de programmes de biosurveillance, biodiversité aquatique

R. Chabaylo, chef d'équipe

- Ministère de l'Environnement de l'Alberta (partenariats pour l'environnement, l'eau, l'air et la planification)
- Biologie des espèces sauvages, évaluation environnementale, planification de la gestion des bassins versants

A. Czarnecki, spécialiste de la qualité de l'eau

- Ministère des Affaires autochtones et du Développement du Grand Nord (Division des ressources hydrauliques)
- Écotoxicologie aquatique, conception de programmes de biosurveillance, biodiversité aquatique

P. Dillon, spécialiste en biogéochimie des bassins hydrologiques

- Professeur et professeur-chercheur industriel en biogéochimie des bassins hydrologiques, Université Trent
- Biogéochimie aquatique, évaluation des impacts sur l'environnement

H. Ghamry, chercheur scientifique

- Ministère des Pêches et des Océans (Division des sciences de l'environnement)
- Quantité d'eau, modélisation

N. Glozier, scientifique des écosystèmes aquatiques

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau)
- Écosystèmes aquatiques, polluants de l'eau, surveillance environnementale

E. Kelly, spécialiste de l'environnement

- Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Environnement et ressources naturelles
- Chimie de l'environnement, dépôts atmosphériques, impacts écologiques

S. Kokelj, hydrologue

- Ministère des Affaires autochtones et du Développement du Grand Nord (Division des ressources hydrauliques)
- Hydrologie, surveillance de la quantité d'eau

L. Levesque, spécialiste de la science des bassins hydrographiques

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau)
- Qualité de l'eau

D. Lindeman, biologiste

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau)
- Écologie aquatique, surveillance de la qualité de l'eau

S. MacMillan, agent de protection des ressources

- Parcs Canada (Parc national du Canada Wood Buffalo)
- Conservation et biologie

B. Makowecki, gestionnaire

- Ministère des Pêches et des Océans (grands projets sur les sables bitumineux)
- Poissons et habitats des poissons, quantité et qualité de l'eau, effets cumulatifs

D. Peters, chercheur scientifique

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau)
- Hydrologie des bassins versants, modélisation, besoins en matière de débit écologique réservé

B. Reid, chef de section

- Ministère des Affaires autochtones et du Développement du Grand Nord (Division des ressources hydrauliques)
- Hydrologie, surveillance de la qualité de l'eau et des sédiments, modélisation

J. Sanderson, spécialiste de la qualité de l'eau

- Ministère des Affaires autochtones et du Développement du Grand Nord (Division des ressources hydrauliques)
- Surveillance de la qualité de l'environnement

G. Scrimgeour, écologiste

- Parcs Canada, ministère des Sciences biologiques
- Recherche écologique appliquée, restauration écologique

J. Reist, chercheur scientifique principal

- Ministère des Pêches et des Océans (Division des ressources aquatiques de l'Arctique)
- Écologie des poissons de l'Arctique, taxonomie, biodiversité

Biodiversité de l'écosystème aquatique, invertébrés et autres biotes

M. McMaster (dir.), chercheur scientifique

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau)
- Toxicologie aquatique, effets cumulatifs, surveillance des effets sur l'environnement

J. Parrott (dir.), chercheur scientifique

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau)
- Écotoxicologie, évaluation environnementale, santé des poissons

D. Baird, chercheur scientifique

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau); professeur de recherche, Université du Nouveau-Brunswick
- Écotoxicologie aquatique, conception de programmes de biosurveillance, biodiversité aquatique

C. Baron, spécialiste des sciences physiques

- Ministère des Pêches et des Océans (Division des sciences de l'environnement)
- Habitat des poissons, effets cumulatifs, qualité de l'eau

B. Brua, scientifique de l'écologie du milieu

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau)
- Biodiversité aquatique, écologie, santé de l'écosystème

A. Colodey, gestionnaire

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau)
- Surveillance adaptable, élaboration et mise en œuvre de règlements environnementaux

J. Culp, chercheur scientifique

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau); professeur de recherche, Université du Nouveau-Brunswick
- Écosystèmes riverains, facteurs de stress multiples sur les réseaux alimentaires, effets cumulatifs

P. di Cenzo, spécialiste des sciences physiques

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau) et Université de Victoria -- Centre de recherche sur les impacts des changements climatiques et hydrologiques (W-CIRC)
- Hydrologie et microclimatologie des régions froides

M. Dubé, spécialiste en écotoxicologie aquatique

- Professeure agrégée et titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur le diagnostic de la santé des écosystèmes aquatiques, Université de la Saskatchewan
- Écotoxicologie, cadre d'évaluation des écosystèmes fluviaux THREATS, évaluation des impacts cumulatifs

N. Glozier, scientifique des écosystèmes aquatiques

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau)
- Écosystèmes aquatiques, polluants de l'eau, surveillance environnementale

E. Kelly, spécialiste de l'environnement

- Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Environnement et ressources naturelles
- Chimie de l'environnement, dépôts atmosphériques, impacts écologiques

E. Luiker, écologiste des milieux aquatiques

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau)
- Écologie, écosystèmes aquatiques, biodiversité de l'eau douce

P. MacMahon, gestionnaire

- Ministère du Développement des ressources durables d'Alberta (Division des poissons et de la faune)
- Gestion des poissons, surveillance des poissons, conservation et régulation

P. McEachern, limnologue

- Ministère de l'Environnement de l'Alberta, Sciences, recherche et innovation
- Surveillance de la qualité de l'eau, chimie de l'environnement, évaluation des impacts

E. Luiker, spécialiste du milieu aquatique

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau)
- Biodiversité aquatique, qualité de l'eau, RCBA

K. Munkittrick, spécialiste de l'écologie des pêches

- Professeur et titulaire de la Chaire de recherche du Canada en évaluation de la santé des écosystèmes, Université du Nouveau-Brunswick (Saint John)
- Santé des poissons, toxicologie de l'environnement, biosurveillance aquatique, évaluation des effets cumulatifs

M. Palace, chercheur scientifique

- Ministère des Pêches et des Océans (Division des sciences de l'environnement)
- Polluants chimiques de l'eau, physiologie des poissons, toxicologie environnementale

J. Rasmussen, spécialiste de l'écologie aquatique

- Professeur et titulaire de la Chaire de recherche du Canada en écosystèmes aquatiques, Université de Lethbridge
- Évaluation des impacts sur les écosystèmes aquatiques, biogéochimie, écologie des pêches

G. Scrimgeour, écologiste

- Parcs Canada, ministère des Sciences biologiques
- Recherche écologique appliquée, restauration écologique

F. Wrona, stratège principal en sciences

- Environnement Canada (Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau) et professeur de recherche, Université de Victoria -- Centre de recherche sur les impacts des changements climatiques et hydrologiques (W-CIRC)
- Écologie aquatique, hydroécologie des régions froides, biostatistique, écologie quantitative

Émissions atmosphériques et surveillance de la qualité de l'air

C. Banic (dir.), spécialiste de l'atmosphère

- Environnement Canada (Direction des sciences et de la technologie atmosphériques)
- Dépôts atmosphériques, chimie de l'environnement

J. Abbatt, spécialiste de l'atmosphère

- Université de Toronto
- Chimie physique, pollution de l'air en milieu urbain, dépôts atmosphériques

J. Aherne, spécialiste en biogéochimie des bassins versants

- Professeur agrégé et titulaire de la Chaire de recherche du Canada en modélisation environnementale, Université Trent
- Effets terrestres, modélisation des écosystèmes, écosystèmes aquatiques

C. Austin, chercheur scientifique

- Environnement Canada (Direction des sciences et de la technologie atmosphériques)
- Qualité de l'air, toxicologie industrielle, polluants atmosphériques

P. Blanchard, spécialiste de l'atmosphère

- Environnement Canada (Direction des sciences et de la technologie atmosphériques)
- Polluants atmosphériques, surveillance environnementale, dépôts atmosphériques

J.-P. Charland, gestionnaire de recherche

- Environnement Canada (Direction des sciences et de la technologie atmosphériques)
- Qualité de l'air, recherche sur les aérosols atmosphériques

E. Kelly, spécialiste de l'environnement

- Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Environnement et ressources naturelles
- Chimie de l'environnement, dépôts atmosphériques, impacts écologiques

S.-M. Li, chercheur scientifique principal

- Environnement Canada (Direction des sciences et de la technologie atmosphériques)
- Recherche sur les processus liés à la qualité de l'air, processus liés aux aérosols atmosphériques

P. Makar, chercheur scientifique

- Environnement Canada (Direction des sciences et de la technologie atmosphériques)
- Modélisation de la simulation de la qualité de l'air, modélisation de la qualité de l'air en milieu urbain/rural

R. Martin, chimiste spécialiste de l'atmosphère

- Professeur « Killam », Université Dalhousie
- Chimie atmosphérique, modélisation relative à la qualité de l'air et au climat, télédétection

K. McCullum, ingénieur en chef

- Ministère de l'Environnement de la Saskatchewan
- Analyse de la qualité de l'air, matières particulaires, génie environnemental

K. MacDonald, chimiste

- Professeur agrégé en salubrité de l'environnement, Collège universitaire Concordia de l'Alberta
- Salubrité de l'environnement, transport de contaminants atmosphériques

C. McLinden, chercheur scientifique

- Environnement Canada (Direction des sciences et de la technologie atmosphériques)
- Recherche sur la qualité de l'air, chimie atmosphérique

C. Mihele, spécialiste des sciences physiques

- Environnement Canada (Direction des sciences et de la technologie atmosphériques)
- Chimie atmosphérique, recherche sur la qualité de l'air

K. Percy, scientifique principal

- Wood Buffalo Environmental Association
- Qualité de l'air, effets de la qualité de l'air, effets terrestres et sur les bassins versants

G. Rideout, ingénieur

- Environnement Canada (Direction des sciences et de la technologie atmosphériques)
- Échantillonnage et analyse des émissions atmosphériques toxiques, technologies et stratégies de contrôle

J. Rudolph, chimiste spécialiste de l'atmosphère

- Professeur, Université York
- Chimie atmosphérique, composés organiques volatils, matières particulaires atmosphériques

M. Savard, géoscientifique-chercheur

- Ressources naturelles Canada (Hydrogéologie et géosciences de l'environnement)
- Surveillance spatiale et temporelle à l'aide d'isotopes de l'azote dans les anneaux de croissance des arbres

D. Spink, consultant en environnement

- Conseiller technique sur la qualité de l'air, Service de développement durable, collectivité de Fort McKay
- Qualité de l'air, surveillance des effets sur l'air

C. Taylor, conseiller principal en sciences

- Environnement Canada (Direction des sciences et de la technologie atmosphériques)
- Sciences de l'atmosphère

C. Vet, spécialiste des sciences physiques

- Environnement Canada (Direction des sciences et de la technologie atmosphériques)
- Qualité de l'air, chimie atmosphérique

J. Watson, spécialiste de l'atmosphère

- Professeur de recherche, sciences de l'atmosphère, Desert Research Institute
- Qualité de l'air, répartition par source, échantillonnage de particules et analyse

Examineurs experts

R. Artz

- National Oceanic and Atmospheric Administration, directeur adjoint, Air Resources Laboratory

T. Holsen

- Université Clarkson, codirecteur du Clarkson Center for the Environment, professeur au département de génie civil et environnemental

D. Parrish

- National Oceanic and Atmospheric Administration, Responsable du programme de chimie troposphérique, Earth System Research Laboratory

J. Rasmussen

- Université de Lethbridge, chaire de recherche du Canada en étude des écosystèmes aquatiques, professeur en sciences biologiques

Biodiversité terrestre et habitat

R. Bloom, biologiste de l'habitat

- Environnement Canada (Service canadien de la faune, Région des Prairies et du Nord)
- Modélisation de la répartition des espèces, modélisation de l'habitat et protection de l'habitat essentiel des espèces en péril

C. Boutin, chercheur scientifique

- Environnement Canada (Direction de la faune et de la science du paysage)
- Écotoxicologie, effets des contaminants sur la végétation

K. Cash, directeur général

- Environnement Canada (Direction de la faune et de la science du paysage)
- Gestion scientifique, écosystèmes aquatiques

M. Fernie, chercheur scientifique

- Environnement Canada (Direction de la faune et de la science du paysage)
- Écotoxicologie, effets des contaminants sur la santé aviaire

D. Forsyth, chercheur scientifique

- Environnement Canada (Direction de la faune et de la science du paysage)
- Écotoxicologie, niveaux de contaminants, tendances et effets sur les oiseaux et autres espèces sauvages

C. Hebert, chercheur scientifique

- Environnement Canada (Direction de la faune et de la science du paysage)
- Écotoxicologie, exposition des oiseaux migrateurs aux contaminants

Rhona Kindopp, scientifique des écosystèmes

- Parcs Canada (Parc national du Canada Wood Buffalo)
- Biosurveillance aquatique des espèces sauvages

P. Knaga, biologiste de la faune

- Environnement Canada (Service canadien de la faune, Région des Prairies et du Nord)
- Écologie terrestre, spécialiste de la gestion des données

K. Machin, Effets des contaminants sur les oiseaux, méthodes d'évaluation

- Professeur agrégé, Département de sciences biomédicales vétérinaires, Université de la Saskatchewan
- Physiologie aviaire

C. Machtans, biologiste de la faune

- Environnement Canada (Service canadien de la faune, Région des Prairies et du Nord)
- Écologie des oiseaux forestiers, surveillance écologique

S. MacMillan, gestionnaire de la conservation des ressources

- Parcs Canada (Parc national du Canada Wood Buffalo)
- Biosurveillance aquatique des espèces sauvages

C.L. Mahon, biologiste de la faune

- Environnement Canada (Service canadien de la faune, Région des Prairies et du Nord)
- Écologie des paysages et modélisation, écologie des oiseaux forestiers

M. Palace, chercheur scientifique

- Ministère des Pêches et des Océans (Directeur, Centre de recherche environnementale sur les pesticides)
- Écotoxicologie, niveaux de contaminants et effets sur les poissons et autres espèces sauvages

Bruce Pauli, gestionnaire de recherche

- Environnement Canada (Direction de la faune et de la science du paysage)
- Écotoxicologie, niveaux de contaminants, tendances et effets sur les oiseaux et autres espèces sauvages

D. Schock, spécialiste de la biologie et des maladies des amphibiens

- Membre associé du corps professoral, Collège Keyano, Fort McMurray (Alberta)
- Écotoxicologie et maladie des amphibiens, effets des contaminants sur la santé des amphibiens

J. Shatford, scientifique des écosystèmes

- Parcs Canada (Parc national du Canada Wood Buffalo)
- Biosurveillance aquatique des espèces sauvages

L. Shutt, Directeur, Division de l'écotoxicologie et de la santé faunique

- Environnement Canada (Direction de la faune et de la science du paysage)
- Écotoxicologie, effets des contaminants sur la santé aviaire

J. Smits, Division de la santé faunique et de l'écotoxicologie

- Professeur agrégé, Département des écosystèmes et de la santé publique, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Calgary
- Écotoxicologie et maladies de la faune, niveaux de contaminants, tendances et effets sur les oiseaux et autres espèces sauvages

S.J. Song, Chef, Évaluation des populations

- Environnement Canada (Service canadien de la faune, Région des Prairies et du Nord)
- Écologie boréale, écologie aviaire

C. Soos, chercheur scientifique

- Environnement Canada (Direction de la faune et de la science du paysage)
- Écotoxicologie et maladies de la faune, interactions entre les contaminants et les maladies de la faune

Phil Thomas, biologiste

- Environnement Canada (Direction de la faune et de la science du paysage)
- Écotoxicologie, niveaux de contaminants, tendances et effets sur les plantes et autres espèces sauvages

R. Wiacek, agent principal de l'évaluation environnementale

- Environnement Canada (Service canadien de la faune, Région des Prairies et du Nord)
- Écologie terrestre, évaluation environnementale

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	xiv
CHAPITRE 1. INTRODUCTION	1
CHAPITRE 2. CONTEXTE DU PLAN INTÉGRÉ.....	6
2.1 Contexte du développement.....	7
CHAPITRE 3. CONCEPTION DU RÉSEAU D'ÉCHANTILLONNAGE DESTINÉ LA SURVEILLANCE INTÉGRÉE	10
3.1 Éléments du plan de surveillance étendu : eau, air, biodiversité.....	11
CHAPITRE 4. SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'EAU (PHASE 1)	13
CHAPITRE 5. SURVEILLANCE ÉTENDUE DES ÉCOSYSTÈMES AQUATIQUES	17
5.1 Portée géographique étendue	17
5.2 Biodiversité et effets sur l'écosystème aquatique	18
5.2.1 Poissons	19
5.2.2 Invertébrés et autres biotes	21
5.3 Lacs sensibles à l'acidité	23
CHAPITRE 6. SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR	26
CHAPITRE 7. BIODIVERSITÉ ET HABITAT TERRESTRE	30
CHAPITRE 8. ASSURANCE ET CONTRÔLE DE LA QUALITÉ : TERRAIN, LABORATOIRE ET CONTINUUM DE DONNÉES.....	33
CHAPITRE 9. GESTION DES DONNÉES ET AIDE À LA DÉCISION	34
CHAPITRE 10. RÉSUMÉ.....	36
CHAPITRE 11. RÉFÉRENCES	37

RÉSUMÉ

L'industrie, ainsi que d'autres observateurs, s'attendent à un accroissement important de l'exploitation de sables bitumineux de moyen à long terme. Par rapport aux niveaux de production actuels qui dépassent à peine 1,5 million de barils par jour, on prévoit que la production doublera d'ici 2020, atteignant ainsi trois millions de barils par jour, et qu'elle continuera d'augmenter par la suite, et ce, au-delà de 2030. La valeur de cette production est estimée à près de 60 milliards de dollars en 2012 et devrait atteindre 86 milliards de dollars par an en moyenne de 2013 à 2020. Étant donné l'importance de l'industrie des sables bitumineux pour l'économie de l'Alberta et celle du Canada, il importe qu'elle respecte l'environnement de façon durable. Un programme de surveillance environnementale de calibre mondial est essentiel à l'atteinte de cet objectif. Toutefois, on a découvert des manquements dans la surveillance environnementale actuelle des sables bitumineux qui font en sorte que la surveillance actuelle n'est pas suffisante pour garantir que les sables bitumineux sont exploités de façon durable.

En décembre 2010, un groupe consultatif fédéral sur les sables bitumineux a présenté au ministre fédéral de l'Environnement un rapport comprenant un examen des activités de surveillance en cours dans le réseau hydrographique du cours inférieur de la rivière Athabasca, a décelé des lacunes importantes, et a fourni des recommandations en vue de l'élaboration éventuelle d'un programme de surveillance de calibre mondial pour la région des sables bitumineux.

En réponse, Environnement Canada a coordonné des scientifiques fédéraux, provinciaux, territoriaux et indépendants dans le cadre d'un processus à deux phases concernant l'élaboration d'un plan de surveillance de l'environnement de calibre mondial pour les sables bitumineux. Le plan de surveillance est une série de documents techniques qui présentent ce qui doit faire l'objet d'une surveillance, où, quand et comment. Il n'aborde pas les questions de mise en œuvre comme le financement ou les rôles et les responsabilités des organismes ou des établissements existants. Le plan a été conçu sur les principes de base recommandés par le groupe consultatif : généralité et exhaustivité, rigueur sur le plan scientifique, adaptabilité et robustesse, inclusion et caractère collaboratif, transparence et accessibilité. Les résultats de la phase 1 (soit un cadre de travail conceptuel pour un plan de surveillance de calibre mondial et un énoncé détaillé concernant la surveillance de la qualité de l'eau pour le cours inférieur de la rivière Athabasca) ont été publiés en mars 2011.

Alors que la phase 1 portait sur la qualité de l'eau, on s'est rendu compte qu'il était nécessaire d'étendre sa portée afin de prendre en compte la surveillance de l'air et de la biodiversité, ainsi que la surveillance plus étendue de la qualité de l'eau et l'évaluation de ses effets. Cette approche globale est conçue afin de porter sur des domaines précis pour lesquels il existe des lacunes en matière de données scientifiques et de permettre une adaptation à l'évolution des besoins à mesure que les données environnementales et que la compréhension de l'environnement évoluent.

L'idée maîtresse du plan de surveillance est que la fréquence des prélèvements d'échantillons et la portée géographique de la surveillance sont toutes deux liées à une série de déclencheurs servant à la prise de décision. Cela signifie qu'une surveillance accrue peut s'avérer nécessaire si des changements importants sont décelés à un site donné, ou encore que la surveillance peut être réduite lorsque des prélèvements d'échantillons répétés n'indiquent aucun changement important.

La conception du Plan passe de la surveillance des changements qui ont déjà eu lieu à une approche qui permettra de mieux évaluer l'état actuel, ainsi que de prévoir les répercussions de nombreux facteurs de stress à venir, et enfin, les effets cumulatifs. Toutes les données seront mises à la disposition du public.

Le Plan comprend des éléments fiables sur les activités de surveillance actuelles, modifie les éléments qui en ont besoin, augmente la couverture spatiale et temporelle des sites de surveillance, et étend sa portée afin d'inclure les éléments relatifs à l'écosystème qui n'avaient pas été surveillés auparavant de façon systématique. Ce Plan permettra non seulement de déceler les changements, mais aussi de mieux comprendre la variabilité naturelle et les réponses du système en ce qui a trait aux activités d'exploitation des sables bitumineux.

Le principal constat des experts examineurs de ce Plan est que malgré sa compétence technique, une mise en œuvre efficace dictera sa réussite ou son échec pour ce qui est d'atteindre son objectif de production des données nécessaires afin de garantir que les sables bitumineux sont traités de façon durable.

Les priorités en matière de mise en œuvre sont présentées dans chaque composante du Plan qui donne des détails de surveillance précis pour l'eau, l'air et la biodiversité.

CHAPITRE 1. INTRODUCTION

Le modèle du plan de surveillance intégré de l'eau, de l'air, de la terre et de la biodiversité aquatique pour le bassin inférieur de la rivière Athabasca est fondé sur les principes suivants : généralité et exhaustivité, rigueur sur le plan scientifique, adaptabilité et robustesse, inclusivité et caractère collaboratif, transparence et accessibilité.

Ce plan veille à ce que la sélection du site, ainsi que la fréquence d'échantillonnage spatiale et temporelle assurent une connexion appropriée des processus physiques, chimiques et écologiques concernés afin d'évaluer les conséquences de l'exploitation des sables bitumineux sur la qualité de l'eau et sa quantité, la qualité de l'air, ainsi que la biodiversité aquatique et terrestre au niveau local et régional.

Ce plan se base sur le plan de surveillance de la qualité de l'eau de la première phase et, grâce à sa conception, il peut être adapté pour traiter à la fois les problèmes actuels et à venir liés à la compréhension de l'échelle, de la durée et de la magnitude des effets possibles de l'exploitation des sables bitumineux sur l'environnement aquatique et terrestre.

Le plan repose sur une stratégie de surveillance régionale solide et intégrée, qui permettra l'évaluation de tous les changements potentiels à l'échelle locale et régionale, ainsi qu'à court terme ou à plus long terme. Il servira de base pour distinguer les changements liés aux activités d'exploitation des sables bitumineux de ceux qui sont influencés par la nature, comme les suintements naturels de bitume.

Les relations entre les changements définis dans ce contexte serviront de base pour l'évaluation des effets cumulatifs. L'utilisation intégrée de déclencheurs servant à la prise de décision, afin d'augmenter ou de diminuer les activités de surveillance à mesure que la compréhension de l'état et de la tendance de l'écosystème évolue, permettra une utilisation efficace des ressources en vue de produire les données nécessaires visant à garantir que les sables bitumineux sont traités de façon responsable.

L'industrie, ainsi que d'autres observateurs, s'attendent à un accroissement important de l'exploitation de sables bitumineux de moyen à long terme. Par rapport aux niveaux de production actuels qui dépassent à peine 1,5 million de barils par jour, on prévoit que la production doublera d'ici 2020, atteignant ainsi trois millions de barils par jour, et qu'elle continuera d'augmenter par la suite, et ce, au-delà de 2030. La valeur de cette production est estimée à près de 60 milliards de dollars en 2012 et devrait atteindre 86 milliards de dollars par an en moyenne de 2013 à 2020. Toutefois, on a découvert des manquements dans la surveillance environnementale actuelle des sables bitumineux qui font en sorte que la surveillance actuelle n'est pas suffisante pour garantir que les sables bitumineux sont exploités de façon responsable. Un groupe

consultatif fédéral sur les sables bitumineux (Rapport du Groupe consultatif sur les sables bitumineux, 2010 : <http://www.ec.gc.ca/pollution/default.asp?lang=Fr&n=E9ABC93B%E2%80%90901>) a souligné que les inexactitudes et les limites de la surveillance actuelle des sables bitumineux étaient dues à un manque d'intégration de supervision scientifique. En outre, le rapport du groupe faisait des recommandations centrées sur la façon d'avancer vers la conception et la mise en œuvre d'un plan de surveillance de l'environnement de calibre mondial. On a par ailleurs reconnu que, en raison des difficultés scientifiques dans la région des sables bitumineux, il était nécessaire d'avoir recours à une approche en plusieurs phases afin d'élaborer un plan avec des composantes propres à chaque milieu, et ce, pour l'eau, l'air et la biodiversité. Il était, néanmoins, nécessaire de s'assurer que toutes les composantes étaient pleinement intégrées à un plan unique et général fondé sur une approche prenant pour base l'écosystème. L'encadré 1 résume les éléments scientifiques fondamentaux d'un plan de surveillance de calibre mondial définis par le groupe consultatif fédéral sur les sables bitumineux.

Encadré 1 : Principes qui soutiennent un programme de surveillance efficace et « de classe mondiale »

- **Généralité et exhaustivité** : Une approche systémique qui intègre les différentes composantes essentielles du système, ainsi que les relations entre ces composantes, qui intègre des mesures spatiales sur de multiples échelles et qui reconnaît la dimension temporelle, du passé à l'avenir.
- **Rigueur sur le plan scientifique** : Une approche fondée sur la science, qui utilise des indicateurs robustes, une méthodologie uniforme et des rapports normalisés, y compris un examen par les pairs, qui permettra d'obtenir des données indépendantes, objectives, complètes, fiables, vérifiables et reproductibles.
- **Adaptabilité et robustesse** : Une approche qui peut être évaluée et révisée à mesure que les connaissances, les besoins et les circonstances changent et qui assure des fonds stables et suffisants.
- **Inclusivité et caractère collaboratif** : Une approche qui vise à faire participer les parties concernées à la conception et à l'exécution, notamment l'établissement de l'ordre de priorité des enjeux et l'établissement des objectifs en matière d'écosystème.
- **Transparence et accessibilité** : Une approche qui produit des renseignements accessibles au public dans des formats (des données brutes aux analyses) en temps opportun pour permettre aux parties intéressées de faire leur propre analyse et de tirer leurs propres conclusions, et qui servira de fondement explicite à la prise de décisions et à l'énoncé de conclusions.

En réponse, le ministre fédéral de l'Environnement a annoncé, en décembre 2010, la première phase d'un processus d'élaboration d'un plan intégré de surveillance des sables bitumineux de calibre mondial. Le résultat du processus de la phase 1, publié en mars 2011, était un cadre de surveillance conceptuel et un plan de surveillance de la qualité de l'eau dans le tronçon principal et les affluents du cours inférieur de la rivière Athabasca. (<http://www.ec.gc.ca/Publications/default.asp?lang=Fr&xml=1A877B42-60D7-4AED-9723-1A66B7A2ECE8>) Le rapport de la phase 1 a été rédigé par des chercheurs universitaires et des scientifiques du ministère de l'Environnement de l'Alberta et d'Environnement Canada. Environnement Canada a joué un rôle de coordonnateur.

Le plan de surveillance environnemental intégré des sables bitumineux comprend le cadre de surveillance qui sert de base, des concepts fondamentaux de surveillance et le plan de surveillance de la qualité de l'eau élaboré lors de la phase 1. Ce document offre plus de renseignements pour le travail scientifique et l'intégration qui ont lieu au cours de la phase 2, ainsi que trois composantes propres à un milieu élaborées lors de la phase 2 et qui fournissent des renseignements techniques concernant la surveillance de l'air, de l'eau et de la biodiversité.

Documents relatifs au Plan intégré de surveillance des sables bitumineux

- 1. *Plan de surveillance de la qualité de l'eau du cours inférieur de la rivière Athabasca, phase 1 (publié en mars 2011);***
- 2. *Plan de surveillance environnemental intégré des sables bitumineux;***
- 3. *Portée géographique étendue pour la surveillance de la qualité de l'eau et de sa quantité, de la biodiversité aquatique, des effets et des lacs sensibles aux acides;***
- 4. *Surveillance de la qualité de l'air par rapport aux sables bitumineux; Surveillance de la biodiversité et de l'habitat terrestres.***

La première phase de l'élaboration du plan de surveillance traitait principalement des composantes physiques (hydrologie et climat) et chimiques du tronçon principal et des affluents de la rivière Athabasca. Elle a mis en valeur un échantillonnage exhaustif et une approche analytique visant à quantifier les charges, le transport et le devenir des contaminants provenant des sables bitumineux ainsi que d'autres sources industrielles et municipales dans ces réseaux afin de surveiller la qualité de l'eau dans le cours inférieur de l'Athabasca. La première phase a mis en lumière les composantes et les processus environnementaux pour surveiller l'eau de surface afin d'obtenir une meilleure compréhension quantitative spatiale et temporelle des « facteurs de stress » physiques et chimiques clés qui touchent le réseau tout en améliorant les connaissances sur les conditions de base historiques.

En outre, le document élaboré au cours de la première phase a fourni le cadre général d'un plan de surveillance intégré dans le but d'évaluer les effets cumulatifs sur l'ensemble des milieux environnementaux et des échelles temporelles et spatiales. Il a défini cinq éléments fondamentaux visant à orienter toutes les phases de conception et de mise en œuvre de la surveillance :

1. Surveillance intégrée à l'échelle régionale.
2. Production des résultats de base.
3. Déclencheurs servant à la prise de décision.
4. Outils pour la mise en œuvre.
5. Principes pour une mise en œuvre réussie.

La surveillance régionale doit produire **trois résultats de base** de façon cohérente et continue :

1. **Évaluation des conditions environnementales accumulées ou de l'état accumulé.**
2. **Relations entre les éléments déclencheurs du système et la réponse de l'environnement.**
3. **Évaluation des effets cumulatifs.**

Ces éléments sont nécessaires afin de surveiller chaque composante environnementale (air, biodiversité et eau) et, grâce à cette cohérence, une évaluation intégrée peut être réalisée. En l'absence de ces résultats de base, il est impossible de détecter, prévoir, gérer ou atténuer les changements cumulatifs. Le Plan reconnaît qu'il n'est pas nécessaire de surveiller tout, partout, en tout temps. Afin de s'assurer de l'optimisation des activités, on aura recours à un système d'aide à la prise de décision fondé sur des « déclencheurs », et ce, en vue de permettre d'augmenter ou de diminuer le nombre d'activités de surveillance. Ainsi, les activités de surveillance s'adapteront continuellement à l'évolution des conditions ou des connaissances. Si des activités, des sites ou la méthodologie de surveillance changent, un étalonnage comparatif sera nécessaire.

Les composantes de la phase 2 du Plan de surveillance se fondent sur la phase 1 et dépassent sa portée en offrant des conceptions plus détaillées des plans de surveillance pour une couverture géographique plus large des bassins hydrologiques et des secteurs en aval concernés, ainsi que des détails à surveiller en matière de qualité de l'air et d'écosystème aquatique et terrestre. Les composantes de la phase 2 établissent également la justification et la conception de l'échantillonnage pour les différents milieux, et ce, afin de traiter la *pertinence* des changements de paramètres. Le plan définit les approches les plus appropriées pour détecter la détérioration de l'écosystème aquatique et terrestre, les changements de la qualité de l'air au niveau local et régional, ainsi que les indicateurs biologiques et écologiques pertinents qui seront utilisés pour surveiller et évaluer les répercussions locales et régionales, notamment les effets cumulatifs.

Comme le souligne le rapport de la première phase, l'élaboration et la validation de nouveaux systèmes intégrés de modélisation environnementale, d'aide à la décision et de prédiction environnementale sont un élément clé de la conception permettant une meilleure évaluation (**résultat de base 1**) et une meilleure projection des répercussions régionales et propres au site. La relation « de cause à effet » qui sera élaborée au cours de la mise en œuvre du plan (**résultats de base 2**) servira en fin de compte à prédire les impacts environnementaux cumulatifs (**résultats de base 3**), qui seront ensuite surveillés. Ce plan fera l'objet d'un examen périodique par des experts internes afin de s'assurer qu'il est toujours pertinent et qu'il continue d'améliorer et de faire avancer notre compréhension scientifique fondamentale des répercussions réelles et

potentielles de l'exploitation des sables bitumineux sur l'environnement, ainsi que de délimiter et de surmonter les questions et les inquiétudes actuelles et futures des intervenants.

Les composantes des phases 1 et 2 du Plan ont été élaborées par des équipes de scientifiques fédéraux, provinciaux, territoriaux et indépendants, sélectionnés en fonction de leur participation antérieure à des exercices d'examen des sables bitumineux ou de leur savoir-faire scientifique précis. Les scientifiques participants avaient de l'expérience dans les domaines suivants : qualité et quantité de l'eau souterraine et de surface, hydrologie, climatologie, chimie environnementale, paléolimnologie, émissions dans l'air et qualité de l'air, santé humaine, transport atmosphérique et dépôt de contaminants, chimie des contaminants associés au traitement des sables bitumineux, écologie aquatique et terrestre, toxicologie des amphibiens, des poissons, des vertébrés et des invertébrés, conception et mise en œuvre de plans de surveillance aquatiques et terrestres, évaluation d'effets cumulatifs et conception statistique. Parmi les scientifiques ayant contribué au processus de la première phase, un grand nombre ont également pris part au processus de conception de la deuxième phase afin de faire en sorte que l'intégration de la conception du système soit appropriée et que le réseau d'échantillonnage soit optimisé.

L'idée maîtresse du plan de surveillance est que la fréquence des prélèvements d'échantillons et la portée géographique de la surveillance sont toutes deux liées à une série de déclencheurs servant à la prise de décision pour chaque composante environnementale respective (eau, air, biote). Par exemple, si un changement statistiquement significatif est décelé à un site (comme un changement décelé relativement aux variations historiques ou de référence du site), une surveillance accrue est effectuée pour valider le résultat. Si, par suite d'une surveillance accrue, un changement statistique confirme une détérioration dans la qualité de l'eau ou la condition écologique, le programme de surveillance sera élargi pour définir l'étendue et l'ampleur de l'effet mesuré. De même, si aucun changement important n'est observé de façon récurrente à un ou plusieurs emplacements après avoir procédé à des prélèvements répétés d'échantillons, l'intensité ou la portée géographique des prélèvements peuvent être réduites et évaluées à une fréquence moindre. De cette façon, l'effort de surveillance sera toujours évalué, optimisé et guidé par l'interprétation objective des données par des pairs.

Les priorités en matière de mise en œuvre sont présentées dans chaque composante relative à l'air, l'eau et la biodiversité.

CHAPITRE 2. CONTEXTE DU PLAN INTÉGRÉ

Le plan intégré reconnaît les liens entre les processus et les milieux de l'écosystème atmosphérique, aquatique et terrestre et les médias.

Il faut absolument normaliser les protocoles de collecte des données, les procédures analytiques et les protocoles d'assurance et de contrôle de la qualité, ainsi qu'établir des rapports sur plusieurs milieux pour assurer la compatibilité, la comparabilité et l'intégration des résultats.

Ce Plan intégré basé sur l'écosystème couvre les éléments suivants :

- *Le bassin hydrologique du cours inférieur de la rivière Athabasca, ce qui comprend le tronçon principal et ses affluents, le delta des rivières de la Paix et Athabasca, et le lac Athabasca; En plus, des segments pertinents des réseaux des rivières de la Paix et des Esclaves (y compris le delta de la rivière des Esclaves), ainsi que les lacs sensibles aux acides en Alberta, en Saskatchewan et dans les Territoires du Nord-Ouest.*
- *La qualité de l'air et les dépôts atmosphériques dans le nord de l'Alberta, le sud des Territoires du Nord-Ouest, la Saskatchewan et le Manitoba.*
- *Les habitats terrestres stratégiques en Alberta et en Saskatchewan.*

Les résultats générés auront une application dans l'évaluation des risques pour les milieux aquatiques et terrestres, et la santé humaine.

Les éléments de la deuxième phase du plan produiront des renseignements scientifiques crédibles pour permettre notamment :

- de mieux décrire les conditions actuelles et, si possible, de base, ainsi que les processus pertinents en lien avec la qualité de l'air et l'écosystème aquatique et terrestre;
- d'évaluer les changements concernant la condition et les tendances des émissions atmosphériques, de la qualité de l'air et de l'écosystème terrestre;
- d'enquêter sur les effets et d'évaluer les répercussions au niveau local et régional;
- de mesurer le rendement et de préparer des rapports sur l'état de l'environnement;
- de recueillir des données qui pourraient servir à l'évaluation des risques pour l'environnement et la santé humaine;
- de soutenir et d'apporter une rétroaction pour la modélisation, la gestion et l'élaboration de politiques;
- de faire évoluer les questions concernant les intervenants.

La mise en œuvre du plan sera fondée sur les principes d'inclusion des connaissances traditionnelles autochtones, de même que sur la formation et la participation de membres des collectivités locales aux activités de surveillance actuelles.

Ce plan reconnaît qu'il est nécessaire de s'adapter aux conditions environnementales, technologiques et sociales changeantes pour rester de calibre mondial. Une façon de garantir l'adaptation est d'optimiser l'effort de surveillance en utilisant une approche de déclenchement qui augmentera ou diminuera la surveillance en fonction des changements dans les connaissances au sujet de l'environnement sous surveillance. Ainsi, la surveillance peut diminuer là où elle n'est plus nécessaire et inversement, augmenter où cela est nécessaire. Une autre technique pour garantir l'adaptation est de toujours mettre à l'essai de nouvelles techniques de surveillance et de nouvelles approches analytiques. À cette fin, des niveaux appropriés de développement d'une technique et d'une approche analytique seront investis dans le cadre du plan afin d'être perçu comme un élément essentiel.

Contexte du développement

La deuxième phase élargit la portée géographique de la surveillance de l'eau pour inclure de petits ruisseaux dans les affluents du bassin hydrologique, le delta des rivières de la Paix et Athabasca, ainsi que les segments pertinents des réseaux des rivières des Esclaves et de la paix (y compris le delta de la rivière des Esclaves). Elle prévoit une meilleure caractérisation scientifique des émissions primaires, des produits de transformation atmosphérique et des concentrations et dépôts de polluants dans le nord de l'Alberta, la Saskatchewan, les Territoires du Nord-Ouest et le Manitoba, en établissant des liens avec les lacs sensibles aux acides. Elle comprend également la surveillance des habitats terrestres et des populations d'espèces ciblées dans des zones stratégiques de l'Alberta et de la Saskatchewan.

En outre, le modèle de la deuxième phase fournira un nombre suffisant de détails de qualité pour détecter ou quantifier les effets de l'exploitation des sables bitumineux de façon générale et intégrée. Le plan intégré a été élaboré en incluant les éléments fiables des initiatives de surveillance existantes et il contient les ajouts ou les modifications nécessaires qui permettront l'évaluation des sources de contaminants, du transport de ces derniers, de leur ultime devenir et des effets sur les biotes aquatiques et terrestres ainsi que des processus écologiques pertinents et des effets sur la perturbation des habitats.

Bien que la science et la pratique entourant la surveillance ont été assez bien établies pour certaines composantes environnementales, il existe des lacunes clés en matière de connaissances. Par conséquent, le concept d'amélioration continue est intégré au plan, permettant ainsi au plan de s'adapter aux nouvelles conditions, aux technologies en évolution, aux enjeux sociaux ou aux changements en matière de connaissances. De

plus, l'intégration d'un modèle de surveillance pour l'ensemble des composantes afin de produire des résultats fondamentaux au sein d'un seul cadre permettant d'évaluer les effets cumulatifs est un processus très complexe, rare au niveau international et qui n'a jamais eu lieu dans la région des sables bitumineux. Les éléments clés de ce modèle intégré qui n'existent pas dans les systèmes de surveillance actuels sont la colocalisation des sites d'échantillonnage pour y repérer l'eau, la biodiversité et l'air, au besoin, et l'archivage de tous les ensembles de données dans des formats communs et accessibles qui sont géoréférencés de façon explicite afin de permettre une interprétation facile des données.

La **figure 1** résume l'exploitation des sables bitumineux, ainsi que les changements connexes concernant l'utilisation des terres en juin 2011 à proximité de Fort McMurray. Les aménagements d'exploitation des sables bitumineux et d'extraction souterraine (p. ex., le drainage par gravité au moyen de vapeur ou DGMV) peuvent avoir un grand nombre de répercussions sur l'air, l'eau et la terre liées aux émissions des cheminées et de matières particulaires (p. ex., poussière de mine, piles de stockage de coke, etc.), aux émissions atmosphériques et du parc de la mine, à l'utilisation de l'eau (de surface et souterraine), à la production de flux de déchets, notamment les bassins de résidus et les contaminants connexes, à la contamination potentielle des eaux souterraines, à la perturbation du sol et aux modifications associées de la connectivité hydrologique, ainsi qu'à la perte et à la fragmentation d'habitats. Les éléments propres au milieu et à l'écosystème des éléments de la deuxième phase reconnaissent les liens entre les différentes sources potentielles de contamination, ainsi que leurs répercussions potentielles sur l'eau, la qualité de l'air et la biodiversité aquatique et terrestre.

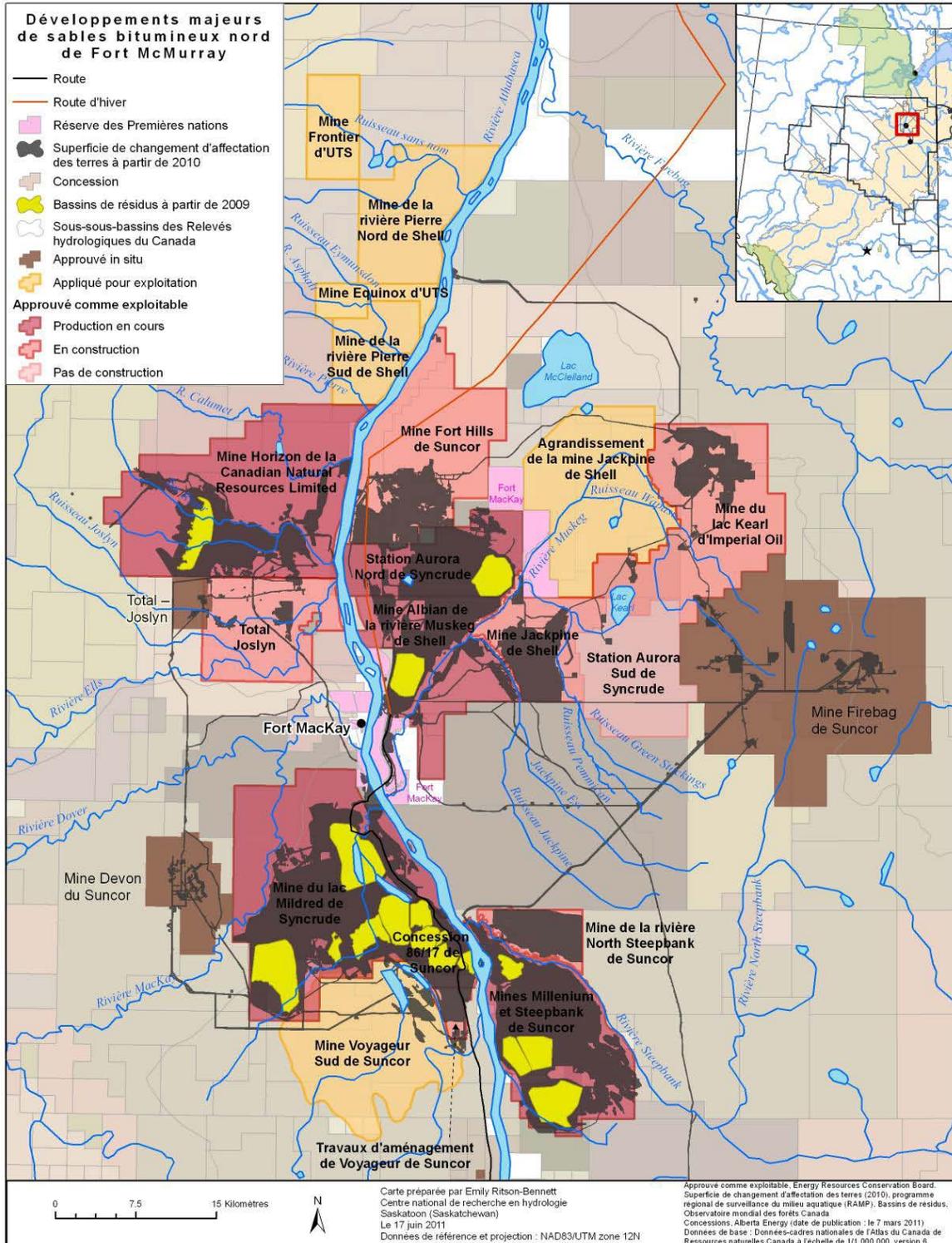


Figure 1. Résumé des exploitations actuelles de sables bitumineux (extraction et *in situ*) et des changements concernant l'utilisation des terres dans la région de Fort McMurray, mettant en lumière certains des défis que doit relever le modèle de surveillance intégrée.

CHAPITRE 3. CONCEPTION DU RÉSEAU D'ÉCHANTILLONNAGE DESTINÉ LA SURVEILLANCE INTÉGRÉE

Le plan intégré se penche sur les lacunes scientifiques et de conception décelées dans les programmes de surveillance précédents.

Le Plan est fondé sur les activités de surveillance existantes qui étendent, le cas échéant, la portée des paramètres environnementaux clés, et accroissent l'étendue spatiale ainsi que la résolution temporelle habituellement surveillées.

Le Plan est conçu pour assurer une approche régionale cohérente en matière de stratégies d'échantillonnage, d'amélioration de la coordination des approches de surveillance, ainsi que de normalisation et de comparabilité des données.

Le plan fournira les données nécessaires pour une approche d'évaluation intégrée des effets cumulatifs. Dans cette approche, l'objectif n'est pas d'évaluer les effets (à la fois propres aux facteurs de stress et cumulatifs) projet par projet, mais de fournir une base régionale pour traiter les préoccupations clés. Cela offre des possibilités pour accroître la rentabilité, met en place des synergies en concentrant les questions et réduit le dédoublement des efforts. Le résultat est un cadre qui soutient les composantes de l'évaluation écologique requises pour l'étude d'impact environnemental (EIE), se concentre sur la surveillance et la recherche, fournit des conditions de base régionales, fournit les données nécessaires pour établir les seuils pour les réponses le cas échéant et détecte les effets cumulatifs.

Le plan améliore la résolution spatiale et temporelle des données recueillies dans le cadre des efforts de surveillance existants. Il accroîtra la capacité à détecter les changements en temps opportun, à prédire les effets et à adapter notre gestion des conditions environnementales en constante évolution. Non seulement nous pourrons ainsi accroître nos capacités statistiques à détecter les changements, mais nous comprendrons également plus en profondeur la variabilité et les réponses du système en fonction des sources ponctuelles et diffuses de contaminants (incluant ceux apportés dans la région par le transport aérien à grande distance), des dépôts de bitume naturels par rapport aux dépôts reliés au bitume minier, des différents types de perturbation de l'habitat et des effets cumulatifs.

Dans la mesure où les résultats biologiques peuvent souvent être plus sensibles et importants sur le plan écologique que les résultats chimiques (p. ex. Palmer *et al.*, 2010), le modèle comprend, si possible, des paramètres biologiques et écologiques comme indicateurs clés du stress et des répercussions. Des efforts continus seront faits pour

améliorer et quantifier ces paramètres afin d'évaluer le degré des répercussions et de savoir si les limites environnementales acceptables ont été dépassées.

Éléments du plan de surveillance étendu : eau, air, biodiversité

Le Plan de surveillance environnemental intégré des sables bitumineux comprend quatre composants :

- (1) le plan de surveillance de la qualité de l'eau (Phase 1 - Tronçon principal et affluents de la rivière Athabasca);***
- (2) la portée géographique étendue pour la surveillance de la qualité de l'eau et de sa quantité, de la biodiversité aquatique, des effets et des lacs sensibles aux acides;***
- (3) la surveillance de la qualité de l'air par rapport aux sables bitumineux;***
- (4) la surveillance de la biodiversité et de l'habitat terrestres.***

L'intégration de ces quatre composants améliore la capacité à traiter les questions fondées sur des hypothèses liées aux répercussions actuelles et prévues de l'exploitation des sables bitumineux sur la qualité environnementale dans une zone précise ou dans toute la région.

Le plan de surveillance environnemental intégré des sables bitumineux est structuré autour de quatre composantes :

1. la surveillance de la qualité de l'eau (Phase 1 - Tronçon principal et affluents de la rivière Athabasca (publié en mars 2011, Environnement Canada et ministère de l'Environnement de l'Alberta);
2. la portée géographique étendue pour la surveillance de la qualité de l'eau et de sa quantité, de la biodiversité aquatique, des effets et des lacs sensibles aux acides;
3. la surveillance de la qualité de l'air;
4. la surveillance de la biodiversité et de l'habitat terrestres.

L'intégration des quatre éléments améliore la capacité à traiter les questions fondées sur des hypothèses liées aux répercussions actuelles et prévues de l'exploitation des sables bitumineux sur les environnements aquatiques et terrestres dans une zone précise ou dans toute la région.

La compréhension du devenir, de la distribution, du transport et des effets des contaminants liés aux sables bitumineux exige que chacune des composantes de surveillance dispose d'une intégration et d'un chevauchement réfléchis dans les zones géographiques où la surveillance est effectuée. Cet aspect a été intégré dans les différents sites de surveillance pour chaque composante. On reconnaît également que des sables bitumineux exploitables et des exploitations *in situ* ont lieu dans la région, ce

qui a des répercussions sur les poissons et la faune à cause des effets directs et indirects, qui se matérialisent par la perte d'habitats, la fragmentation et la dégradation du paysage, la mortalité directe, la toxicologie et l'altération des mouvements au sein des écosystèmes et des habitats. Pour définir les effets environnementaux locaux et régionaux et, en fin de compte, les effets cumulatifs à plus grande échelle au niveau du paysage, il faut que les données de chacune des composantes soient collectées de façon compatible et comparable (c.-à-d. approches analytiques semblables limites de détection, etc.) (voir les sections 8 et 9).

Les sections 4 à 7 de ce rapport indiquent et décrivent la raison d'être des modèles proposés pour chacune des composantes de surveillance propre à un milieu et à un écosystème, en répondant aux questions *quoi, pourquoi, où, quand* et *comment* la surveillance sera effectuée. Chaque composante propre à un milieu décrit également la façon dont les nouveaux modèles constituent des améliorations de la surveillance existante, de même que les variables environnementales et les processus de l'écosystème qui sont intégrés dans toutes les composantes, en mettant l'accent sur les paramètres environnementaux pertinents pour évaluer les répercussions de l'exploitation des sables bitumineux en lien avec les émissions de contaminants et les perturbations du sol.

CHAPITRE 4. SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'EAU (PHASE 1)

La première phase (Environnement Canada, 2011) décrit la conception d'un plan de surveillance de la qualité de l'eau, de sa quantité et du bassin atmosphérique localisé pour le tronçon principal de la rivière Athabasca et ses affluents principaux, entre Fort McMurray et la limite du parc national Wood Buffalo.

L'objectif principal du plan était de présenter une approche détaillée et intégrée qui quantifie et évalue les sources, le transport, les charges, le devenir et les types de contaminants des sables bitumineux, d'autres industries et des municipalités qui se retrouvent dans le système de la rivière Athabasca.

La première phase vise à obtenir une meilleure compréhension spatiale et temporelle quantitative des « facteurs de stress » physiques et chimiques importants qui touchent le système et à améliorer les connaissances sur les conditions de base historiques.

Le document de la première phase (Environnement Canada, 2011) constitue le modèle détaillé de surveillance de la qualité de l'eau pour le tronçon principal de la rivière Athabasca et ses affluents principaux, entre Fort McMurray et la limite du parc national Wood Buffalo. Il s'agit d'un plan technique détaillant quand, où, pourquoi et comment sera réalisée la surveillance de la qualité des eaux de surface. Il est centré sur les composantes physiques et chimiques, ainsi que les facteurs de stress du système. L'objectif principal de ce plan technique est de présenter une approche détaillée et intégrée qui quantifie et évalue les sources, le transport, les charges, le devenir et les types de contaminants des sables bitumineux qui se retrouvent dans le système de la rivière Athabasca. La première phase vise à obtenir une meilleure compréhension spatiale et temporelle quantitative des « facteurs de stress » physiques et chimiques importants qui touchent le système et à améliorer les connaissances sur les conditions de base historiques.

La première phase a été conçue pour répondre aux questions suivantes :

- Quelle est actuellement la qualité de l'eau dans le bassin de la rivière Athabasca?
- Quels contaminants entrent directement ou indirectement dans la rivière Athabasca à cause de l'exploitation des sables bitumineux et en quelle quantité?
- Quelle est la distribution de contaminants dans l'écosystème aquatique, en particulier dans l'eau et dans les sédiments?
- Les types et les quantités de contaminants sont-ils attribuables à des sources particulières?

- Les substances toxiques comme le mercure, les acides naphthéliques et les composés aromatiques polycycliques sont-elles en augmentation ou en diminution et quel est le taux de changement?
- Les substances déversées dans les rivières par les rejets naturels et artificiels peuvent-elles détériorer la qualité de l'eau et quelle est l'importance relative des deux types de rejets?
- Quels sont les effets cumulatifs des modifications de l'utilisation des terres et des rejets artificiels sur l'eau et l'environnement aquatique?
- Dispose-t-on de données permettant de savoir si les charges ou les concentrations actuelles de contaminants représentent une menace pour la santé ou la subsistance de l'homme?

Les éléments clés incluent la prise de mesures plus souvent et à plus d'endroits pour s'assurer que les données soient disponibles en nombre suffisant pour suivre les changements liés à la qualité de l'eau. La **figure 2** résume les sites du réseau de surveillance de la qualité de l'eau et de sa quantité définis à la première phase et la **figure 3** montre l'emplacement des sites de surveillance des dépôts atmosphériques.

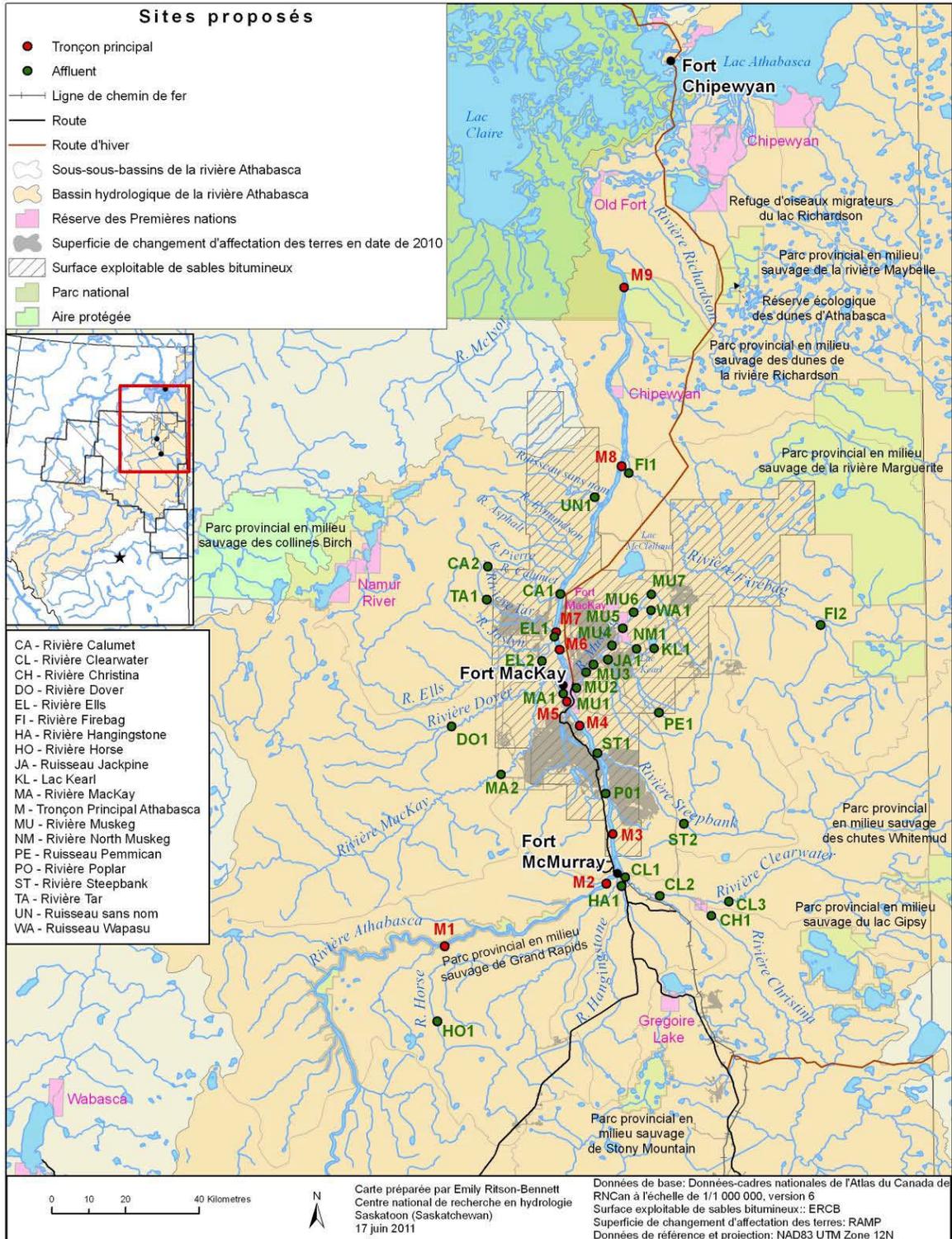


Figure 2. Sites de surveillance de la qualité de l'eau et de sa quantité au cours de la première phase sur le tronçon principal de la rivière Athabasca et ses principaux affluents. Le rouge signale les sites du tronçon principal et le vert, les sites des affluents (Environnement Canada, 2011).

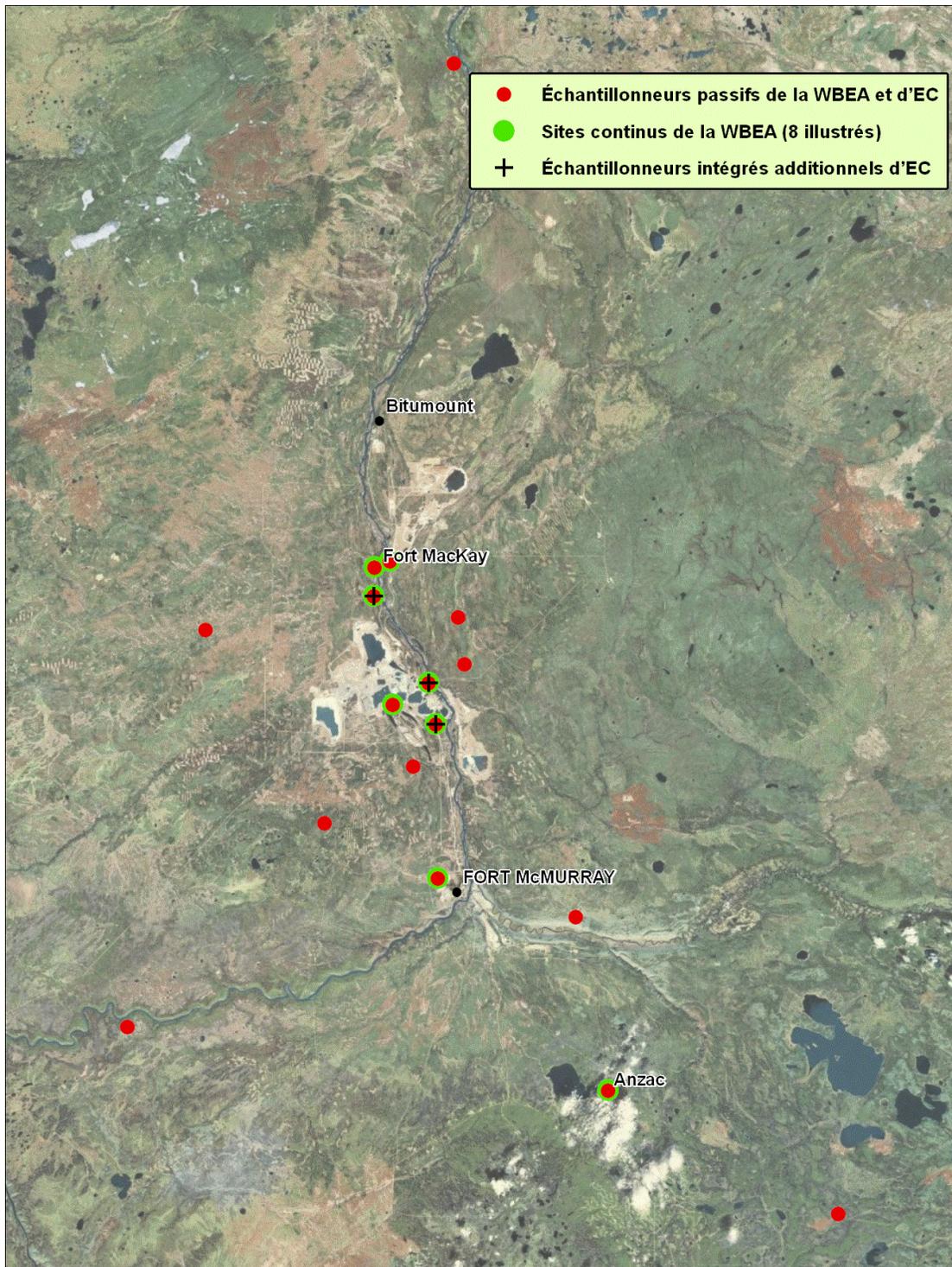


Figure 3. Carte des emplacements proposés pour un réseau d'échantillonnage élargi. Les points rouges représentent les échantillonneurs d'air passifs de la Wood Buffalo Environmental Association (WBEA) et d'Environnement Canada (2010). Les points verts sont les sites d'échantillonnage de la Wood Buffalo Environmental Association (WBEA), les signes « + » représentent les propositions de sites supplémentaires de surveillance animée de l'air à grand débit et des précipitations (Environnement Canada, 2011).

CHAPITRE 5. SURVEILLANCE ÉTENDUE DES ÉCOSYSTÈMES AQUATIQUES

En se fondant sur les résultats du processus d'élaboration du plan de la phase I, la surveillance étendue des écosystèmes aquatiques axée sur la qualité de l'eau, sa quantité, la biodiversité aquatique et les effets écologiques dans le cadre de la deuxième phase inclut les éléments suivants :

- *Expansion de l'étendue géographique des activités de surveillance de l'eau et de l'habitat pour y inclure : le tronçon principal de la rivière Athabasca et ses affluents (y compris les ruisseaux), le delta des rivières de la Paix et Athabasca, le lac Athabasca et la rivière des Esclaves jusqu'à son delta sur la rive sud du Grand lac des Esclaves.*
- *Inclusion des indicateurs et des paramètres écologiques et biologiques pour évaluer les répercussions potentielles de l'exploitation des sables bitumineux sur la santé et l'intégrité de l'écosystème.*
- *Évaluation des répercussions potentielles des émissions atmosphériques dues à l'exploitation des sables bitumineux vers les lacs sensibles aux acides dans le nord-est de l'Alberta, le nord-ouest de la Saskatchewan et les parties sud des Territoires du Nord-Ouest.*

Cette composante de surveillance fait en sorte que la sélection des sites, ainsi que les fréquences d'échantillonnage spatial et temporel assurent une interconnexion appropriée des processus physiques, chimiques et écologiques concernés afin d'évaluer (i) les sources, le devenir et le transport des contaminants dus aux sables bitumineux et (ii) les répercussions potentielles de l'exploitation des sables bitumineux à l'échelle de chaque site et de la région. En outre, on effectuera un échantillonnage intégrant la durée (p. ex., utilisation d'échantillonneurs passifs) et un archivage des échantillons (p. ex., échantillons de tissus de poissons, sédiments). Les échantillons d'archives serviront d'échantillons de références ou de données de base afin de pouvoir comparer les changements à venir au besoin.

Portée géographique étendue

Cette composante étend la portée géographique de la surveillance au-delà du tronçon principal de l'Athabasca et de ses affluents, ce qui a été fait au sein de la première phase, pour inclure les sites clés en aval recevant les écosystèmes et les habitats aquatiques. La conception de l'échantillonnage contient des parties de la région des sables bitumineux de l'Athabasca dont certains cours supérieurs de rivières se jettent directement dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca (par exemple la rivière Birch), mais aussi dans la rivière de la Paix à l'ouest du parc national Wood Buffalo (y compris les rivières Wabasca et Mikkawa), ainsi que dans le lac Athabasca. Les

sites d'échantillonnage contiennent également des segments pertinents des réseaux des rivières de la Paix et des Esclaves, y compris le delta de la rivière des Esclaves.

Voici quelques-unes des questions scientifiques principales ayant guidé l'élaboration du plan étendu sur l'eau :

- Quelle est historiquement et actuellement la qualité de l'eau dans les régions du bassin du cours inférieur de la rivière Athabasca, y compris maintenant dans les milieux récepteurs en aval les plus importants?
- Quel est le niveau des contaminants dus aux sables bitumineux dans les milieux en aval (deltas et lacs) et que deviennent-ils (transport, transformation, dépôt)?
- Quelles sont les répercussions biologiques et écologiques des contaminants dus aux sables bitumineux et de l'exploitation de ces derniers sur la santé de l'écosystème?
- Quelle est la qualité de l'habitat des poissons et des changements sont-ils intervenus en lien avec l'exploitation des sables bitumineux?

Avec l'expansion de la zone géographique, on reconnaît qu'il faut tenir compte d'un accroissement de la complexité hydrologique et écologique. Cette complexité accrue nécessite un examen attentif des questions auxquelles il faut répondre, ainsi que du type de surveillance et de l'approche dans la zone géographique étendue. À une large échelle régionale, l'expansion de la portée géographique tient compte des vecteurs principaux du transport (l'air et l'eau) et des environnements clés où se produit le dépôt (devenir), ainsi que de la bioaccumulation potentielle des contaminants dus aux sables bitumineux. En raison de la géographie étendue, le programme d'échantillonnage doit maintenant faire face à des environnements chimiques et physiques de plus en plus complexes (p. ex., les deltas), sans oublier leur biote.

Les paramètres de qualité et de quantité de l'eau définis au cours de la première phase seront échantillonnés de façon semblable aux emplacements géographiques définis dans la deuxième phase. En revanche, de nouveaux protocoles propres à l'habitat sont également établis. Un ensemble de sites fondamentaux ont été fixés pour élargir l'évaluation régionale du devenir, de la distribution et du transport des contaminants. En outre, on quantifiera également les conditions de base et de référence pour ces sites, qui seront utilisées pour évaluer les dépassements par rapport aux lignes directrices et aux seuils concernant la qualité et la quantité plus en aval.

Biodiversité et effets sur l'écosystème aquatique

La composante intégrée du plan consacrée à la biodiversité et aux effets sur l'écosystème aquatique a pour objectif d'utiliser des espèces et des communautés clés vivant en eau douce, ainsi que les paramètres écologiques et biologiques associés pour évaluer si l'exploitation des sables bitumineux a un effet sur l'intégrité et la santé de

l'écosystème. Cette composante comprend deux éléments principaux : (i) les populations de poissons et (ii) les invertébrés et autre biote. Une priorité sera accordée à la surveillance des poissons et des invertébrés benthiques dans la mise en œuvre du plan en tant qu'un des paramètres les plus susceptibles d'être sensibles aux effets du développement de sables bitumineux.

Poissons

La composante consacrée aux poissons vise à obtenir les données nécessaires pour aborder les principaux aspects touchant la santé environnementale des populations de poissons et les questions liées à la santé des poissons relatives à l'utilisation et à la consommation. Les réflexions sur les leçons tirées des programmes actuels et passés de surveillance des poissons au niveau régional et national ont contribué à l'élaboration de la composante (p. ex. le programme des études de suivi des effets sur l'environnement – <http://www.ec.gc.ca/esee-eem/>).

Voici quelques-unes des questions scientifiques principales ayant guidé l'élaboration de la composante du plan consacrée aux poissons :

- Quel est historiquement et actuellement l'état de santé des populations de poissons dans le tronçon principal du cours inférieur de la rivière Athabasca, dans ses affluents et dans les milieux en aval les plus importants?
- Quels sont les niveaux des substances toxiques comme le mercure, les acides naphthéliques et d'autres contaminants dans les tissus des poissons, et ces niveaux sont-ils en augmentation ou en diminution?
- Quels sont les effets cumulatifs de l'exploitation des sables bitumineux sur les poissons et leur habitat?

Le modèle de la composante sur la surveillance des poissons mettra sur pied des données de base améliorées pour établir à l'avenir des comparaisons propres aux sites et pour améliorer notre capacité à étudier les effets cumulatifs. Au fil du temps, des données relatives à chaque site serviront à mieux comprendre les facteurs clés ou les réponses écologiques afin de permettre l'élaboration d'une approche des effets cumulés et de contribuer à l'établissement de meilleures capacités de prédiction des répercussions des sables bitumineux sur l'environnement. Parmi les attributs biologiques ou écologiques à mesurer, citons l'évaluation de la santé générale des poissons (p. ex., évaluation de l'âge, de la croissance, de la taille du foie et des gonades), leur répartition, la contamination des tissus et les anomalies observées dans le tronçon principal de la rivière Athabasca, ses affluents et ses habitats en aval (p. ex., le lac Athabasca et les deltas des rivières de la Paix, Athabasca et des Esclaves). Les sites d'échantillonnage des poissons seront directement liés aux emplacements d'échantillonnage des invertébrés et aux sites de mesure de la qualité de l'eau et de sa quantité, conformément à ce qui a été établi dans la première phase et dans le plan

Invertébrés et autres biotes

La surveillance des invertébrés aquatiques et des autres éléments biologiques va être effectuée afin d'évaluer le changement dans les communautés biotiques benthiques et pélagiques par rapport aux conditions de référence, de même que les effets écologiques des facteurs de stress cumulatifs liés à l'exploitation des sables bitumineux. En lien avec les composantes de surveillance chimique et physique, la surveillance des invertébrés intégrera une mesure des « effets » associée aux facteurs de causalité. On peut citer comme exemples des paramètres d'effet des changements dans la structure de la communauté, les niveaux de contaminants dans les tissus, les groupes fonctionnels et les schémas caractéristiques. Le domaine d'étude proposé comprendra des sites sur le tronçon principal des rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves, ainsi que des sites sur des petites rivières et des ruisseaux dans le bassin du cours inférieur de la rivière Athabasca, y compris certains dans les bassins versants du lac Claire, de la rivière Birch et de la rivière Christina. En outre, un plan d'échantillonnage est mis sur pied pour les habitats des terres humides deltaïques en aval du bassin.

Voici quelques-unes des questions scientifiques principales ayant guidé l'élaboration de la composante du plan consacrée aux invertébrés :

- Quel est historiquement et actuellement l'état de la structure et du fonctionnement de la communauté des invertébrés dans le tronçon principal du cours inférieur de la rivière Athabasca, dans ses affluents et dans les milieux en aval les plus importants?
- Quels sont les niveaux des substances toxiques comme le mercure, les acides naphthéliques et d'autres contaminants dans les tissus des invertébrés, et ces niveaux sont-ils en augmentation ou en diminution?
- Quelles sont les répercussions de l'exploitation des sables bitumineux sur la complexité et la stabilité du réseau trophique des invertébrés et autres composantes du biote (p. ex., les algues)?
- Quels sont les effets cumulatifs de l'exploitation des sables bitumineux sur l'habitat des invertébrés?

Cette composante a été conçue spécifiquement pour faire face aux lacunes des programmes existants définies dans les derniers examens par des experts (p. ex., groupe consultatif fédéral sur les sables bitumineux, 2010; Dillon *et al.*, 2011). Il utilise des méthodes d'échantillonnage et d'énumération appliquées dans le monde entier, ainsi que des indicateurs de diagnostic, tout en reconnaissant la valeur de la surveillance ayant déjà eu lieu pour fournir des renseignements généraux. Le modèle de sélection des sites et de fréquence d'échantillonnage utilise à la fois la méthode BACI (avant-après-contrôle-impact) pour les évaluations d'une zone précise et une approche des conditions de référence (ACR) plus large à plusieurs variables pour les analyses

synoptiques à l'échelle régionale. Cette composante est axée sur l'utilisation des communautés d'invertébrés et d'algues benthiques et pélagiques en raison de leur importance écologique pour la qualité de l'habitat des poissons, le transfert de contaminants et la bioamplification potentielle à travers les réseaux trophiques aquatiques. **La figure 5** résume les emplacements intégrés pour l'échantillonnage des invertébrés et des poissons dans la grande zone géographique étudiée.

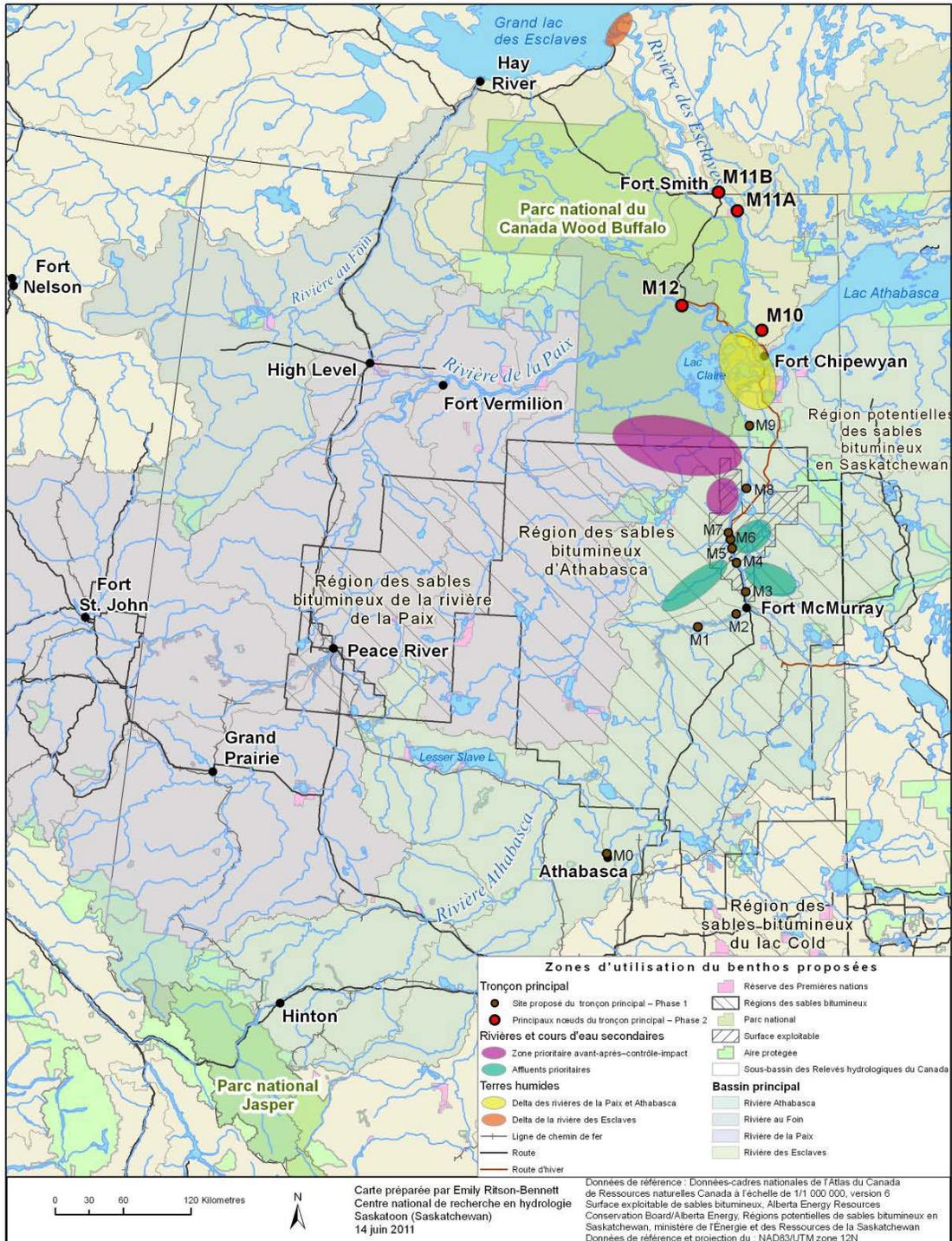


Figure 5. Résumé des sites de surveillance pour la surveillance intégrée de la biodiversité aquatique et des effets.

Lacs sensibles à l'acidité

Les émissions atmosphériques de polluants acidifiants (surtout des SO_x , mais également des NO_x) par l'industrie des sables bitumineux en Alberta ont augmenté, ce qui a accru

les dépôts acides dans la région. La coïncidence de niveaux de dépôts élevés ou en hausse et de récepteurs sensibles aux acides indique que la région doit être considérée comme préoccupante en matière de dépôt d'acides et qu'il convient d'y mettre en place une surveillance pour savoir si le dépôt atmosphérique de polluants acidifiants produit des répercussions significatives sur la géochimie et la santé des écosystèmes aquatiques, et si les polluants proviennent des sables bitumineux.

La composante consacrée aux lacs sensibles aux acides est conçue pour faire face aux lacunes déterminées par plusieurs études récentes (p. ex., groupe consultatif fédéral sur les sables bitumineux, 2010) et se fonde sur plus de 30 ans de renseignements obtenus grâce à une surveillance semblable basée sur les statistiques des lacs sensibles aux acides dans l'est du Canada, les États-Unis et l'Europe. Le plan de surveillance vise les objectifs suivants :

- Établir un réseau de surveillance des écosystèmes de lacs représentatifs dans les régions sensibles aux acides de la Saskatchewan, de l'Alberta et des Territoires du Nord-Ouest qui sont (potentiellement) influencés par les émissions d'oxydes de soufre (SO_x) et d'oxydes d'azote (NO_x) de l'industrie des sables bitumineux.
- Établir les conditions de base.
- Présenter une conception de l'échantillonnage dotée d'une puissance statistique suffisante pour détecter les modifications chimiques et biologiques par rapport aux conditions de base.
- Déterminer un sous-ensemble de sites de surveillance pour enquêter de façon intensive afin de définir la cause des changements observés.

L'étendue géographique de la surveillance pour la composante consacrée aux lacs sensibles aux acides est liée à la composante consacrée à la qualité de l'air et est définie par les occurrences actuelles de dépassements des charges critiques aquatiques (dans le nord-ouest de la Saskatchewan et le nord-est de l'Alberta) et de terres sensibles au niveau géologique pour lesquelles il n'existe aucune information sur la charge critique (Territoires du Nord-Ouest).

La composante consacrée aux lacs sensibles à l'acidité contient une hiérarchie des niveaux de surveillance intégrée :

1. Enquêtes régionales basées sur les statistiques (aléatoires stratifiées) de centaines de lacs pour établir l'état d'acidification actuel dans la région (déjà disponibles pour 715 lacs en Saskatchewan, mais à faire en Alberta et dans les Territoires du Nord-Ouest).
2. Surveillance de 40 à 60 lacs, pour la plupart sélectionnés à partir de l'enquête régionale ci-dessus, afin de détecter des modifications de l'état d'acidification dans le temps (échantillonnage saisonnier/annuel). Des analyses paléolimnologiques des sédiments des lacs définiront les conditions historiques et les différences par rapport à la période actuelle. La conception de l'échantillonnage tire profit des registres de données historiques. Ces données seront utilisées pour définir les conditions de base dans la région, le cas échéant,

- et quantifier les charges critiques pour les dépassements en matière d'acidité et de qualité de l'eau (p. ex., ions majeurs et carbone organique dissous). On procédera également à un échantillonnage biologique (p. ex., zooplancton) pour établir les caractéristiques de base. Néanmoins, un échantillonnage supplémentaire sera « déclenché » si nécessaire en fonction des résultats.
3. Surveillance intensive de deux ou trois lacs pour évaluer les changements causals en matière de géochimie par l'intermédiaire d'une approche fondée sur le bilan massique afin de déterminer la cause de tout changement détecté au point 2 ci-dessus.

Cette hiérarchie de surveillance fournira des renseignements cruciaux nécessaires pour estimer de façon exacte l'état d'acidification du niveau des ressources, détecter les changements, déterminer les causes de ces changements et prévoir les conditions à venir. Cette composante reconnaît qu'un lac ne peut pas être séparé de son bassin versant terrestre et que l'ensemble de l'écosystème du lac doit être pris en compte à l'heure de spécifier les composantes de la surveillance. La composante est centrée sur les lacs situés sous le vent par rapport à la plupart des émissions atmosphériques dues aux sables bitumineux et il est lié à la composante du plan concernant la qualité de l'air et le dépôt atmosphérique décrite dans la section 6 ci-dessous.

CHAPITRE 6. SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Les émissions de polluants dans l'atmosphère sont un sous-produit important de l'industrie des sables bitumineux. Un programme efficace de surveillance de la qualité de l'air est nécessaire pour comprendre et quantifier les émissions dues à l'exploitation des sables bitumineux, pour évaluer leurs répercussions sur la qualité de l'air au niveau local et régional, fournir des données pour permettre l'évaluation de l'écosystème et de la santé humaine, et pour faire un lien entre les différents milieux naturels afin d'associer les émissions aux effets à long terme aigus et cumulatifs. La surveillance de la qualité de l'air fait partie intégrante de la gestion des émissions de polluants atmosphériques.

La gestion environnementale des sables bitumineux est une question complexe qui nécessite une approche complexe de surveillance de l'air. La composante consacrée aux émissions atmosphériques et à la qualité de l'air est fondée sur des techniques d'évaluation des connaissances scientifiques, de gestion des données et d'analyse des données qui sont à la pointe de la science et de la gestion de la pollution atmosphérique.

Cette composante est axée sur les besoins en matière de surveillance pour comprendre les tendances temporelles et spatiales concernant les émissions de polluants atmosphériques, leur transformation chimique dans l'atmosphère, leur transport à grande distance et leur dépôt subséquent dans l'environnement local et régional. Elle est exhaustive dans la mesure où elle a une vue d'ensemble de la surveillance au point d'émission aux systèmes de surveillance qui fournira les données permettant d'évaluer les incidences potentielles sur la santé des écosystèmes et la santé humaine. La portée géographique comprend la région immédiate des sables bitumineux, ainsi que les zones situées contre le vent et sous le vent en Alberta, dans les Territoires du Nord-Ouest, en Saskatchewan et au Manitoba. La portée géographique reflète la nature transfrontalière de la pollution atmosphérique et l'étendue géographique prévue des effets potentiels sur la santé humaine et la santé des écosystèmes.

Voici quelques-unes des questions scientifiques principales ayant guidé l'élaboration de cette composante :

- Qu'est-ce qui est en train d'être émis dans l'air par l'exploitation des sables bitumineux, dans quelle mesure et depuis quelles sources?
- Quel est le devenir atmosphérique (transport, transformation, dépôt) des émissions liées aux sables bitumineux?
- Quelles sont les répercussions de l'exploitation des sables bitumineux sur les écosystèmes et la santé humaine?

- Quelles sont les répercussions supplémentaires prévues sur la santé des écosystèmes et sur l'exposition humaine attribuables aux futurs changements que devrait connaître le secteur des sables bitumineux?

Une surveillance accrue des émissions de polluants atmosphériques provenant de la région des sables bitumineux est recommandée, y compris l'amélioration de la surveillance des cheminées industrielles, des sources mobiles et des sources étendues (dont les bassins de résidus et le front de taille). Une amélioration de la quantification et de la caractérisation des émissions fournira un inventaire des émissions fondé sur la science avec une plus grande résolution spatiale et temporelle et comprenant davantage d'espèces chimiques, ce qui permettra une meilleure compréhension des émissions atmosphériques et de leur incidence sur la qualité de l'air à l'échelle locale et régionale.

Pour comprendre la façon dont les émissions de polluants atmosphériques sont transformées et transportées dans l'atmosphère ainsi que pour fournir des données permettant d'évaluer leur incidence sur la santé humaine et la santé des écosystèmes, un système de surveillance de l'air ambiant à plusieurs composantes est présenté. En complément des sites de surveillance existants, on recommande la création de quatorze nouvelles stations de surveillance de l'air ambiant, ainsi que de six nouveaux sites de surveillance des dépôts atmosphériques inclus dans la composante de la première phase, afin de surveiller l'incidence des sables bitumineux à l'échelle locale et régionale et d'évaluer le transport transfrontalier des polluants atmosphériques (**figure 6**). Les nouveaux sites comprennent deux stations dans des lieux principalement contre le vent par rapport aux activités d'exploitation des sables bitumineux afin de surveiller la qualité de l'air lorsque ce dernier n'est pas influencé par la région des sables bitumineux. On prévoit également deux sites de « caractérisation des sources » à proximité des activités d'exploitation des sables bitumineux. En outre, six des sites de surveillance permettront également de mesurer les dépôts de polluants atmosphériques sous le vent, ce qui est essentiel pour évaluer les effets potentiels sur les écosystèmes fragiles.

En plus des techniques traditionnelles de surveillance, l'approche de cette composante utilise les modèles de qualité de l'air et les renseignements provenant des satellites pour intégrer les renseignements collectés au cours du travail de surveillance de l'air ambiant et des émissions. Cette étape est essentielle pour l'interpolation des sites de surveillance vers les zones de la région qui ne seront pas échantillonnées dans le cadre d'une surveillance classique sur place et elle donnera un aperçu du transport et du devenir des polluants atmosphériques provenant des sables bitumineux. Les renseignements provenant des modèles de qualité de l'air peuvent être liés aux modèles axés sur l'écosystème afin de donner un aperçu supplémentaire des incidences potentielles des sables bitumineux sur la santé des écosystèmes et la santé humaine.

L'évaluation des répercussions des émissions et des dépôts atmosphériques sur la santé de l'écosystème aquatique et des forêts peut être intégrée à l'aide d'une approche fondée sur les charges critiques. La composante consacrée à la qualité de l'eau de la première phase contient une approche fondée sur le bilan massique pour évaluer les répercussions de la charge critique sur les écosystèmes aquatiques. La composante consacrée à la qualité de l'air comprend des efforts de surveillance pour évaluer les charges critiques pour les forêts et les sols dans la région des sables bitumineux et autour. Les deux activités se fondent sur les flux des dépôts atmosphériques quantifiés par la composante de surveillance de la qualité de l'air. Cette approche intégrée permet la génération de cartes vérifiées au sol des charges critiques et des dépassements dans le milieu terrestre et les forêts. Cela permettra d'évaluer les ressources forestières en danger dans le nord de l'Alberta, le nord de la Saskatchewan et les Territoires du Nord-Ouest. En outre, ces renseignements seront associés à l'évaluation des charges critiques et des dépassements dans le milieu aquatique, permettant ainsi de mieux intégrer les activités de surveillance atmosphérique, aquatique et terrestre.

La composante consacrée à la qualité de l'air reflète une approche fondée sur la science qui dépasse les responsabilités individuelles des organisations gouvernementales, industrielles et multisectorielles participant à la surveillance de la qualité de l'air en Alberta et elle complète les dispositifs existants de surveillance de la qualité de l'air dans la province. Elle permettra d'accompagner les exigences du système de gestion de la qualité de l'air pour la surveillance du bassin atmosphérique et la production de rapports.

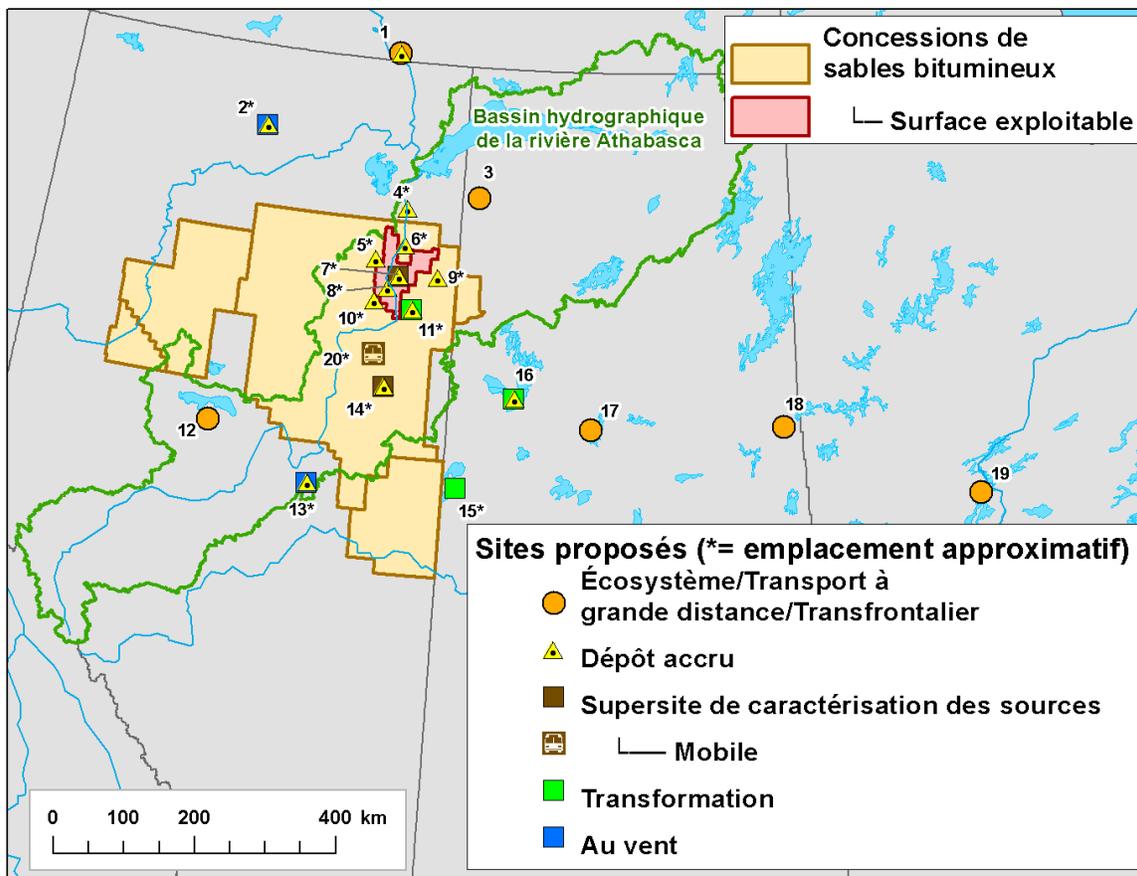


Figure 6. Sites pour la surveillance de la qualité de l'air troposphérique en Alberta, en Saskatchewan, au Manitoba et dans les Territoires du Nord-Ouest. Les sites 4, 5, 6, 8, 9 et 10 ont été définis dans le plan de surveillance de la qualité de l'eau de la première phase. L'installation des sites 12, 17, 18 et 19 a été lancée par l'intermédiaire du Réseau canadien de surveillance de l'air et des précipitations (RCSAP) d'Environnement Canada.

CHAPITRE 7. BIODIVERSITÉ ET HABITAT TERRESTRE

Bien que l'exploitation des sables bitumineux aura un impact sur la biodiversité terrestre de plusieurs façons, on s'attend à ce que les répercussions les plus importantes proviennent de deux activités industrielles principales : le rejet de contaminants dans l'environnement, et la perte et dégradation de l'habitat faunique. Par conséquent, la composante de surveillance de la biodiversité terrestre est structurée autour de deux éléments importants :

1. la surveillance des répercussions des contaminants dus aux sables bitumineux sur certains indicateurs fauniques, y compris les oiseaux, les mammifères, les amphibiens et les plantes, dans l'objectif de déterminer les conséquences plus larges pour la biodiversité et la santé de l'écosystème dans la région;
2. la surveillance des répercussions des activités d'exploitation des sables bitumineux pour la perturbation des habitats sur la faune conjointement avec l'évaluation de la réussite des efforts d'atténuation.

La composante relative aux contaminants de la faune a pour objectif principal de surveiller les niveaux et les effets des contaminants liés aux sables bitumineux et leur incidence sur la santé de la faune individuelle et les populations fauniques, à différentes distances des sites d'exploitation des sables bitumineux. Cette composante permettra de fournir des données annuellement sur une variété de contaminants des sables bitumineux préoccupants (notamment les hydrocarbures aromatiques polycycliques, le mercure et l'arsenic) mesurés dans les tissus de la faune (oiseaux, mammifères, amphibiens et plantes) à divers endroits. Les plans d'échantillonnage proposés permettront de déterminer les niveaux de contaminants et leurs tendances (servant à suivre l'efficacité des mesures de gestion). De plus, les concentrations de contaminants dans les tissus seront comparées aux seuils publiés pour les effets des contaminants afin de déterminer les populations fauniques qui pourraient être en danger d'altérations de la santé (p. ex. une productivité plus faible, une augmentation de la sensibilité aux maladies) dans la région des sables bitumineux. Lorsqu'il n'y a pas de normes et de seuils de toxicité, les renseignements sur la toxicité générés peuvent être utilisés pour évaluer les effets.

Pour surveiller la contamination de la faune, de même que les tendances des contaminants et leurs effets, cinq composantes de surveillance étroitement liées sont proposées :

- Surveillance des effets des activités des sables bitumineux sur les populations d'oiseaux aquatiques nicheurs et leur régime alimentaire, de même que des contaminants sur les œufs en aval des sables bitumineux dans la rivière Athabasca et le lac Athabasca.

- Surveillance des répercussions des contaminants associés au traitement des sables bitumineux sur la santé et le développement de l'espèce indicatrice d'amphibien (grenouille des bois).
- Surveillance des effets des contaminants des sables bitumineux sur la santé aviaire à l'aide de mesures non létales du stress et de la réaction physiologique.
- Évaluations toxicologiques de la faune abattue par les chasseurs et capturée (sauvagine et mammifères), et des oiseaux morts et moribonds dans les régions des sables bitumineux et les cours inférieurs de la rivière Athabasca.
- Utilisation de plantes indigènes pour surveiller la condition des terres humides associées aux sables bitumineux.

L'élément de perturbation de l'habitat de cette composante de surveillance est axé sur la détermination des répercussions en matière de perturbations de l'habitat (causées par l'exploitation des sables bitumineux) sur la biodiversité au fil du temps, ainsi que sur l'évaluation de la réussite des efforts d'atténuation. Cela nécessite une surveillance des populations à l'égard de l'état et les tendances ainsi que l'évaluation des effets (surveillance des relations de cause à effet) pour déterminer les mécanismes causaux des réponses de la faune. Quoiqu'il soit clair que les exploitations à ciel ouvert correspondent à une perte presque complète de biodiversité sur ces sites jusqu'à réclamation, il existe d'autres répercussions importantes, bien que moins apparentes, provenant de l'exploitation *in situ* qui ont un impact sur une zone bien plus vaste.

Étant donné la grande portée possible d'une telle surveillance, une approche progressive doit être adoptée. Cette composante se concentre initialement sur le développement d'un modèle conceptuel de la fonction de l'écosystème et une meilleure compréhension de la façon dont le développement des sables bitumineux interagit avec les composants de l'écosystème. Ce plan contribuera ensuite à l'identification et à la priorisation d'une série de questions que le plan de surveillance aborde, et par la suite, aux paramètres, au modèle, aux protocoles et aux analyses qui sont nécessaires pour répondre à ces questions.

Sur le plan de la portée, la première étape comprend principalement la surveillance des espèces fauniques vertébrées clé et des habitats fauniques, où il a des connaissances plus actuelles et un intérêt sociétal élevé. La sélection d'espèces cibles pour la surveillance sera le reflet de plusieurs considérations, notamment :

- les espèces qui dépendent des régions de sables bitumineux en tant qu'habitat de reproduction;
- les espèces dont les populations déclinent et qui se trouvent dans une aire géographique relativement petite ou dépendent fortement d'habitats vulnérables et difficiles à remplacer;

- la sélection d'une panoplie d'espèces qui démontrent une plage de réponse (positive ou négative) aux gradients des facteurs de stress ou à des activités;
- les espèces qui ont une valeur culturelle, traditionnelle, nutritionnelle, économique, esthétique ou autre, qui dépasse leur valeur inhérente.

L'échelle géographique de cette composante ne correspond pas à l'exploitation individuelle des sables bitumineux, mais elle est limitée par les perturbations de l'habitat découlant des activités relatives aux sables bitumineux à l'échelle des dépôts de bitume en Alberta et en Saskatchewan. Dans cette zone géographique, la surveillance portera sur les tendances et l'état globaux combinés aux études de la relation de cause à effet des répercussions cumulatives et individuelles sur l'habitat de perturbations linéaires telles que les lignes sismiques, les pipelines et les routes, de même que les perturbations polygonales comme les plateformes d'exploitation, les stations de compression et les mines. Une certaine surveillance à l'extérieur des dépôts de bitume sera nécessaire pour le contexte écologique.

Mis à part le défrichage de l'habitat, on relève également d'autres perturbations des habitats par des facteurs tels que le bruit généré par les machines et par les véhicules, les régimes hydrologiques modifiés à cause de perturbations des réseaux hydrologiques, les espèces envahissantes, les espèces étrangères, et la transformation du paysage qui crée des habitats pour les espèces qui, habituellement, n'occuperaient pas la forêt boréale contiguë.

L'articulation des voies potentielles des effets des sables bitumineux et l'atténuation subséquente des effets sur la faune sont essentielles à la conception. Le modèle global pour la collecte à long terme de données de surveillance sera suffisamment robuste pour permettre la production de rapports sur les modifications de la faune au fil du temps, mais doit également fournir des renseignements complémentaires sur la relation de la faune avec ces gradients de perturbation. Le modèle de cette composante de surveillance prendra en compte les activités de surveillance existantes et tirera profit d'une interaction avec les organisations et les agences existantes, le cas échéant.

CHAPITRE 8. ASSURANCE ET CONTRÔLE DE LA QUALITÉ : TERRAIN, LABORATOIRE ET CONTINUUM DE DONNÉES

Des protocoles de terrain et de laboratoire ouverts et transparents, des procédures normalisées d'opération, des normes analytiques, des analyses d'évaluation des données et des techniques d'évaluation, ainsi que des exigences en matière de déclaration et d'accès sont soit présentés dans chacun des documents relatifs aux composantes, soit, en leur absence, élaborés.

Pour assurer une rigueur scientifique et afin de préserver la grande qualité des données, chaque élément aura des exigences d'assurance et de contrôle de la qualité relatives à l'échantillonnage pour les différents milieux, la manipulation et le traitement qui seront suivies et vérifiées dans le cadre du système de gestion de l'assurance et du contrôle de la qualité. Des protocoles de pointe en matière d'assurance et de contrôle de la qualité seront utilisées et normalisées dans et parmi chaque élément de surveillance pour permettre la comparabilité et l'intégration appropriées des données (p. ex., Environnement Canada, 2011). Comme le souligne la première phase du rapport, un programme robuste d'assurance et de contrôle de la qualité :

- sera conçu pour assurer la comparabilité entre les laboratoires participant à l'analyse d'une vaste gamme de substances et pour prendre les mesures nécessaires lorsque les résultats de laboratoire ne sont pas conformes aux valeurs attendues ou aux valeurs de référence;
- prévoira une évaluation annuelle du rendement du laboratoire pour une liste des principaux contaminants conformément aux directives de l'ISO;
- sera conçu de façon à démontrer qu'une qualité élevée est maintenue tout au long de la durée du programme;
- comprendra les procédures de manipulation appropriées pour l'échantillonnage, la consignation des données et l'archivage des données, des échantillons et des extraits;
- comprendra des comparaisons entre laboratoires pour toutes les matrices d'intérêt;
- comprendra un programme de vérification de l'assurance de la qualité qui sera effectué par un laboratoire accrédité indépendant;
- veillera à ce que le personnel de terrain et de laboratoire soit bien formé et qu'il connaisse les procédures normalisées d'opération;
- évaluera et intégrera, au besoin, des technologies et des méthodes analytiques de pointe nouvelles et émergentes;
- offrira un soutien aux études ciblées pour l'élaboration de méthodes d'échantillonnage ou d'analyse, le cas échéant.

CHAPITRE 9. GESTION DES DONNÉES ET AIDE À LA DÉCISION

Ce plan est fondé sur les principes et les recommandations du rapport du groupe consultatif fédéral sur les sables bitumineux (2010) qui met l'accent sur le besoin d'avoir un cadre de gestion des données où les renseignements peuvent être téléchargés, organisés et consultés de manière normalisée et coordonnée, afin que ce cadre soit transparent et accessible librement, en temps opportun. Il devrait permettre aux parties intéressées d'extraire des données, d'effectuer leurs propres analyses et de tirer leurs propres conclusions, et il servira de fondement explicite à la prise de décisions et à l'énoncé de conclusions.

Une première étape pour atteindre l'efficacité en matière d'archivage et d'accès aux données sera la mise en œuvre d'un système de gestion des données qui rend toutes les données brutes recueillies dans le cadre du programme de surveillance intégré des sables bitumineux, les données et renseignements à valeur ajoutée, l'interprétation scientifique des données et les produits de communications accessibles facilement et librement. Conformément aux consultations avec des experts, un portail Web pertinent sera mis en place et utilisé pour consulter tous les renseignements. Dans un premier temps, le portail résumera ce qui est mesuré, où, quand, pourquoi, comment et par qui, de même que les procédures normalisées d'opération et les protocoles d'assurance et de contrôle de la qualité qui sont utilisés pour la collecte et l'archivage des données. Par la suite, lorsque cela est approprié et nécessaire, d'autres bases de données contenant des données brutes et à valeur ajoutée, de même que des données en temps réel lorsque cela est possible, seront liées ou intégrées.

Il est reconnu que le développement et la mise en œuvre d'un système intégré de gestion de bases de données (c.-à-d., chargement et organisation de données pour qu'elles soient facilement récupérables) ne sont que le point de départ de ce qui est nécessaire pour obtenir un programme de surveillance de classe mondiale. De façon plus importante, des outils d'évaluation intégrés doivent être mis au point et mis en œuvre pour générer des résultats clés dont notamment :

- des résultats de base sur les états cumulés (tendances et dépassements, incluant ceux relatifs aux états de base et de référence);
- des relations et finalement, des modèles prédictifs pour les évaluations des effets cumulatifs;
- une interprétation opportune des données pour aborder les niveaux et les déclencheurs désignés, s'il y a lieu, ou les dépassements de seuil qui renseignent et permettent d'adapter le programme de surveillance et la mise en œuvre connexe de l'échantillonnage (dans le temps et dans l'espace).

Idéalement, les outils d'évaluation intégrés seront des caractéristiques automatisées de base de la gestion des données et du système connexe d'aide à la décision.

CHAPITRE 10. RÉSUMÉ

Le cadre du programme de surveillance intégré des sables bitumineux et le modèle d'échantillonnage proposé répondent aux principes clés qui ont été définis par le groupe consultatif fédéral sur les sables bitumineux pour la conception et la mise en œuvre d'un programme de surveillance de « classe mondiale ». Bien que le plan de surveillance ait été conçu en deux phases, le modèle intégré final saisit pleinement les complexités liées à l'échantillonnage géographique et propre à un milieu.

Une approche écosystémique a été utilisée et elle intègre plusieurs éléments essentiels du système (p. ex., l'hydrologie, la qualité et la quantité de l'eau de surface et de l'eau souterraine, la climatologie, la dynamique et la qualité des sédiments, la qualité de l'air et les dépôts atmosphériques à l'échelle locale et régionale, de même que les indicateurs biologiques aquatiques et terrestres et leurs effets), de même que les relations entre les éléments. Des sites d'échantillonnage ont été choisis pour intégrer des mesures spatiales sur plusieurs échelles (p. ex., liens entre l'affluent, le bras principal, le delta et le système lacustre; site perturbé par rapport à site de référence dans le contexte d'un bassin versant; les échelles de la qualité de l'air sur place et liées aux émissions, à la transformation et au transport transfrontalier) en reconnaissant l'importance d'aborder la variabilité spatiale et temporelle, et d'améliorer la capacité de définir les conditions environnementales « de référence » ou historiques.

La meilleure approche axée sur la science qui est disponible a été utilisée pour sélectionner les variables chimiques, hydrologiques, atmosphériques, biologiques et écologiques à mesurer, les méthodes pour l'échantillonnage sur le terrain et les analyses en laboratoire, de même que pour effectuer l'assurance et le contrôle de la qualité sur le terrain et en laboratoire. Les rapports normalisés, y compris les publications examinées par les pairs et en langage clair, seront également des résultats clés attendus de la mise en œuvre du plan.

CHAPITRE 11. RÉFÉRENCES

Dillon, P., Dixon, G., Driscoll, C., Geisy, J., Hurlbert, S. Nriagu, J. 2011. Warea Quality Data Review Committee Final Report. Document préparé pour le Gouvernement de l'Alberta, le 7 mars 2011. Accès : <http://environment.alberta.ca/03380.html>
Environnement Canada. 2011. *EOALRSD Analytical Chemistry Schedule of Services – Oil Sands Project*, 30 p.

Environnement Canada, Gouvernement de l'Alberta. 2011. Plan de surveillance de la qualité de l'eau du cours inférieur de la rivière Athabasca – Phase 1. Gouvernement du Canada. 97 p.

Rapport du Groupe consultatif sur les sables bitumineux, 2010
(<http://www.ec.gc.ca/pollution/default.asp?lang=Fr&n=E9ABC93B%E2%80%90901>).

Palmer, M.A., *et al.*, 2010. Environmental and Human Health Consequences of Mountaintop Removal Mining. *Science* 327:148-149.