

Distribution limitée

WHC-99/CONF.204/INF.9E

Paris, le 30 juin 1999

Original : Anglais

**ORGANISATION DES NATIONS UNIES  
POUR L'EDUCATION, LA SCIENCE ET LA CULTURE**

**CONVENTION CONCERNANT LA PROTECTION DU PATRIMOINE  
MONDIAL, CULTUREL ET NATUREL**

**BUREAU DU COMITE DU PATRIMOINE MONDIAL**

**Vingt-troisième session  
Paris, Siège de l'UNESCO, Salle X  
5 - 10 juillet 1999**

**Document d'information: Etude réalisée par un comité scientifique indépendant sur les questions scientifiques liées à l'extraction d'uranium envisagée à Jabiluka concernant l'état de conservation du Parc national de Kakadu, entreprise entre le 22 avril et le 13 mai 1999**

### **Antécédents**

Ce document d'information contient l'étude des pairs réalisée par un comité scientifique indépendant sur l'évaluation du Projet de Jabiluka – Rapport du Scientifique chargé de la supervision au Comité du patrimoine mondial (WHC-99/CONF.204/INF.9C), conformément à la demande de la vingt-deuxième session du Comité du patrimoine mondial (Kyoto, Japon, 30 novembre – 5 décembre 1998)

### **Autres documents de référence**

<b>WHC-99/CONF.204/5</b>	Rapports sur l'état de conservation de biens inscrits sur la Liste du patrimoine mondial en péril (voir section concernant le Parc national de Kakadu, Australie)
<b>WHC-99/CONF.204/INF.9A</b>	Rapport de la mission au Parc national de Kakadu, Australie, 26 octobre au 1 <sup>er</sup> novembre 1998
<b>WHC-99/CONF.204/INF.9B</b>	Protéger le patrimoine mondial – Kakadu en Australie. Réponse du Gouvernement australien au Comité du patrimoine mondial de l'UNESCO concernant le Parc national de Kakadu (avril 1999)
<b>WHC-99/CONF.204/INF.9C</b>	Evaluation du Projet de Jabiluka: rapport du Scientifique chargé de la supervision au Comité du patrimoine mondial
<b>WHC-99/CONF.204/INF.9D</b>	Etude écrite réalisée par des experts indépendants des Organismes consultatifs (UICN, ICOMOS et ICCROM) concernant la réduction des menaces causées par la construction de la mine de Jabiluka et représentant des dangers réels et potentiels pour le Parc national de Kakadu

**Étude réalisée par un Comité scientifique indépendant sur les questions scientifiques liées à l'extraction d'uranium envisagée à Jabiluka, en relation avec l'état de conservation du parc national de Kakadu**

**Étude effectuée entre le 22 avril et le 13 mai 1999**

**Cette étude a été réalisée par un comité créé par le Conseil international pour la science (ICSU) à la demande du Comité du patrimoine mondial de l'UNESCO. Le Comité scientifique indépendant était composé de quatre scientifiques (annexe 1).**

# **Étude réalisée par un Comité scientifique indépendant sur les questions scientifiques liées à l'extraction d'uranium envisagée à Jabiluka, en relation avec l'état de conservation du parc national de Kakadu**

## SOMMAIRE

### Résumé de la mission

1. Introduction
2. Modélisation et prévision hydrologiques, impact d'événements météorologiques graves et capacité du bassin de rétention – chap. 3, 4, 5.1 et 5.2 du Rapport de surveillance scientifique (SSR).
  - 2.1 Introduction
  - 2.1 Données pluviométriques
  - 2.3 Test des données pluviométriques
  - 2.4 Évaluation de la probabilité de dépassement annuel AEP 1:10 000 de la pluviométrie pour Jabiluka
  - 2.5 Évaporation du bassin
  - 2.6 Évaporation dans la mine
  - 2.7 Évidence d'événements météorologiques graves dans le passé
  - 2.8 Précipitations maximales probables (PMP)
  - 2.9 Changements climatiques
  - 2.10 Capacité du bassin de rétention (chap. 5.2)
  - 2.11 Évaluation générale
  - 2.12 Références
3. Évaluation du risque pour la proposition ERA – chap. 5.3 à 5.4 du rapport SSR
  - 3.1 Introduction
  - 3.2 Qualité de l'eau de ruissellement du stock de minerai brut
  - 3.3 Exposition à l'irradiation pour la population générale
  - 3.4 Impact sur les écosystèmes aquatiques
  - 3.5 Mesures de sécurité
4. Stockage à long terme des déchets (ou haldes)– chap. 6 du rapport SSR
  - 4.1 Introduction
  - 4.2 Hydrogéologie de la zone
  - 4.3 Modélisation du transport des matières en solution
  - 4.4 Propriétés des haldes
  - 4.5 Évaluation générale
5. Problèmes de protection générale de l'environnement – chap. 7 du rapport SSR
  - 5.1 Introduction
  - 5.2 Méthode alternative d'extraction minière de Jabiluka
  - 5.3 Étendue du gîte de minerai et durée de vie de la mine

- 5.4 Analyse de paysage
- 5.5 Réhabilitation et surveillance
- 5.6 Références

## 6. Recommandations

Annexe 1

## **Résumé de la mission**

Le Comité scientifique indépendant créé par l'ICSU a évalué les problèmes scientifiques et techniques étudiés dans son rapport par le scientifique australien chargé de la supervision, concernant le site envisagé pour une mine d'uranium à Jabiluka, ainsi que les documents accompagnant ce rapport.

Le Comité est parvenu à la conclusion que le rapport de surveillance scientifique (SSR) et sa documentation connexe contiennent des informations et des analyses nouvelles permettant d'effectuer une évaluation scientifique de l'impact que la mine de Jabiluka aura sur la valeur du parc national de Kakadu, lequel appartient au patrimoine mondial, avec une certitude bien plus élevée qu'auparavant. Toutefois, le Comité considère qu'il reste des questions pour lesquelles une information complémentaire serait nécessaire afin de parvenir à un jugement définitif. Le Comité souhaiterait voir réaliser des mesures complémentaires et un certain nombre d'activités analytiques. Les incertitudes et les demandes de travaux complémentaires sont présentées dans ce rapport et les recommandations qui l'accompagnent.

## **1. Introduction**

L'étude entreprise par le Comité scientifique indépendant (Annexe 1) s'est fondée essentiellement sur le rapport du scientifique chargé de la supervision et les documents accompagnant ce rapport. Le Comité a travaillé avec diligence mais s'est trouvé limité par le fait que toutes les informations dont il aurait voulu disposer n'étaient soit pas disponibles, soit trop volumineuses pour pouvoir être étudiées dans le temps disponible. Le Comité a également été limité dans ses conclusions, n'ayant pas visité Jabiluka.

Conformément à notre mandat, nous avons :

- Fourni une évaluation des questions scientifiques abordées par le rapport de surveillance scientifique ;
- Identifié un certain nombre de points dont nous estimons qu'ils peuvent influencer sur la valeur de Kakadu dans le patrimoine mondial.

Nous sommes parvenus à la conclusion que le rapport de surveillance scientifique et sa documentation connexe contiennent des informations et des analyses nouvelles permettant d'effectuer une évaluation scientifique de l'impact que la mine de Jabiluka aura sur la valeur du parc national de Kakadu, lequel fait partie du patrimoine mondial, avec une certitude bien plus élevée qu'auparavant. Toutefois, le Comité considère qu'il reste des questions pour lesquelles une information complémentaire serait nécessaire afin de parvenir à un jugement définitif. Le Comité souhaiterait voir réaliser des mesures complémentaires et un certain nombre d'activités analytiques. Les incertitudes et les demandes de travaux complémentaires sont présentées dans ce rapport et les recommandations qui l'accompagnent à la section 6.

Nous souhaitons recevoir réponse à notre rapport de la part de l'Unesco et du scientifique chargé de la supervision.

## 2. Modélisation et prévision hydrologiques, impact d'événements météorologiques graves et capacité du bassin de rétention – chapitres 3, 4, 5.1 et 5.2 du rapport de surveillance scientifique (SSR).

### 2.1 Introduction

Ces trois parties du rapport SSR contiennent des questions scientifiques étroitement reliées entre elles et que nous avons donc étudiées ensemble ci-après. Les documents d'accompagnement suivants sont également traités ici :

*Hydrometeorological Analysis relevant to Jabiluka* – Commonwealth Bureau of Meteorology (RHU)

*Climate Change analysis relevant to Jabiluka* – Jones et al. CSIRO (RCC)

*Hydrological Analysis relevant to the Surface Water Storage at Jabiluka* – Chiew & Wang, University of Melbourne (RCW)

Ces chapitres et les documents d'accompagnement visent en premier lieu la conception du bassin de rétention des eaux superficielles, des eaux souterraines et des eaux de traitement dans l'ensemble de la zone de confinement ; ces eaux, si elles n'étaient pas retenues, iraient se déverser dans les cours d'eau du réseau de l'East Alligator River. Les points principaux sont ici :

1. L'estimation de la pluviosité annuelle à Jabiluka ayant peu de probabilité d'être dépassée en moyenne plus d'une fois en 10 000 ans (désignée par le terme « probabilité de dépassement annuel AEP 1:10 000 »).
2. L'estimation de l'évaporation de la surface d'eau du bassin de rétention.
3. L'estimation de l'évaporation dans la mine par rapport à la dimension du bassin de rétention.

### 2.2 Données pluviométriques

Le RHU (tableau 1) fournit les données de pluviométrie, d'évaporation et les données climatiques pour la région, tandis que la situation des sites où les données ont été relevées est indiquée sur la figure 2.1 du rapport SSR. Nous estimons avoir beaucoup de chance de disposer d'autant de données – la comparaison avec des lieux similaires dans les régions tropicales d'autres continents ferait en général apparaître un nombre de sites beaucoup plus réduit, et pour chacun d'entre eux, des durées d'enregistrement beaucoup plus brèves. L'existence d'un relevé pluviométrique sur 88 ans (1911 à 1998) pour Oenpelli, à 25 km au nord-est de Jabiluka, est d'une importance particulière : les relevés pour d'autres sites plus proches sont plus brefs. Commentaire du RHU : « Il manquait très peu de données dans le relevé pluviométrique quotidien d'Oenpelli et cette durée de 88 ans est une excellente chose ». Le commentaire aborde également la méthode pour combler les manques de données.

Le RHU et le RCW ne font aucunement référence à la nature du site du pluviomètre d'Oenpelli ou à des éléments quant à l'histoire de ce site pouvant révéler des changements qui auraient pu affecter la fiabilité des relevés. Il n'y a pas non plus de remarque comparable pour aucun des autres sites. Toutefois, ces sites doivent obligatoirement répondre aux exigences du Bureau of Meteorology, ou celui-ci n'aurait pas employé dans son rapport (RHU) les relevés fournis par

les sites. Aucun de ces rapports ne mentionne d'erreurs de pluviomètre, telles qu'évaporation due à l'instrument ou effet du vent, qui l'une ou l'autre tendraient à réduire la pluviométrie enregistrée par rapport à la quantité atteignant réellement le sol (Sevruk, 1989). On ne trouve pas non plus de commentaires quant au site de la cuvette d'évaporation de l'aéroport de Jabiru, probablement un site exposé pouvant conduire à des surestimations de l'évaporation en raison de l'emploi d'un pluviomètre à cuvette de classe A.

Il est probable que ces surestimations ont été compensées par les coefficients appliqués aux mesures de l'évaporation mensuelle totale.

Étant donné la sous-estimation improbable de la pluviométrie à Oenpelli et dans les autres sites, nous recommandons que l'on envisage d'augmenter de 5% la pluviométrie annuelle AEP envisagée pour Jabiluka, sauf preuve contraire. Cela entraînerait une réévaluation de la capacité de stockage des bassins de rétention, mais l'augmentation probable en volume serait modeste.

### 2.3 Vérification des données pluviométriques

Des commentaires dans le RSS et le RHU portent sur le choix des séries de données utilisées pour évaluer la pluviométrie annuelle AEP 1:10 000. Nous estimons que le raisonnement sur lequel repose le choix du relevé pour Oenpelli est sain. Les mesures pluviométriques annuelles et mensuelles totales pour Oenpelli, de 1911 à 1998, figurent dans l'annexe A du RHU. Une corrélation élevée entre les relevés pour Oenpelli et Jabiru apparaît pour ces totaux mensuels et annuels et la corrélation mensuelle est démontrée à la figure 3.2.1 (RSS). Les comparaisons d'un certain nombre de statistiques pour ces deux sites de relevé pluviométrique figurent au tableau 3.2.1 (RSS) et font apparaître un accord étroit.

Le rapport Wasson *et al.* affirme que la répartition des mesures pluviométriques annuelles à l'aéroport de Jabiru est faussée (p. 17) et tire des conclusions quant à l'estimation de l'AEP 1:10 000 à partir de cette affirmation. Toutefois, lors d'un test de normalité des relevés pluviométriques annuels d'Oenpelli (RHU), les tests ont prouvé que ces totaux annuels sont proches d'une répartition normale ; le coefficient de biais est très faible. Cette normalité apparaît aussi à la figure 1 (RHU) où les valeurs se disposent en droite ligne, ce qui est normal. Les totaux annuels pour l'aéroport de Jabiru ont également été jugés proches d'une répartition normale.

Un autre test a été effectué (RHU) pour établir si le total de 2 223 mm enregistré à Jabiru au cours de l'année exceptionnellement humide 1975-76 (le point le plus élevé du tracé de la figure 2) était aberrant. La méthode utilisée pour ce test n'est pas décrite mais le résultat cité par le RHU indique que ce n'est pas le cas. Par conséquent ce total et les 2 011,6 mm enregistrés à Oenpelli la même année ne doivent pas être exclus des analyses. Au contraire, on a estimé que cette mesure pluviométrique avait un AEP de 1 sur 88 ans dans le relevé de Jabiru. Il semble apparaître dans le RHU l'hypothèse que la présence d'un relevé aberrant pourrait fausser les analyses. Ce chiffre aberrant semblerait représenter une mousson particulièrement forte, pouvant avoir une période de retour de plusieurs centaines d'années. Sur une séquence de 88 relevés pluviométriques annuels, on peut s'attendre à un petit nombre représentant un AEP supérieur à 1:88.

Nous avons trouvé une référence (RSS) à une étude appliquant la méthode CUSUM, qui a révélé que : « la période allant de 1960 au milieu des années 1980 a été une période de pluviométrie moyenne significativement plus élevée que la moyenne à long terme ». Cette



phrase devrait sans doute être rédigée comme suit : « la période allant de 1960 à... de pluviométrie annuelle significativement plus élevée que la moyenne à long terme ». Cette constatation s'est répétée en un certain nombre d'autres sites et le rapport RSS suggère que le relevé Oenpelli à court terme (88 ans), qui est dominé par cette période de pluviométrie supérieure à la moyenne, a une moyenne pour les 88 ans qui est supérieure à la moyenne à long terme. Nous estimons que cette suggestion pourrait être trompeuse en l'absence de preuves à l'appui, provenant d'un relevé pluviométrique plus long.

#### 2.4 Évaluation de la pluviométrie annuelle AEP 1:10 000 pour Jabiluka

L'évaluation d'événements à intervalle de récurrence prolongé à partir d'un relevé bref est un sujet qui, au cours des années, a attiré une attention considérable. Il existe de très nombreux articles dans la bibliographie sur cette question, surtout pour les événements de durée très brève tels qu'inondations ou fortes chutes de pluie (Cunnane, 1989). La méthode (I.E. Aust, 1987) employée par le RHU et le RSS est une méthode reconnue, plus que probablement fondée sur la formule de fréquence générale de Chow (1951). Elle produit sans aucun doute des évaluations différant peu de celles qui proviendraient d'autres méthodes. Ce point est démontré dans le rapport RSS qui compare une évaluation faite par la méthode Beard (1960) avec le résultat obtenu par la méthode de l'Institution of Engineers of Australia (1987). Le point essentiel est que l'évaluation de la pluviométrie annuelle AEP 1:10 000 est limitée plutôt par les données disponibles que par le choix de la méthode d'analyse parmi toutes celles qui peuvent être appliquées. À cet égard nous avons de la chance de disposer, pour Oenpelli, d'un relevé pluviométrique aussi prolongé et apparemment fiable.

Le rapport Wasson *et al.* suggère la réalisation d'un relevé pluviométrique synthétique, avec l'implication qu'un relevé synthétique donnerait une meilleure estimation des événements extrêmes. Le résultat d'un exercice de ce type est mentionné dans le RSS (p. 25) où un chiffre de 2 702 mm a été obtenu à partir d'une répartition pluviométrique quotidienne générée par un modèle stochastique à partir du relevé d'Oenpelli. Cette méthode, pas plus que l'application des modèles de génération d'orages, prolongée sur un an, ne semblerait plus réaliste que les estimations citées par le RHU et le RSS pour les valeurs d'AEP 1:10 000 tirées des données pluviométriques enregistrées. Il s'agit des valeurs de  $2\,460\text{ mm} \pm 170$  pour Oenpelli et  $2\,610\text{ mm} \pm 320$  pour Jabiru, le chiffre pour Oenpelli étant également utilisé pour Jabiluka. Quoi qu'il en soit, la série de données générées synthétiquement, fondées sur les relevés d'Oenpelli, conduit à une valeur AEP un peu plus élevée, et comme cette série de données a été utilisée pour déterminer la capacité du bassin de rétention, il semblerait approprié d'utiliser cette valeur AEP un peu plus élevée.

Si les mesures n'ont pas déjà commencé, nous recommandons que les mesures pluviométriques et d'évaporation sur pluviomètres à cuvette de classe A soient entamées dès que possible à Jabiluka pour pouvoir faire des comparaisons avec les relevés pluviométriques d'Oenpelli et les relevés d'évaporation de Jabiru.

#### 2.5 Évaporation du bassin

La comparaison de l'évaporation d'un pluviomètre à cuvette de classe A de l'US Weather Bureau et celle d'un lac a fait l'objet d'un grand nombre d'études, plus nombreuses dans les années 1950 et 1960 que depuis quelques années. La comparaison de ces résultats avec ceux

d'autres types de pluviomètres et de réservoirs a également été effectuée, ainsi que des comparaisons avec les évaluations d'évaporation obtenues par des méthodes dites indirectes telles que des formules combinées, par exemple celle de Penman (1948). Un certain nombre de facteurs (ou coefficients) ont été développés pour tenter de tenir compte des différences de surface, de site et de saison, les valeurs les plus communes étant situées entre 0,6 et 0,8. Ces facteurs font l'objet de discussions dans les rapports SSR et RCW, avec des valeurs de 0,64 à 0,70 suggérées pour la saison sèche et 0,75 à 0,95 pour la saison humide. Nous considérons que l'application de ces coefficients est pertinente à la conception du bassin.

Quelques-unes des erreurs présentes dans les évaluations d'évaporation fondées sur un pluviomètre à cuvette sont mentionnées dans le rapport Wasson (p. 18) avec leur origine probable, en particulier la différence entre les pluviométries mesurées en éprouvette et en cuvette. Le rapport Wasson demande l'utilisation de relevés de rayonnements solaires dans une formule combinée pour vérifier les valeurs des pluviomètres à cuvette. Les rapports RCW et SSR indiquent que cela a été effectué et qu'un accord approprié a été trouvé (p. 26) mais en donnant peu de détails sur la comparaison. Les rapports SSR et RCW mentionnent également un certain nombre d'autres études, quelques-unes conduisant à la confirmation des facteurs de bassins utilisés dans ces rapports. La relation inverse existant entre évaporation et pluviométrie est un autre des points discutés dans le rapport Wasson, en particulier le biais que la conception du bassin subirait en cas de négligence de cette relation. Il apparaît clairement d'après la discussion de cette relation dans le rapport RCW (cf. tableau 3.1 et figures 3.5 et 3.6) qu'elle a été suffisamment étudiée. Nous acceptons la conclusion du rapport SSR selon laquelle « une relation linéaire entre évaporation et pluviométrie doit être incorporée dans les modélisations futures de gestion des eaux » (p. 29).

## 2.6 Evaporation dans la mine

La décision d'installer ou non des systèmes de chauffage, des ventilateurs et des humidificateurs dans la mine semble appartenir à la compagnie minière – c'est un problème économique plutôt que scientifique. Toutefois, l'impact des quatre hectares supplémentaires de bassin, si la décision est prise de ne pas installer ce type de système, est un point à envisager conjointement avec les autres problèmes de paysage et d'aménagement visuel. Cette augmentation de la surface du bassin est écartée assez légèrement par le rapport SSR à propos de la surface de la zone perturbée. Quoi qu'il en soit, une augmentation de 45% de la surface du bassin pourrait en faire un élément beaucoup plus significatif de l'environnement. Le rapport Wasson *et al.* est plus soucieux de l'étude du système de ventilation, et certains de ces problèmes sont traités par le rapport SSR. Notre opinion est que la relation entre les valeurs d'évaporation de bassin et de cuvette est le point critique.

## 2.7 Évidence d'événements météorologiques graves dans le passé

L'évidence présentée par Wasson *et al.* selon laquelle le climat de cette région a connu des transformations significatives au cours des 10 000 années écoulées et pourrait en connaître d'autres, tout aussi significatifs, au cours des 10 000 prochaines années, est acceptée par tous. Toutefois, le rapport SSR refuse d'y voir un problème du fait que la totalité des haldes seront réensevelies et que les matières contaminées ne reposeront en surface que pour des périodes d'environ 30 ans. De ce fait, nous acceptons, sur la base des informations dont nous disposons,

qu'il n'y aura pas de stockage à long terme des haldes en surface et qu'un problème de contamination superficielle par cette source ne saurait se poser.

## 2.8 Précipitations maximales probables (PMP)

Wasson *et al.* suggèrent que la méthode d'étude utilisée pour évaluer la hauteur des digues nécessaires pour éviter aux eaux locales de pénétrer dans la zone totale de confinement est satisfaisante, mais s'inquiètent que l'on utilise bien l'intensité pluviométrique correcte. Le rapport SSR a examiné deux méthodes pour déterminer les événements PMP/6 minutes. Les deux évaluations sont à 4% l'une de l'autre. La recommandation du SSR est que la valeur la plus élevée fournie par le Bureau of Meteorology (RHU) de 1 380 mm/heure soit utilisée pour l'étude détaillée du système local de drainage. Nous jugeons cette recommandation acceptable. L'évaluation des événements PMP est au mieux un exercice difficile, comme le reconnaît le rapport RHU. Quoiqu'il en soit, le Bureau affirme avoir produit la meilleure estimation possible étant donné les limitations imposées par les données et la méthodologie. Nous sommes d'accord avec cette déclaration.

Il serait utile de voir quelles analyses ont été entreprises à partir de n'importe quel pluviomètre situé dans les régions humides du Territoire du Nord et de comparer les orages les plus violents, enregistrés avec des durées de 5 minutes à 72 heures, à la courbe d'enveloppe de la figure 4 (RHU). Nous recommandons que l'on demande au Bureau d'envisager cette approche et d'examiner l'enveloppe des orages les plus violents enregistrés.

## 2.9 Changements climatiques

Beaucoup d'incertitude et de désinformation entoure le problème de la prévision des changements climatiques nés de la concentration croissante de dioxyde de carbone et autres gaz dits « à effet de serre » dans l'atmosphère. Le rapport du CSIRO (RCC) fournit une excellente base pour l'étude de ce problème et il est tout à fait approprié que le SSR ait étudié les implications des changements de climat en relation avec les opérations minières envisagées à Jabiluka. Le SSR utilise les résultats d'un certain nombre de modèles atmosphériques/océaniques internationalement reconnus et qui servent à prédire les changements climatiques résultant de l'augmentation des gaz à effet de serre. Le SSR identifie les difficultés liées à l'utilisation de tels résultats et les incertitudes qui s'y associent. Il est donc important que les résultats soient considérés comme préliminaires. Quoiqu'il en soit, les méthodes de modélisation ne cessent de s'améliorer ; nous prévoyons qu'au cours des cinq prochaines années des progrès considérables seront effectués et que les prévisions issues de ces modèles pourront être utilisées avec plus de confiance. Entre temps, nous estimons prudent de pencher du côté de la sécurité dans l'utilisation de ces résultats.

Les résultats issus des modèles ont été comparés pour la température et la pluviométrie. Pour la région de Jabiluka, la comparaison des changements de température entre les modèles est assez bonne (14%). Ils prévoient une augmentation de température à Jabiluka de l'ordre de 0,35 à 0,8°C d'ici 2030. L'augmentation de température conduira à une augmentation des taux d'évaporation des bassins de rétention mais le SSR, avec prudence, recommande que ce point ne soit pas pris en compte dans l'étude des bassins.

L'évaluation des changements pluviométriques dus aux transformations provoquées par les gaz à effet de serre a également été effectuée. On trouve beaucoup moins de cohérence entre les

prévisions des modèles dans ce domaine. La gamme des prévisions du modèle pour la saison sèche de 2030 va de +6% à -50%. Pour la saison humide la gamme est de +1% à -6%. Les changements en saison humide sont manifestement les plus importants pour ce qui concerne Jabiluka. Si les résultats du modèle peuvent être acceptés, ces transformations seront faibles, avec au pire des cas une augmentation de 1% de la pluviométrie. Le SSR identifie dans les relevés d'Oenpelli une tendance (qui reste toutefois à l'intérieur de la variabilité historique et n'est donc pas statistiquement significative) qui, si elle se prolongeait, ferait augmenter de 4% la pluviométrie annuelle de 2000 à 2030. Il est impossible de dire pour le moment si cette tendance des relevés signale ou non un changement climatique.

À partir de l'analyse de 1 000 ans de données stochastiques fondées sur les relevés d'Oenpelli, le SSR suggère que la tendance est déjà incluse dans les données générées et qu'il n'y a donc aucune raison d'augmenter la pluviométrie d'étude pour tenir compte d'une augmentation possible de 1% indiquée par les modèles climatiques. Cette conclusion est à remettre en cause, les données stochastiques semblant avoir été générées à partir d'une hypothèse de fixité. La recommandation du SSR au chapitre 4 est que les nouveaux résultats des modélisations atmosphériques soient étudiés et la pluviométrie d'étude augmentée si nécessaire : nous la considérons comme acceptable. Nous nous sommes donc inquiétés de lire au chapitre 5.2 du SSR que l'impact des changements climatiques sera négligeable et peut être intégré dans la variabilité des stimulations de stockage. Nous n'acceptons pas cette affirmation et considérons que la surveillance scientifique doit rester attentive aux prévisions des modèles atmosphériques et que l'étude des bassins de rétention doit être assez souple pour prendre en compte si nécessaire toute augmentation du ruissellement prévu.

Tous les modèles atmosphériques utilisés pour prévoir les changements climatiques indiquent une augmentation de l'intensité et de la fréquence des orages, même si dans certaines régions les précipitations moyennes pourront diminuer. Le SSR s'appuie sur une analyse effectuée par Jones *et al.* (RCC) qui suggère que pour la région de Jabiluka, au cours de la période 2000 à 2030, les PMP pourraient augmenter de 30%. Nous considérons que le scientifique chargé de la supervision est prudent en recommandant que les PMP soient augmentées de cette valeur dans l'étude finale des digues de rétention faisant partie du système de gestion des eaux à Jabiluka.

L'affirmation selon laquelle les données pluviométriques pour 1960-84 sont supérieures à la moyenne (cf. figure 4.4.1) doit être traitée avec prudence. Elle soulève plusieurs questions : quelle est la moyenne à long terme ? Quelles sont les variations naturelles du climat et quelles sont celles que l'on peut attribuer aux interventions humaines ? Comment savoir si les relevés pour 1920-60 n'étaient pas plus secs que la moyenne et si la moyenne à long terme n'est pas mieux représentée par les relevés 1960-84 ? Le relevé plus humide de 1960-84 ne doit pas être utilisé pour affirmer que la moyenne à long terme est plus basse.

## 2.10 Capacité du bassin de rétention (chap. 5.2)

Wasson *et al.* soulèvent un certain nombre de points importants en rapport avec l'utilisation des données hydrologiques pour l'étude des bassins de rétention. Par exemple :

- Ils suggèrent qu'il est nécessaire de générer une série de données pluviométriques synthétiques pour les utiliser dans des études de simulation afin de déterminer la capacité 1:10 000 ans du bassin.

- Ils identifient l'importance d'établir un rapport entre les relevés pluviométriques et les relevés d'évaporation.
- Ils soulignent des erreurs dans le calcul de l'évaporation du flux de sortie du système de ventilation de la mine.

Le SSR a traité ces points d'une manière systématique, en particulier dans l'étude effectuée par Chiew et Wang. Cette étude est fondée sur une analyse de simulation de 50 000 séries de données pluviométriques quotidiennes sur 30 ans et de données mensuelles d'évaporation de pluviomètre à cuvette d'origine stochastique. Ces techniques sont largement utilisées en analyse hydrologique et les vérifications statistiques effectuées sur les données générées par comparaison avec les données observées montrent qu'elles correspondent très bien aux fins de l'étude. Toutefois, nous avons noté plus haut que les données pluviométriques sont peut-être sous-estimées et nous recommandons par conséquent qu'elles soient réanalysées avec une augmentation de 5% dans les relevés pluviométriques.

Dans leur modélisation de simulation, Chiew et Wang (RCW) utilisent ce qui apparaît comme des coefficients de ruissellement prudents pour toute une série de surfaces. Cette approche est acceptable, mais il vaudrait la peine de chercher à valider ces données en utilisant des observations hydrologiques du site Ranger.

Les rapports entre pluviométrie et évaporation ont été établis et utilisés dans le modèle de stockage (cf. 2.5 ci-dessus).

Le SSR reconnaît que la perte par évaporation dans le puits de ventilation a été surestimée. Les valeurs initiales utilisées dans la première étude n'ont pu être obtenues qu'en utilisant un vaste humidificateur. Dans le cas où un humidificateur coûteux ne serait pas installé, on peut prendre en compte une augmentation de l'évaporation issue des bassins. Le SSR recommande que dans l'étude détaillée du système de gestion des eaux on fasse intervenir plutôt l'évaporation accrue des bassins plutôt que l'évaporation renforcée du système de ventilation. Une modélisation précise sera nécessaire, mais les instruments analytiques sont disponibles. Nous considérons par conséquent que l'évaporation additionnelle peut être obtenue par l'usage de bassins de retenu plus vastes, mais cela augmentera l'impact de l'ensemble sur l'environnement. La signification de ce fait doit être envisagée.

Il y a dans le système de gestion des eaux certains éléments qui ne nous apparaissent pas clairement à partir de la documentation fournie. Ce sont :

- a) Les besoins en eau de l'atelier de broyage sont chiffrés à 180 000 m<sup>3</sup>/an. Qu'advient-il de cette eau ? S'évapore-t-elle ou génère-t-elle des effluents ? Et dans ce cas, quelle est sa voie d'évacuation ?
- b) Le volume d'eau nécessaire pour le traitement du minerai et les eaux de lavage des installations est faible par comparaison avec cette exigence, mais que devient cette eau ?
- c) Wasson *et al.* parlent d'un afflux d'eau souterraine dans la mine. Quelle est la quantité d'eau en cause ? Comment sera-t-elle utilisée et évacuée ?
- d) Des simulations du type indiqué dans le rapport RCS ont-elles été effectuées pour la mine Ranger ? Sinon, pourraient-elles être faites ? Elles devraient donner une indication du coefficient d'évacuation, des taux d'évaporation, etc., utilisables pour les études de Jabiluka.

## 2.11 Évaluation générale

Nous estimons que les analyses météorologiques et hydrologiques qui ont été effectuées et qui sont rapportées dans le rapport SSR respectent globalement les bonnes pratiques internationales. Les données de pluviométrie et d'évaporation ont été appliquées à un modèle de ruissellement pour développer pour Jabiluka une bonne méthode d'étude pour le bassin de rétention.

Nous avons soulevé un certain nombre de points sur lesquels nous n'avons pu former de jugement car nous ne disposons pas des informations nécessaires.

Nous avons recommandé un certain nombre de mesures et d'analyses qui devraient améliorer marginalement la fiabilité des prévisions hydrologiques et des principes d'étude.

## 2.12 Références

Beard L.R. (1960)- Probability estimates based on small normal distribution samples. Journ. Geophys. Res. 65, 2143-2148.

Chow V.T. (1951)- A general formula for hydrologic frequency analysis. Trans. Amer. Geophys. Union, 32, 231-237.

Cunnane C (1989)- Statistical distributions for flood frequency analysis. WMO Operational Hydrology Report No. 33, World Meteorological Organisation, 73.

Institution of Engineers of Australia (1987)- Australian rainfall and runoff – A guide to flood estimation. Inst. Eng. Aust., Canberra 1, 373.

Sevruk B. (1989)- Reliability of precipitation measurement. In WMO/IAHS/ETH Workshop on Precipitation Measurement, St. Moritz, 3-7 December 1989, (Sevruk, B., Ed.), 13-19.

### **3. Évaluation de risque pour la proposition ERA – chap. 5.3 à 5.4 du rapport SSR**

#### **3.1 Introduction**

Ces chapitres du rapport SSR traitent d'une évaluation des risques résultant de rejets d'eau en provenance du site de Jabiluka. Le SSR fait référence à une documentation d'accompagnement :

Protection of the environment near the Ranger uranium mine – Johnson et Needham (RPE) (Protection de l'environnement à proximité de la mine d'uranium Ranger).

Le SSR, dans l'étude des objectifs de protection de l'environnement, suggère que des quantités considérables d'eau provenant de la région de la mine pourraient être rejetées sans risque dans les cours d'eau de surface. Toutefois, étant donné les inquiétudes des populations locales, la proposition ERA a adopté le principe de retenir sur le site l'eau de l'atelier de broyage et des stocks de minerai brut ainsi que toutes les matières d'une concentration en uranium supérieure à 0,02 pendant toute la vie utile de la mine. Nous sommes pleinement d'accord avec cette attitude.

Ces sections du SSR envisagent donc la probabilité de défaillance des installations de rétention d'eau dans une gamme de situations telles qu'orages d'une violence extrême ou tremblements de terre, conduisant à un débordement ou à l'effondrement des digues du bassin de rétention. L'impact et les risques pour la population et les écosystèmes issus de ces événements extrêmes ont été évalués.

#### **3.2 Qualité de l'eau de ruissellement du stock de minerai brut**

L'ERA a fondé son évaluation de la qualité de l'eau des stocks de minerai brut de Jabiluka sur des données recueillies à la mine Ranger. Pour tenir compte de la concentration en uranium plus élevée dans le minerai de Jabiluka, une concentration d'uranium et autres radionucléides connexes dans les eaux de drainage supérieure à celle de la mine Ranger a été utilisée pour l'analyse de risque. Les concentrations de magnésium et de sulfate choisies apparaissent aussi comme des valeurs prudentes dans le cadre de cette analyse de risque. Si nous admettons l'attitude adoptée, il aurait cependant été utile de disposer d'informations pour appuyer ces évaluations et des affirmations telles que « l'information obtenue par essai cinétique d'un certain nombre d'échantillons du minerai de Jabiluka a montré que, si un certain nombre de métaux et de métalloïdes sont présents dans le minerai sous des concentrations supérieures à la moyenne pour la croûte terrestre, aucun en dehors de l'uranium n'était sous une concentration qui, dans l'environnement chimique général des stocks de minerai, puisse présenter une menace pour les écosystèmes ou les populations en dehors du site de la mine ». Cette affirmation n'est accompagnée d'aucune imputation ou justification. Dans le temps dont nous disposions nous n'avons pu obtenir, malgré notre demande, une copie de l'annexe B du PER, rapport fait par l'ERA. Les eaux provenant des stocks de minerai seront déversées dans les bassins de rétention. Nous n'avons pu savoir si l'on avait tenu compte des effets que l'évaporation aura sur la concentration de produits contaminants dans le bassin.

### 3.3 Exposition à l'irradiation pour la population générale

Nous admettons qu'en raison des installations de confinement très complètes qui sont envisagées pour Jabiluka, la probabilité d'une exposition du public à des doses de radiations provenant de Jabiluka sera très faible. Nous savons que le scientifique chargé de la supervision a développé un modèle pour Ranger. Ce modèle a été appliqué à la situation de Jabiluka et la conclusion atteinte est qu'en raison du système de gestion des eaux de Jabiluka, le risque radiologique est insignifiant pour la population locale et les personnes vivant en aval. Nous acceptons cette affirmation sous réserve de preuve que le modèle soit applicable à Jabiluka. Les similitudes entre la gestion des eaux, l'hydrologie et les cours d'eau récepteurs des deux sites sont-elles suffisantes pour que ce transfert de modèle puisse être effectué ? L'uranium présente une toxicité chimique et nous prenons pour hypothèse que les risques associés à (a) l'absorption de terre, surtout si les populations locales pratiquent la géophagie, et (b) l'inhalation de poussières, ont été pris en compte dans le modèle Ranger. Sinon, il importe d'établir une évaluation de risque fondée sur la toxicité chimique de l'uranium.

### 3.4 Impact sur les écosystèmes aquatiques

Le rapport SSR fait à partir du rapport RPE une évaluation de l'impact de l'exposition radiologique et chimique des organismes aquatiques résultant des rejets de la mine Ranger. Ces études ont été effectuées pour les poissons et les macro-invertébrés. Nous avons certaines réserves quant à l'approche adoptée ici. Cette section du rapport implique un impact (un risque) pour les écosystèmes aquatiques, mais aucune analyse d'écosystème n'a été effectuée. L'analyse utilise des « succédanés de l'ensemble de l'écosystème ». On souligne l'effet sur les poissons dans des déclarations sommaires telles que « ... certains effets se produisent chez les invertébrés, mais on ne s'attend pas à des effets néfastes sur les poissons. Tout effet néfaste sur les invertébrés serait d'extrêmement courte durée ». Cette conclusion prend pour hypothèse qu'il n'y a pas de traitement in-stream comprenant des prélèvements biotiques et abiotiques dans les sédiments de Swift Creek. Étant donné que les rejets de matières contaminées seraient de très brève durée, l'hypothèse que les effets d'un recyclage biologique seraient minimes pourrait être acceptable, mais cela devrait être clairement démontré. En l'absence d'une telle étude, restreindre l'analyse de l'écosystème aquatique à la toxicité chimique et radiologique totale à l'égard de quelques espèces n'est pas satisfaisant.

Nous acceptons l'évaluation des probabilités attribuées au débordement du bassin, à la défaillance statique des digues de rétention et au risque de tremblement de terre. L'estimation de l'exposition à l'irradiation du public associée avec des événements aussi extrêmes semble être acceptable mais, comme indiqué ci-dessus, une justification doit être donnée du choix de ces espèces isolées et en tant qu'indicateurs de l'impact sur l'ensemble de l'écosystème aquatique.

### 3.5 Mesures de sécurité

La proposition de disposer des moyens, dans des conditions extrêmes, de séparer l'eau de mauvaise qualité issue du minerai brut de l'eau échappée du reste du TECZ est raisonnable et acceptable. Nous considérons comme essentielle la protection des bassins de rétention par un déversoir correctement étudié, comme le suggère le rapport SSR. La mise en place de séparations dans les bassins de rétention et l'installation de déversoirs interconnectés réduirait



le risque de voir s'échapper la totalité du volume contenu dans les bassins en le cas de défaillance d'une digue (c'est-à-dire qu'il serait peu probable de voir la totalité des digues céder en même temps). Nous considérons que cela doit être envisagé au stade de l'étude détaillée.

#### **4. Stockage à long terme des haldes – chap. 6 du rapport SSR**

##### **4.1 Introduction**

La proposition envisagée au chapitre 6 du rapport SSR est de placer la totalité des haldes issues du traitement du minerai de Jabiluka dans les cavités de la mine ou dans des silos spécialement creusés à proximité de ce vide. La proposition détaillée de ce système de confinement n'a pas encore été reçue mais le rapport SSR identifie les principaux problèmes d'environnement qui doivent être évalués :

- (i) Le confinement des déchets solides afin qu'ils ne représentent pas un risque à long terme pour les marais de Kakadu, et
- (ii) Le lessivage des haldes confinées, la dispersion des matières en solution dans l'eau souterraine et l'impact potentiel sur les marais.

Le rapport SSR s'appuie sur les constatations d'un rapport effectué sur :

L'analyse de la dispersion à long terme dans les eaux souterraines des contaminants provenant des dépôts proposés pour les haldes de la mine de Jabiluka (The analysis of long term ground water dispersal of contaminants from the proposed Jabiluka Mine Tailings Repository), Kalf & Dudgeon (RGD).

Les cavités de la mine et les silos se trouveront au moins 100 mètres sous la surface du sol et nous acceptons la conclusion du rapport SSR que les haldes, une fois placées dans ces lieux de confinement et enfermées, ne présenteront pas de menace pour Kakadu, sous l'effet de processus d'érosion, pendant plusieurs centaines de milliers d'années. Toutefois, le lessivage des contaminants et leur taux de dispersion dans les eaux souterraines est reconnu par le rapport SSR comme un problème potentiel et il est étudié de manière détaillée dans les rapports SSR et RGD.

##### **4.2 Hydrogéologie de la zone**

Une description hydrogéologique de la zone est présentée dans le rapport RGD. Elle couvre la gamme des aquifères, leurs caractéristiques de flux et la qualité des eaux souterraines. Comme dans la plupart des études concernant les zones situées sous la surface, les données sont assez rares et l'on constate l'existence d'une vaste gamme de caractéristiques de flux des principaux aquifères de base, exprimées en termes de perméabilité et de dispersivité. Les valeurs de perméabilité semblent avoir été déterminées à partir de tests de pompage sur trous de sondes, et la gamme des valeurs utilisées par la suite dans la modélisation devrait être acceptable pour les roches du type décrit. Toutefois, lors de la modélisation, on a choisi une distribution normale des valeurs de perméabilité pour la simulation Monte Carlo alors qu'il aurait peut-être été préférable de prendre pour hypothèse une distribution logarithmique.

Nous n'avons trouvé aucune mention des mesures d'isotopes dans les échantillons des nappes souterraines ou du ruissellement souterrain. L'utilisation de telles mesures, par exemple les ratios O18/deuterium, peut donner une indication de l'âge des nappes et du ruissellement souterrain. Cela peut permettre d'évaluer les vitesses d'écoulement et les valeurs de perméabilité brute pour effectuer une comparaison avec les résultats des essais de pompage. Il est recommandé que si de telles mesures n'ont pas été effectuées, un programme d'échantillonnage et de mesure soit mis en place.

#### 4.3 Modélisation du transport de matières en solution

La modélisation du flux des eaux souterraines et du transport des contaminants effectuée pour ce rapport est simplifiée, d'où un certain nombre de limitations qui en font essentiellement un premier examen du problème. Ceci est reconnu explicitement dans le rapport de modélisation RGD, mais n'est peut-être pas suffisamment reconnu dans le rapport SSR. Nous considérons toutefois que l'approche générale adoptée est raisonnable et, étant donné le choix réaliste des valeurs des paramètres, aurait dû fournir une image relativement solide des résultats potentiels. Certains domaines où les limitations pourraient être significatives sont énumérés ci-dessous.

Nous avons jugé encourageant de voir les simulations Monte Carlo utilisées pour évaluer l'incertitude des prévisions. Il aurait été utile que le rapport RGD comporte aussi des graphiques cumulatifs de probabilités. Ceux-ci auraient indiqué la gamme des résultats possibles et leurs probabilités relatives. Les tracés médians de transition n'apportent en fait pas beaucoup plus d'information qu'un unique calcul déterministe.

Les modèles tels qu'ils sont développés ne semblent pas en mesure de prévoir le flux régional d'eaux souterraines et le taux de mouvement des contaminants transportés, c'est-à-dire le temps qu'il faut à l'eau de surface pour traverser naturellement les systèmes d'évacuation et d'aquifères de la mine avant d'émerger dans les cours d'eau superficiels ou la mer. L'échelle de temps sera probablement de plusieurs milliers d'années, mais il est important que les modèles soient modifiés pour que l'on puisse évaluer l'échelle du problème. Nous avons jugé encourageant que le mouvement des sulfates et en particulier des sulfates d'uranium provenant des déchets, ou haldes, emmagasinés à la fois dans les cavités de la mine et dans les silos soit limité à des distances aussi brèves et des concentrations aussi faibles après 1 000 ans. Toutefois, il est également nécessaire d'effectuer une modélisation pour évaluer le mouvement sur une période de temps beaucoup plus longue (éventuellement 10 000 ans) ainsi que pour identifier où émergeront les flux d'eaux souterraines.

#### 4.4 Propriétés des haldes

Les haldes doivent être mélangées à sec avec du ciment Portland avant évacuation. On estime que ce mélange devrait produire un contraste de perméabilité inférieur de deux ou trois ordres de grandeur à celui de la roche réservoir.

Le rapport est déficient en ceci qu'il ne fournit pas de résultats de modélisation chimique pour démontrer que les futures interactions eau-roche ne viendront pas nuire à l'intégrité des silos et augmenter la mobilité de l'uranium.

Le rapport SSR porte peu d'attention aux réactions géochimiques pouvant se produire entre le ciment et les haldes. Il se pourrait que ce fait soit couvert par les recherches en cours

auxquelles fait allusion le rapport SSR. Les commentaires du paragraphe ci-dessous pourront aider les travaux en cours.

Le rapport déclare que le coulis de ciment servira à abaisser la perméabilité des haldes dans les cavités de la mine et les silos, et réduira donc le potentiel de mouvement des eaux souterraines tout en créant des conditions basiques qui contribueront à retarder la migration des métaux lourds. Nous sommes d'accord avec cette affirmation. Toutefois il semble n'y avoir que fort peu, sinon aucune, information détaillée quant aux effets des conditions basiques sur les haldes ou la roche réservoir.

Les eaux interstitielles basiques associées aux déchets embétonnés migreront comme un panache basique commandé par les conditions hydrogéologiques locales. Ces eaux vont très probablement réagir avec la roche réservoir. Les taux de réaction et la solubilité de bon nombre d'aluminosilicates sont renforcés par des conditions basiques.

Des modèles, combinant le flux des fluides et les réactions géochimiques, doivent être utilisés pour prévoir le développement du panache basique. Cette modélisation devra prendre en compte quelles sont les phases qui vont probablement se dissoudre (par exemple les aluminosilicates) et lesquelles vont probablement précipiter (par exemple hydrate de silicate de calcium (CSH), zéolites, ettringite, etc.). Ces phases pourraient aussi intégrer à leur structure des radionucléides et constituer de ce fait un mécanisme retardateur supplémentaire.

Les changements minéralogiques peuvent provoquer des changements de perméabilité et par conséquent des changements dans l'écoulement des flux. Bon nombre de minéraux associés aux conditions basiques vont précipiter et contribuer à obturer la porosité, donc à retarder l'écoulement des flux. Toutefois, une dissolution accrue pourrait déboucher sur une augmentation de la porosité et peut-être à un renforcement de l'écoulement des flux dans la roche réservoir. C'est l'effet global de ces deux processus concurrents qui jouera un rôle important. D'autres études concernant les panaches basiques (liés à l'embétonnement des déchets radioactifs) semblent favoriser une obturation de la porosité.

L'information donnée dans le rapport sur la composition des matières en solution dans les haldes et qui a été utilisée dans la modélisation des transports ne mentionne pas le pH de la solution. Il est donc difficile de faire des commentaires détaillés sur la forte concentration en sulfates. Toutefois, il faudrait déterminer si la composition des matières en solution correspond à des conditions approximativement neutres ou bien basiques. S'il subsiste des incertitudes à cet égard, nous suggérons qu'une modélisation géochimique (éventuellement combinée avec de simples expériences de laboratoire) soit entreprise pour vérifier quelle est la composition des eaux interstitielles à l'intérieur du mélange ciment/haldes.

Le risque de rencontrer des eaux à fort pH et forte teneur en sulfate est important en raison de la possibilité de formation d'ettringite ( $\text{CA}_6\text{A}_{12}(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$ ). Si ce minéral ne tend à se former que dans des conditions de pH très élevé, il possède un volume molaire très important et obture donc très efficacement les porosités. Toutefois, le retard de la formation d'ettringite peut provoquer des fractures et autres difficultés dans les bétons. A-t-on pensé à cette possibilité pour ce qui concerne le mélange ciment/haldes ?

A-t-on envisagé la question de la sorption des radionucléides sur les oxydes/hydroxydes de Fe et Mn ? Il peut être intéressant de noter que l'information provenant d'autres études (concernant le stockage de déchets radioactifs) semble montrer une forte sorption pour ces phases, de sorte qu'il peut s'agir d'un mécanisme retardateur additionnel.

## 4.5 Évaluation générale

Notre point de vue général est que le rapport SSR a correctement identifié le risque principal né de l'enfouissement des haldes, qui est le transport des produits contaminants dans les eaux souterraines.

Certaines incertitudes subsistent quant à la détermination des propriétés des aquifères pour le travail de modélisation, mais elles sont surmontées par le choix d'une large gamme de valeurs de perméabilité et de dispersion ainsi que par la modélisation des flux d'eaux souterraines et des mouvements de contaminants à l'aide de la méthode Monte Carlo.

L'embétonnement a été utilisée dans d'autres installations de stockage de déchets radioactifs et les observations indiquent que ce procédé peut permettre de réduire de manière significative la perméabilité des déchets et la mobilité des contaminants. Les interactions chimiques dans l'environnement hautement basique des haldes et de la roche réservoir doivent être envisagées, de même que les mouvements du panache basique, car dans certaines circonstances inhabituelles une augmentation de la perméabilité peut apparaître.

Nous sommes heureux de noter que les résultats préliminaires de la modélisation montrent que le transport d'uranium et de radium à partir des dépôts est très limité, même après 1 000 ans, et que les concentrations sont très faibles. Cela ne devrait donc pas constituer un risque prévisible pour l'environnement de Kakadu. Toutefois, les modèles, quoique sains, simplifient les conditions de flux et les réactions possibles entre les déchets embétonnés et la roche réservoir. Nous savons que des études géochimiques sur les réactions du mélange ciment/déchets sont actuellement entreprises. Nous recommandons la mise au point de modèles tridimensionnels des eaux souterraines une fois que l'on disposera de nouvelles informations sur les interactions roche/eau, et l'élargissement de ces modèles pour inclure le flux régional des eaux souterraines et sa contribution aux eaux superficielles.

## **5. Problèmes de protection générale de l'environnement – chap. 7 du rapport SSR**

### 5.1 Introduction

Nous notons à la section 7.1 du rapport que le scientifique chargé de la supervision a demandé pour les activités minières de cette région une norme de protection de l'environnement qui est considérée comme « parmi les plus élevées du monde ». Étant donné les marais RAMSAR qui se trouvent à l'intérieur du parc national de Kakadu, c'est tout à fait approprié. Les travaux de la mine Ranger ont conduit à fixer des normes de qualité de l'eau qui ont été acceptées par le gouvernement australien et le gouvernement du Territoire du Nord, et largement appliquées. Une gamme d'espèces aquatiques ont été testées afin de déterminer quelles étaient les plus sensibles aux eaux de Ranger. Cela a conduit à choisir des facteurs de dilution pour les effluents. Le scientifique chargé de la supervision rapporte qu'au cours de toute la période des travaux miniers de Ranger il n'y a pas eu d'impact détectable sur les poissons au stade larvaire, les escargots d'eau douce, la migration et la structure des collectivités de poissons et les macro-invertébrés ou sur les populations vivant à proximité. Nous accueillons bien volontiers cette évaluation. Le rapport SSR établit que le régime de surveillance pour Jabiluka sera renforcé et

les installations de bassins de rétention et de stockage des haldes qui ont été proposées confirment cette intention. Nous insistons pour que cela soit effectif.

## 5.2 Méthode alternative d'extraction minière de Jabiluka

Il apparaît à la section 7.2 que si les travaux miniers de Jabiluka doivent être mis en route, c'est ce que l'on appelle la « méthode alternative d'extraction minière de Jabiluka » (JMA) qui sera adoptée. Telle est l'option que nous avons évaluée tout au long de notre étude. Nous notons à la section 7.2 les références au minerai gréseux et la perspective de rejet à partir de ces roches dans Swift Creek. Des mesures devront être prises pour réduire la charge sédimentaire issue de ce processus à des niveaux d'arrière-plan et nous notons que ce fait a été reconnu par le ministère de l'Environnement. Nous demandons quelques explications quant à la procédure pour y parvenir.

## 5.3 Étendue du gîte de minerai et durée de vie de la mine

Nous notons dans le rapport SSR (7.3) que si le gîte de minerai est plus vaste que l'on ne prévoyait, et si des opérations minières devaient se poursuivre au-delà de l'horizon proposé à 30 ans, il ne sera pas nécessaire avec la méthode JMA d'effectuer une évaluation ultérieure conforme à la loi de protection de l'environnement de 1974 (Environment Protection (Impact of proposals) Act 1974). Nous considérons la perspective de prolonger la vie de la mine comme une possibilité réaliste. La plupart des analyses de probabilités entreprises par le scientifique chargé de la supervision sont fondées sur un horizon à 30 ans et nous pensons que les analyses devraient être refaites pour tester la sensibilité des impacts à une durée de vie de 40, 50 et 60 ans pour cette mine.

## 5.4 Analyse de paysage

Nous ne considérons pas que le scientifique chargé de la supervision ait suffisamment étudié la mine de Jabiluka dans le contexte paysager (Rees & Wackernagel, 1994, Wackernagel & Rees, 1996). La proximité entre les mines et le parc national de Kakadu rend nécessaire une étude de l'écosystème plus complète. Il importe de reconnaître que c'est à l'échelle du paysage ou du bassin hydrologique que la gestion du patrimoine mondial de Kakadu peut se faire dans les meilleures conditions, et comme le projet actuel est d'ajouter la zone de concession de Jabiluka à Kakadu après réhabilitation, cette approche est critique. L'évaluation de l'impact environnemental de Jabiluka doit prendre en compte les effets potentiels sur l'écosystème des mouvements de l'eau, de l'air, des poussières et des animaux, contaminés et non contaminés, à l'intérieur du site de la mine et à travers ses limites, aussi bien que le rôle des mines de Jabiluka et Ranger dans le paysage à plus grande échelle. Une analyse de risque complète, à l'échelle du paysage, doit être effectuée pour montrer que le site du parc de Kakadu appartenant au patrimoine mondial ne sera pas dégradé de manière significative par le fonctionnement combiné des mines Ranger et de Jabiluka. Quel sera l'impact de la mine de Jabiluka sur les populations de plantes ou d'animaux, les habitats, les ressources, les couloirs de circulation, etc.? L'influence de l'impact potentiel de la mine de Jabiluka dans le développement en cours de la région de Kakadu, y compris Jabiluka, doit également être évaluée. Si le plan de gestion des eaux (y compris le terrain de forage) pour Jabiru se concentre sur le site de la mine, la question de l'impact de la modification du bilan hydrologique dans

cette zone sur l'écosystème doit être posée. Nous ne sommes pas en mesure d'en juger à partir des informations fournies. L'évaluation doit être incluse dans le cadre de l'étude du terrain et du bassin hydrologique.

### 5.5 Réhabilitation et surveillance

Nous avons trouvé avec satisfaction dans la section 7.6 du rapport SSR une définition des objectifs de réhabilitation pour Jabiluka. Nous avons également noté les progrès effectués à Ranger tels qu'ils sont décrits dans la brochure « Rehabilitation at Ranger » mais, sans information détaillée ou visite du site, nous ne sommes pas en mesure d'évaluer le niveau de réussite. Nous avons noté la référence au Fonds de réhabilitation de Jabiluka et la garantie apportée par le Department of Mines and Energy. De telles dispositions sont essentielles dans une zone aussi sensible et il faudra se procurer l'assurance que l'ampleur du fonds soit suffisante pour les tâches de réhabilitation. Il sera important également d'établir un engagement (peut-être sur 100 ans) de surveillance des flux et de la qualité des eaux superficielles et souterraines, ainsi que de l'écosystème, après réhabilitation. Le programme de surveillance devra être périodiquement revu, et étendu ou réduit si nécessaire.

### 5.6 Références

Rees W.E. & Wackernagel M., 1994 - *Ecological footprints and appropriated carrying capacity*. Pp. 362-3980. In *Investing in Natural Capital. The Ecological Economics Approach to Sustainability*, A.M. Jansson, M. Hammer, C. Folke & R. Costanza (eds), Island Press, Washington DC.

Wackernagel M. & Rees W. 1996 - *Our ecological footprint : reducing human impact on the earth*. New Society Publishers, Gabriola Island, GA.

## 6. Recommandations

Nous faisons les recommandations suivantes :

1. Comme les mesures pluviométriques à Oenpelli peuvent avoir été sous-estimées en raison de l'effet du vent etc., et étant donné l'importance cruciale des relevés pluviométriques en termes d'étude de la capacité du bassin de rétention, que les données pluviométriques soient augmentées de 5%, sauf preuve contraire. L'analyse hydrologique, y compris les données générées de manière stochastique, doit être refaite à partir de ces données pluviométriques renforcées (2.2).
2. Les mesures de pluviométrie et d'évaporation de pluviomètres à cuvette de classe A doivent être entamées à Jabiluka dès que possible (2.4).
3. La prévision des changements climatiques à partir des observations et des modèles climatiques doit être poursuivie pendant toute la durée de vie de la mine, et l'étude de la zone du bassin de rétention doit permettre d'augmenter le stockage pour recevoir une augmentation prévue des eaux de ruissellement si cela se révèle nécessaire (2.9).
4. Les coefficients de ruissellement utilisés par Chiew et Wang dans la modélisation de ruissellement doivent être validés à partir des mesures hydrologiques provenant du site Ranger. Les modèles de ruissellement devront être modifiés si nécessaire (2.10).
5. L'assurance doit être obtenue que les incertitudes liées aux besoins en eau de l'atelier de broyage, aux itinéraires de dispersion des effluents, etc., ont été convenablement prises en compte dans l'étude du système de gestion des eaux. En raison d'un manque d'information, le Comité scientifique indépendant ne peut être certain que cela ait bien été le cas (2.10 (a à d)).
6. La justification de l'utilisation pour Jabiluka du « Modèle Ranger d'exposition du public aux radiations » doit être fournie. Une évaluation de risque fondée sur la toxicité chimique de l'uranium est nécessaire, avec référence particulière à (a) l'ingestion de terre et (b) l'inhalation de poussières (3.3).
7. Les effets du recyclage biologique de matériaux contaminés dans l'écosystème aquatique doivent être étudiés (3.4).
8. L'étude du système de bassin de rétention doit faire intervenir un éventuel cloisonnement du volume de stockage en vue de réduire les risques de déversement du volume total d'eau en cas de défaillance d'une digue (3.5).
9. Des mesures des isotopes doivent être utilisées pour déterminer l'âge des nappes souterraines et des eaux de ruissellement souterrain afin d'évaluer le taux d'écoulement et la perméabilité brute des aquifères. Des comparaisons devront être effectuées entre ces valeurs et celles dont on dispose déjà, qui proviennent des essais sur les puits, et si nécessaire on entreprendra une modélisation complémentaire des eaux souterraines en utilisant les nouvelles données (4.2).
10. Les résultats des simulations par la méthode Monte Carlo à partir des modèles d'eaux souterraines doivent être présentés comme des graphiques de probabilités cumulatifs (4.2).

11. Des modèles d'eaux souterraines tridimensionnels devront être mis en place lorsqu'on disposera de nouvelles informations sur les études d'interaction haldes/ciment/eau/roche. Les modèles devront être étendus pour prendre en compte les flux d'eaux souterraines régionaux et identifier leur contribution aux eaux de surface (4.4).
12. Les études avec modélisation de confinement et de transport des eaux souterraines doivent être étendues à une période de 10 000 ans (4.2).
13. La proposition de confinement des sédiments provenant des déchets de minerai doit être étudiée en relation avec l'impact potentiel sur l'écosystème aquatique (5.3).
14. L'évaluation de l'impact environnemental (y compris une analyse complète de l'écosystème) doit être entreprise en prenant pour hypothèse une durée de vie de la mine de 40, 50 et 60 ans (5.3).
15. Une évaluation complète du risque, y compris les facteurs écologiques, biogéochimiques et hydrologiques, doit être entreprise à l'échelle paysage/bassin hydrologique pour Ranger et Jabiluka, dans le contexte de l'appartenance de la zone de Jabiluka au patrimoine mondial.
16. L'assurance que le Fonds de réhabilitation est suffisant pour répondre à toutes les tâches de réhabilitation à long terme, au cas où la mine serait fermée prématurément, doit être acquise (5.5).
17. Un engagement d'établir un programme à long terme, peut-être sur 100 ans, de surveillance à intervalles fréquents des eaux de surface, des eaux souterraines et de l'écosystème doit être obtenu. Ce programme sera soumis à révision périodique (5.5).



## **Annexe 1 - Membres du Comité scientifique indépendant :**

### **Docteur Gene E. Likens**

Director, Institute of Ecosystems Studies  
Box AB Millbrook, New York 12545, Etats-Unis

### **Professeur J.A. Plant**

Assistant Director, British Geological Survey  
Keyworth, Nottinghamshire NG12 5GG, Royaume-Uni

### **Docteur J.C. Rodda**

President, International Association for Hydrological Sciences  
Maclean Building, Institute of Hydrology, Wallingford, Oxfordshire, Royaume-Uni

### **Professeur W.B. Wilkinson (Président du Comité)**

Senior Consultant, Solutions to Environmental Problems (anciennement Director, Centre for Ecology and Hydrology), 17-18 Union Street, Ramsbury, Wiltshire SN8 2PR, Royaume-Uni