

# Évaluation du risque de pollution aux herbicides sur la Grande Barrière de corail : identification et niveaux de présence des substances.

## Localisation des zones impactées au moyen de l'imagerie satellitaire

Période : avril 2012 à août 2012

**Laetitia THEUNIS**

Université de Liège – Département de Biologie, Écologie et Évolution – Laboratoire d'Écologie animale et d'Écotoxicologie – Liège – Belgique

**Mots clés : crue, inondation, herbicides, pesticides, pollution, récif corallien, risque chimique**

La Grande Barrière de corail (GBC<sup>(1)</sup>) est le plus grand récif corallien au monde. Elle s'étend sur plus de 2 000 km le long de la côte nord-est de l'Australie et est divisée en cinq grandes régions (Cape York, Wet tropics, Burdekin, Mackay-Whitsunday, Fitzroy).

Les écosystèmes récifaux sont soumis à de nombreux stress liés aux activités humaines tels que le changement climatique, les pollutions provenant des rivières et des lessivages des bassins versants ainsi que la surpêche. De 1986 à 2004, la GBC aurait subi une diminution en surface de l'ordre de 22 à 28 % (1,2). Depuis 150 ans, l'agriculture et l'élevage se sont développés fortement dans les régions proches de la GBC, augmentant ainsi les charges en polluants, pesticides et engrais (azote et phosphore) dans les eaux réceptrices récifales (1). Suite à la contamination par les herbicides, les végétaux récifaux telles que les diatomées, les herbiers et les algues zooxanthelles nécessaires à la vie des coraux montrent une photosynthèse ralentie ou bloquée entraînant un impact négatif sur l'intégrité de l'écosystème (3).

Le lagon de la GBC est sous l'influence de trois fleuves principaux : le Fitzroy, le Burdekin et le Tully. Les deux premiers ont présenté huit événements de forte crue entre 1991 et 2010, et le dernier, 25 événements durant la même période (1). Suite à une crue, un panache se forme à la surface de l'eau du lagon. Il est une voie importante d'entrée des polluants d'origine anthropique dans la mer et une source dominante de la pollution côtière (4).

La première publication identifie les herbicides principaux et leur concentration dans le lagon en saison des pluies et lors d'événements de crue. Elle montre un risque accru pour l'écosystème corallien en période de crue.

La seconde publication analysée a pour but principal de créer les prémisses d'un outil d'évaluation du risque *via* la cartographie de l'étendue spatiale et temporelle des pollutions issues des panaches.

### Influence des crues extrêmes sur l'exposition de la Grande Barrière de corail aux pesticides

Kennedy K, Devlin M, Bentley C, Lee-Chue K, Paxman C, Carter S, Lewis SE, Brodie J, Guy E, Vardy S, Martin KC, Jones A, Packett R, Mueller JF. The influence of a season of extreme wet weather events on exposure of the World Heritage Area Great Barrier Reef to pesticides. *Mar Pollut Bull* 2012; **64**:1495-1507.

#### Résumé

Durant la saison des pluies 2010-2011, la Grande Barrière de corail a été exposée aux crues de trois fleuves dont l'intensité a été de plus de trois fois leur débit médian calculé sur le long-terme. Afin d'identifier les substances pesticides transportées par les crues, de calculer leurs niveaux environnementaux et de visualiser la variation spatiale de l'exposition aux pesticides durant cette

période, les auteurs ont effectué des prélèvements ponctuels et par échantillonneurs passifs<sup>(2)</sup>, sur une radiale à 0, 5, 15 et 37 km de l'embouchure du fleuve Tully, l'un des trois fleuves alimentant le lagon. Des prélèvements ponctuels ont été également effectués dans les panaches de crue. Parmi les contaminants solubles analysés, les herbicides inhibiteurs de photosynthèse (PSII<sup>(3)</sup>) - bromacil, tébuthiuron, fluméturon, amatrène, prométryne, atrazine, simazine, hexazinone, métachlore et diuron- ainsi que les produits de transformation - atrazine déséthyle, atrazine désisopropyle - ont été recherchés.

Les analyses ont été réalisées par chromatographie liquide, couplée à un spectromètre de masse en tandem (LC-MS/MS<sup>(4)</sup>). Les limites de quantification dans les échantillons passifs varient de <0,04 ng/L à 2 ng/L et <10 ng/L dans les échantillons ponctuels. Les résultats sont comparés aux données antérieures du réseau

de surveillance sur 12 points du lagon. Les valeurs mesurées sur la période de crue 2010-2011 sont, en fonction des stations, de 2,1 à 5,5 fois plus élevées que pendant les observations précédentes.

Tant en termes de fréquence que de concentration, les principaux herbicides rencontrés sont le diuron, l'atrazine, l'hexazinone et le tébuthiuron. Ils sont détectés dans deux fois plus d'échantillons qu'en routine, soit dans près de 90 % des prélèvements pour l'atrazine et l'hexazinone. L'augmentation de la fréquence a été également observée pour d'autres herbicides et produits de transformation.

Les concentrations maximales et les fréquences de détection sont de 160 ng/L et 48 % pour l'atrazine, 270 ng/L et 87 % pour le diuron ainsi que de 110 ng/L et 70 % pour l'hexazinone. Sur la radiale, à 5 km de l'embouchure, les concentrations en atrazine ( $C_{\max}^{(5)} = 20$  ng/L,  $f^{(6)} = 27$  %), en diuron ( $C_{\max} = 50$  ng/L,  $f = 82$  %), en hexazinone ( $C_{\max} = 40$  ng/L,  $f = 64$  %) et en imidaclopride ( $C_{\max} = 50$  ng/L,  $f = 91$  %) sont réduites d'un facteur 2 à 8 par rapport aux concentrations mesurées à l'embouchure du fleuve. Le diuron ( $C_{\max} = 40$  ng/L,  $f = 55$  %) et l'hexazinone ( $C_{\max} = 20$  ng/L,  $f = 36$  %) ont été mesurés à 15 km de l'embouchure, leur concentration respective chutant d'un facteur 5 et 6. Seul le diuron ( $C_{\max} = 20$  ng/L) est encore détecté à 35 km de l'embouchure.

Lors de crue du fleuve Tully, le tébuthiuron est détecté jusqu'à 240 km du rivage, le diuron entre 5 et 16 km de l'embouchure. Sur plusieurs stations, le tébuthiuron ( $C_{\max} = 10-90$  ng/L) et le métalochlore ( $C_{\max} = 20$  ng/L) dépassent d'un facteur 2 à 4,5, les valeurs seuil pour la qualité de l'eau. En fonction des niveaux mesurés, les auteurs ont développé leur propre indice (2,3) pour exprimer le risque global des herbicides sur une échelle allant de 1 (risque de dépassement de la norme de qualité sensée protéger 99 % des espèces d'un écosystème) à 5 (risque peu probable). Alors qu'il était de catégorie 4 ou 5 lors de la surveillance antérieure à 2010, ce risque est passé en catégorie 3 lors de la saison des pluies 2010-2011. La non-prise en compte de l'inhibition de la photosynthèse dans le calcul des normes de qualité pour les herbicides est discutée ainsi que les restrictions réglementaires à venir de l'usage du diuron dans cette région de la GBC.

#### Commentaire

Les auteurs montrent que le risque d'exposition du lagon aux herbicides est plus fort en période de crue et que c'est le diuron qui contribue le plus fortement à ce risque. L'étude met aussi en évidence la présence de pesticides (tébutiuron, métalochlore) dans le panache du fleuve Tully, en milieu littoral, à des concentrations supérieures aux normes de qualité en vigueur en Australie.

La fragilité du plan d'échantillonnage aurait pu être discutée. Le risque est élevé de manquer les pics de contamination, notamment dans les premières heures qui suivent des pluies violentes. Les valeurs calculées à partir des échantillonneurs passifs et ramenées à la durée d'exposition de l'échantillonneur dans le milieu masquent ces effets de pics qui sont redoutables en termes d'impact avec des concentrations beaucoup plus élevées que les moyennes calculées. La discussion aurait pu souligner le

risque accru lié aux apports de matières en suspension (MES<sup>(7)</sup>) lors des inondations qui sont à la fois des supports pour les contaminants peu solubles (non polaires) et qui réduisent la lumière nécessaire au bon état des récifs coralliens.

Enfin, l'étude de la variabilité spatiale et temporelle de l'exposition aux herbicides pointe les limites des analyses de routine, dont les résultats à l'échelle locale sont extrapolés à une région entière.

### Cartographie des matières en suspension, de l'azote minéral et des herbicides dans les panaches de fleuves lors de crues sur la Grande Barrière de corail

Devlin MJ, McKinna LW, Álvarez-Romero JG, Petus C, Abott B, Harkness P, Brodie J. Mapping the pollutants in surface riverine flood plume waters in the Great Barrier Reef. *Mar Pollut Bull* 2012;65 :224-235.

#### Résumé

Les auteurs ont cartographié et caractérisé les panaches des rivières qui apportent à la GBC à la fois des matières en suspension (MES), des nutriments et des herbicides (PSII), lesquels sont considérés comme des facteurs de dégradation des écosystèmes coralliens. La fréquence et l'étendue spatiale des panaches de contamination dépendent du débit des fleuves et de la fréquence à laquelle ceux-ci atteignent les conditions de crue (6) en période humide (Novembre – Avril). Les auteurs ont considéré les épisodes de crue, pouvant durer de quelques jours à quelques semaines sur la période 2001-2010. La zone étudiée a couvert un linéaire côtier de la GBC de l'ordre de 1500 km.

Pour réaliser les cartographies des panaches, les auteurs ont utilisé des images satellites provenant de la NASA<sup>(8)</sup>. Après transformation informatique, et combinaison avec les données de flux de contaminants provenant d'autres publications, les images permettent de visualiser et de caractériser les panaches et de préciser la distribution spatiale de la pollution en MES, en azote inorganique dissous et en herbicides (7).

L'estimation cartographique de la surface d'exposition des panaches est réalisée en trois étapes :

- déterminer pour chacune des cinq régions l'apport annuel en MES, azote et herbicides, par rapport à la charge totale annuelle reçue par les cinq régions en utilisant les données de la surveillance et les données calculées par modélisation ;
- cartographier les panaches les plus importants de chacune des cinq régions, et déterminer des zones correspondant à des classes de fréquence de leurs survenues ;
- estimer la surface d'exposition de l'écosystème pour chaque élément MES, azote et herbicides en classant les régions sur une échelle d'exposition à quatre degrés : faible, modérée, élevée, très élevée.

C'est la partie la plus littorale du lagon qui se révèle être la plus exposée. Les apports en MES sont majoritairement attribués aux régions de Burdekin et Fitzroy (71 % des apports totaux) alors que les concentrations en azote sont liées aux régions de Wet Tropics et Burdekin (69 % du total exporté vers le récif). Enfin, les arrivées d'herbicides PSII sont en rapport avec les activités agricoles des

régions de Wet Tropics (38 %), Mackay-Withsunday (38 %) et dans une moindre mesure Burdekin Fitzroy (19 %). Ce sont plus de 5 690 km<sup>2</sup> (soit 12 %) de l'aire marine de la région de Mackay Whitsunday et plus de 2 538 km<sup>2</sup> (soit 8 %) de celle de Wet Tropics qui sont classés en « exposition très élevée » aux pesticides. La pollution issue de ces deux régions contribue à plus de 75 % de la charge totale en herbicides reçue par la GBC.

#### Commentaire

L'utilisation des données satellites permet aisément la visualisation de l'ampleur spatiale et temporelle des pollutions, et de pouvoir évaluer le risque d'atteinte des écosystèmes en présence de trois perturbateurs potentiels que sont les MES, l'azote et les PSII. Toutefois, la cartographie représente uniquement les événements de crue et fait abstraction de la période durant laquelle le panache peut subsister dans le lagon. Afin d'obtenir un outil d'évaluation des risques, il est nécessaire d'affiner le modèle et de considérer en sus, l'impact des plus petites rivières en termes d'apports en contaminants à une échelle spatiale restreinte. L'exposition multiple aux contaminants est également à prendre en considération afin d'obtenir une vision globale de la contamination. Enfin, sinon une dégradation générale de la surface corallienne, il n'est fait aucune mention d'effets spécifiques sublétaux de ces perturbateurs, tels les effets d'apports d'azote qui sont en partie responsables d'eutrophisation, laquelle favoriserait les herbiers.

#### CONCLUSION GÉNÉRALE

La problématique de la réduction des surfaces des récifs coralliens et du rôle potentiel joué par les herbicides, s'étend à l'échelle de la planète, des récifs des DOM-TOM<sup>(9)</sup> à ceux d'Indonésie, en passant par la Grande Barrière de corail. Dans les zones tropicales, l'une des conséquences visibles du changement climatique est les fortes crues et inondations entraînant en mer la formation de panaches de pollution. La dégradation de la qualité de l'eau mise en évidence par la présence de différents herbicides combinée aux mouvements du panache, observée par imagerie satellite, permet d'identifier les zones du lagon les plus susceptibles d'être exposées à de fortes concentrations en polluants. Les zones de la GBC exposées à une pollution modérée, élevée ou très élevée représentent 15 % de la GBC. Ces régions sont riches en coraux et en herbiers et forment des écosystèmes fragiles et importants pour le tourisme et la pêche. De plus, cette contamination multiple (herbicides, azote, matières en suspension) est susceptible de présenter des effets synergiques et d'affecter la région pour une durée bien plus longue que celle prise en compte par les auteurs. En termes d'analyse du risque, les publications apportent des éléments essentiels à la caractérisation de l'exposition de la GBC aux panaches lors de crue. Toutefois, des données précises manquent encore sur l'impact écotoxicologique du mélange apporté au récif par les eaux douces. Ceci est à considérer en priorité pour permettre le développement d'un bon outil d'évaluation des risques. Les argumentaires apportés par les deux publications doivent suffire à la prise de mesures de restriction dans les bassins versants pour éviter l'apport des substances les plus écotoxiques, notamment les herbicides.

#### Lexique

- (1) GBC : Grande Barrière de corail
- (2) Échantillonneur passif : échantillonneur placé dans l'eau durant une période déterminée (ici, période de 4 ou 20 jours consécutifs sur chacun des 3 sites de la radiale situés dans le lagon). Cette technique permet de mesurer des concentrations en polluants moyennées sur la période d'exposition
- (3) PSII : herbicide inhibiteur de photosynthèse
- (4) LC-MS/MS : chromatographie liquide couplée à de la spectrométrie de masse en tandem
- (5) C<sub>max</sub> : concentration maximale
- (6) f : fréquence de détection
- (7) MES : matière en suspension
- (8) NASA : agence spatiale américaine
- (9) DOM-TOM : Département d'Outremer-Territoire d'Outremer

## Publications de référence

- (1) **Brodie JE, Devlin MJ, Haynes D, et al.** Assessment of the eutrophication status of the Great Barrier Reef lagoon (Australia). *Biogeochemistry* 2011;**106** :281–302.
- (2) **Kennedy K, Schroeder T, Shaw M, et al.** Long-term monitoring of photosystem-II herbicides - correlation with freshwater extent explored as a novel technique to monitor improvement in water quality entering the Great Barrier Reef. Australia. *Mar Pollut Bull* 2012;**65** :292–305.
- (3) **GBRMPA.** Water Quality Guidelines for the Great Barrier Reef Marine Park, *Revised ed. Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville* 2010.
- (4) **Warrick JA, Mertes LA, Washburn L, et al.** Dispersal forcing of southern California river plumes, based on field and remote sensing observations. *Geol Mar Lett* 2004;**24** :46–52.
- (5) **Bengston-Nash S, Quayle PA, Schreiber U, et al.** The selection of a model microalgal species as biomaterial for a novel aquatic phytotoxicity assay. *Aquat Toxicol* 2005;**72** :315–326
- (6) **Mitchell C, Brodie J, White I.** Sediments, nutrients and pesticide residues in event flow conditions in streams of the Mackay Whitsunday Region. Australia. *Mar Pollut Bull* 2005;**51**:23–36.
- (7) **Brodie J, Schroeder T, Rohde K, et al.** Dispersal of suspended sediments and nutrients in the Great Barrier Reef lagoon during river-discharge events: conclusions from satellite remote sensing and concurrent flood-plume sampling. *Mar Freshwat Res* 2010;**61** :651-664.

freshwater extent to monitor changes in the quality of water entering the Great Barrier Reef, Australia. *Mar Pollut Bull* 2012; **65** :292-305.

*Le diuron est l'herbicide inhibiteur de photosynthèse le plus couramment détecté et est présent en des concentrations affectant les coraux, diatomées et herbiers.*

**Smith R, Middlebrook R, Turner R, et al.** Large-scale pesticide monitoring across Great Barrier Reef catchments – Paddock to Reef Integrated Monitoring, Modelling and Reporting Program. *Mar Pollut Bull* 2012; **65** :117-127.

*Atrazine, hexazinone et tebuthiuron sont retrouvés dans tous les échantillons. Les échantillonnages passifs et ponctuels montrent des différences dans le type et le nombre de pesticides détectés au même site de prélèvement.*

**Waterhouse J, Brodie J, Lewis S, et al.** Quantifying the sources of pollutants in the Great Barrier Reef catchments and the relative risk to reef ecosystems. *Mar Pollut Bull* 2012; **65** :394-406.

*Les différences régionales de culture et d'agriculture influencent de façon prépondérante la gestion des polluants.*

## Conflits d'intérêts

Les auteurs déclarent :

- n'avoir aucun conflit d'intérêt;
- avoir un ou plusieurs conflits d'intérêt.

## Reuves de la littérature

**Brodie J, Waterhouse J.** A critical review of environmental management of the 'not so Great' Barrier Reef. *Estuar, Coast Shelf S* 2012;**104-105** :1-22

**Bayen S.** Occurrence, bioavailability and toxic effects of trace metals and organic contaminants in mangrove ecosystems: A review. *Environ Int* 2012;**48** :84-101.

## Autres publications identifiées

**Brodie JE, Kroon FJ, Schaffelke B, et al.** Terrestrial pollutant runoff to the Great Barrier Reef: An update of issues, priorities and management responses. *Mar Pollut Bull* 2012;**65** :81-100.

*Résumé des sources de polluants dans la GBC et leurs impacts sur l'environnement marin.*

**Schaffelke B, Carleton J, Skuza M, et al.** Water quality in the inshore Great Barrier Reef lagoon: Implications for long-term monitoring and management. *Mar Pollut Bull* 2012;**65** :249-260.  
*La qualité de l'eau du lagon varie selon un gradient depuis l'embouchure des fleuves et est dépendante du climat. Les plus hautes concentrations en polluants sont retrouvées durant la saison des pluies.*

**Kennedy K, Schroeder T, Shaw M, et al.** Long term monitoring of photosystem II herbicides – Correlation with remotely sensed