

LE BLANCHISSEMENT DES CORAUX DANS L'OCEAN INDIEN : EXEMPLE DE LA REUNION

Chantal CONAND¹, Michel LARUE², Jean-Pascal QUOD³, François CONAND¹ & Jean TURQUET³

¹Ecomar, Université de la Réunion, 97 715 St Denis, conand@univ-reunion.fr

²IRD, Station SEAS, Univ. de la Réunion, 97 715 St Denis

³ARVAM, 14 rue stade de l'est, 97 490 Ste Clotilde, arvam@guetali.fr

Résumé : Depuis une quinzaine d'années, les phénomènes de blanchissement de coraux ont été observés de manière étendue sur divers récifs, mais leurs causes sont encore mal élucidées. Au cours de la saison chaude 1997-1998, des blanchissements importants ont été observés, tant à la Réunion que dans toutes les zones récifales mondiales. Il est maintenant admis que des relations existent entre les paramètres environnementaux, en particulier la température de surface de la mer, et les phénomènes de blanchissement. Cependant ces phénomènes sont insuffisamment répertoriés. L'objectif général du programme était de fournir une meilleure connaissance des phénomènes à la Réunion, où ils n'avaient pas encore été étudiés, en approchant leurs causes et leurs conséquences, de manière à proposer des méthodologies simples de suivi. L'originalité du projet a été de travailler à trois échelles spatiales complémentaires. La petite échelle permet une approche des conditions de température de l'eau de mer de surface, à la fois par utilisation de températures relevées *in situ* et de données satellitales. La moyenne échelle, récifs et colonies coralliennes, permet de suivre les différentes étapes du blanchissement et la sensibilité des différentes espèces, à partir d'observations et d'enquêtes. A grande échelle, après la mort des coraux, les différentes étapes de la colonisation par le cortège d'algues épiphytes (macroscopique et microscopique) sont identifiées et le risque ciguatérique évalué. Ces approches complémentaires apportent des outils nécessaires pour une meilleure compréhension des causes, des étapes et des conséquences du phénomène. Elles permettront aussi la prévision de blanchissements futurs dont la probabilité risque de fortement augmenter dans le contexte global du réchauffement.

Abstract: Coral bleaching has been reported since fifteen years on various reefs but its causes have yet not been clearly identified. During the 1997-98 warm season an important bleaching has been observed on La Reunion as well as on many reefs world-wide. Though it is now admitted that relationships between environmental parameters, particularly sea temperature, and bleaching exist, they have yet to be more documented. The general aim of this programme was to bring a better knowledge on bleaching in La Reunion where it had not been studied previously. It was intended to study its causes and consequences in order to bring simple methods for surveys. The originality has been to study three complementary spatial scales. The small scale allows to follow the sea surface temperature using both satellite and *in situ* recorded data. The medium scale, reefs and coral colonies, allows describing the different steps in bleaching and the sensitivity of species. At the large scale, after the death of corals, the different stages of colonisation by epiphytic algae (macro- and microscopic) are identified and the risk for ciguatera evaluated. These complementary approaches provide the necessary tools for a better understanding of the causes, development and consequences of bleaching. They will also help the prediction of future events which probability will probably increase given the global context of warming.

INTRODUCTION

Les récifs coralliens sont actuellement très menacés par des dégradations d'origine naturelle ou humaine [1]. L'attention internationale a été attirée sur leur régression bien plus récemment que sur celle des forêts équatoriales. Les coraux résultent de la symbiose entre des cnidaires constructeurs et des algues microscopiques (zooxanthelles) qui utilisent l'énergie solaire pour leur photosynthèse. Mais cette symbiose est fragile et différents stress peuvent entraîner le rejet des algues par leur hôte. Le corail devient alors souvent fluorescent, dans un premier temps, puis blanchit et meurt, c'est le phénomène de blanchissement [2, 3, 4]. Il a été

remarqué lors de plusieurs épisodes 1982-83 et 1986-87 sur divers récifs de la Réunion, mais n'avait pas été étudié. Il était alors aussi observé dans d'autres régions et assez rapidement son origine fut reliée à une augmentation de température de la mer, souvent associée à des périodes de calme et fortes basses-mer, puis au phénomène océanographique d'El Nino. Celui-ci est accompagné de déplacements d'eaux chaudes, d'une élévation du niveau marin et d'un blocage de l'upwelling équatorial. En 1998, le plus fort épisode historique de blanchissement a été relevé sur beaucoup de récifs. Pour l'océan Indien Ouest des estimations de l'intensité des dégradations résultantes montrent que la Réunion et Maurice ont été relativement peu touchées, avec des dégradations inférieures à 20 % de la surface corallienne, contrairement aux Maldives et Seychelles par où elles ont dépassé 70 % [5, 6].

Ces blanchissements ont des conséquences variées sur les plans écologiques mais aussi socio-économiques. En effet, si quelques colonies coralliennes peuvent survivre en récupérant des zooxanthelles, la plupart meurent, sont recouvertes d'algues et le milieu change radicalement. L'ensemble de l'écosystème s'appauvrit. Ces conséquences, comparables aux résultats d'autres dégradations, commencent à être décrites et comparées. Les impacts socio-économiques commencent à être évalués qualitativement, et chiffrés au niveau régional [5]. Les récifs sains offrent des ressources halieutiques de pêche artisanale, protègent les littoraux contre les houles, attirent les touristes (ressource croissante dans de nombreux états insulaires) ; leur mortalité a donc des conséquences néfastes sur toutes ces activités ainsi que sur la santé des consommateurs de poissons par la prolifération potentielle d'algues toxiques [7, 8].

Les causes, modalités et conséquences de ce phénomène mondial restent encore mal connues. L'épisode 1998, coïncidant avec le démarrage du Programme Pluri-Formations « PPF Pôle Mer », nous a incités à démarrer une action de recherche pluridisciplinaire qui devait permettre d'élaborer une méthode simple de suivi. Ainsi nous avons décidé d'étudier le phénomène, depuis l'échelle satellitale ou petite échelle (température essentiellement), en passant par la moyenne échelle des unités géomorphologiques du récifs, des colonies coralliennes et les portions de colonies, jusqu'aux conséquences de la mortalité corallienne sur les stades de colonisation des coraux morts par les algues (Figure 1). Ces recherches ont également été soutenues par un programme CORDET [9].

MATERIEL ET METHODES

A la **petite échelle** nous avons surtout étudié les causes de déclenchement du phénomène, en suivant la situation des températures de surface de l'océan entre février 98 et 99. Nous avons donc d'abord analysé les températures de surface de la mer relevées *in situ* par une sonde placée à l'entrée du Port Ouest, caractérisant les eaux de surface côtières. Les températures moyennes sont calculées sur 5 jours à partir de relevés horaires de la sonde. Par ailleurs, les données satellitales de température de surface de la mer (SST) sont obtenues à la station SEAS de réception de l'IRD. Il s'agit de données en mode haute résolution, du capteur AVHRR des satellites NOAA.

Les données de 9 zones entourant la Réunion (soit 81 pixels de 1 mile carré pour chacune), sont choisies pour déterminer le pixel le plus représentatif en comparaison des mesures effectuées *in situ* [10].

A la **moyenne échelle**, nous avons décrit le phénomène de blanchissement grâce à des fiches d'enquête « fiche d'alerte de blanchissement » distribuées aux différents usagers, portant sur les zones géomorphologiques blanchies des différents récifs, et les pourcentages de blanchissement des principales espèces. Elles ont permis d'obtenir des informations sur les sites touchés en 1998, leur étendue et les principales espèces concernées. Par ailleurs, dans le cadre du Programme Environnement de la COI, nous avons élaboré une méthode simple de suivi de

l'état de santé des récifs coralliens adaptée à la région sud-ouest de l'océan Indien [11]. Cette méthode évolutive consiste d'abord en des relevés annuels sur des stations, par des transects bien choisis (de platier et de pente externe) et repérés. Les principales formes coralliennes (sans aller généralement au niveau de l'espèce qui relève des spécialistes) et de poissons indicateurs sont comptés. Un logiciel, COREMO-I a été adapté pour l'analyse des résultats. Le Parc Marin est responsable de ces suivis à la Réunion. Le nombre de stations est cependant limité dans ce suivi et le pas de temps de 1 an ne permet pas de suivre le déroulement du phénomène.

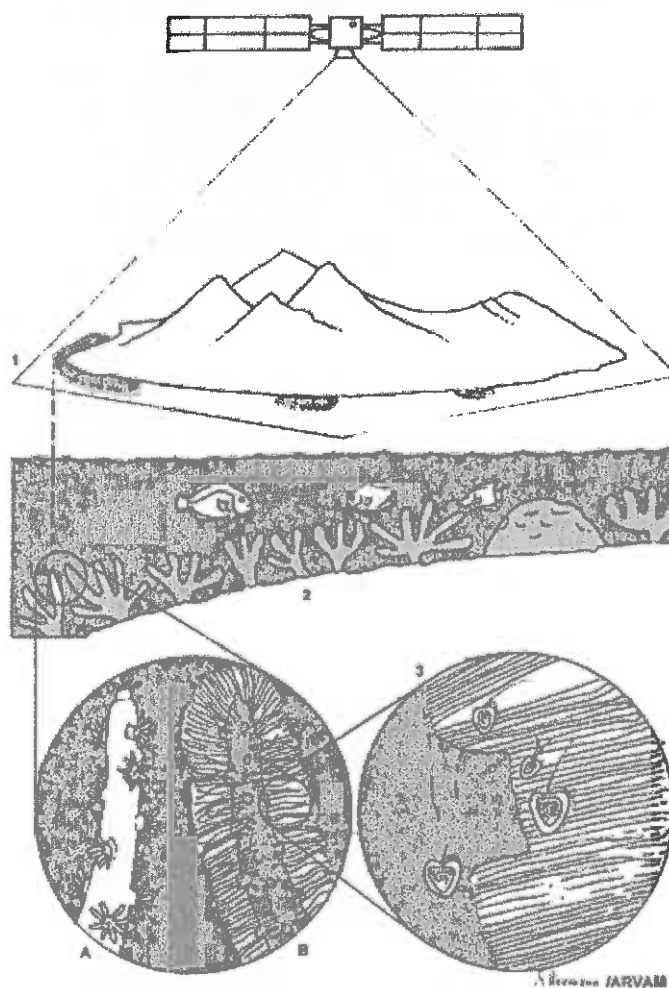


Figure 1. Les trois échelles de l'étude du blanchissement. 1 : petite échelle, satellitale ; 2 : moyenne échelle, colonies coralliennes; 3 : grande échelle, A : corail vivant, B : corail mort recouvert de gazon avec des dinoflagellés.

Ce suivi pluriannuel sera cependant utile pour comparer l'évolution générale (formes coralliennes, pourcentage des catégories de substrats) des récifs.

L'étude à **grande échelle** a consisté de manière expérimentale à suivre deux conséquences du blanchissement : 1. directe de la colonisation par les algues macroscopiques ou « gazons » sur la base de critères visuels facilement identifiables et applicables sur le terrain ; 2. indirecte de la colonisation par les micro-algues potentiellement toxiques. Le corail mort recouvert d'un gazon algal est connu pour être favorable au développement de micro-organismes. Parmi les Dinoflagellés *Gambierdiscus toxicus*, et d'autres genres toxiques (*Prorocentrum* et *Ostreopsis*) associés sont potentiellement nuisibles pour l'homme [7, 8].

L'évolution de l'abondance de ces organismes a été évaluée après le blanchissement, suivant la méthodologie standardisée pour la région [12].

RESULTATS

La température est un des facteurs de l'environnement marin dont les variations déclenchent le blanchissement [1, 2, 3, 4].

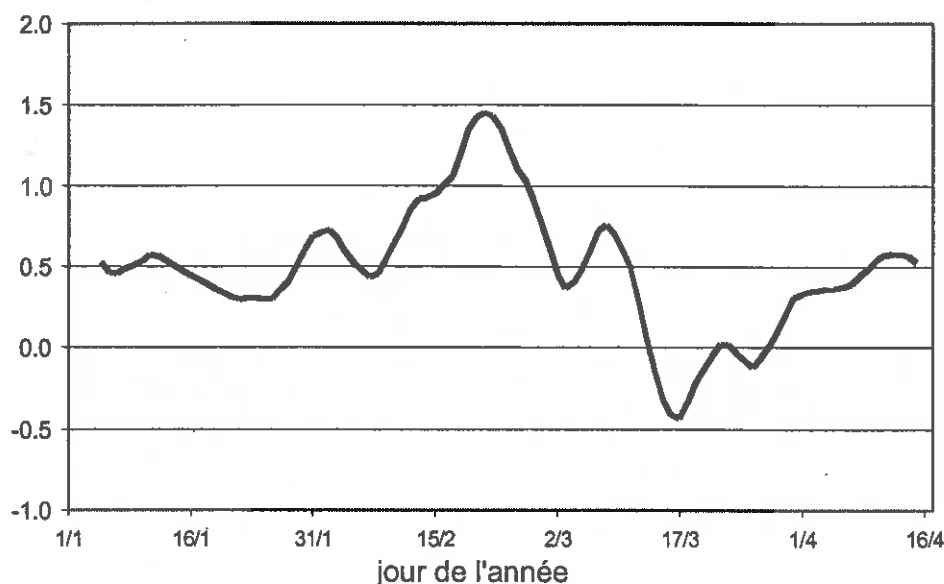


Figure 2. Ecart à la moyenne (1994-2000) de la température journalière de l'eau de mer de surface à la station du Port, de janvier à avril 1998. Courbe ajustée avec une moyenne mobile de 5 jours. En ordonnée, les écarts de température à la moyenne (en degrés Celsius).

La Figure 2 montre la déviation des températures de surface à la station du Port entre les données 1998, de janvier à avril, et la moyenne pluriannuelle calculée sur 7 ans. L'anomalie est supérieure à 1°C pendant une période de 15 jours et supérieure à 0,5 °C pendant toute la période d'étude, à l'exception d'un bref refroidissement de 0,5 °C durant quelques jours seulement. Ces anomalies mériteront des traitements complémentaires concernant les seuils et les durées.

Le pixel le plus représentatif des mesures effectuées *in situ*, ayant le coefficient de corrélation le plus élevé, a été déterminé. En effet, les pixels individuels présentent une forte variabilité et celui-ci minimise l'effet d'île. Ses variations permettent de calculer un indice de température de surface (moyenne sur 5 jours); ses variations sur une période de plusieurs années sont présentées en Figure 3 ; elles montrent un seuil de blanchissement autour de 29°C. Cette valeur correspond aussi à d'autres études dans le monde [3].

A **moyenne échelle**, nous avons décrit le phénomène à partir des fiches de blanchissement. Le blanchissement a été observé sur les platiers récifaux de Saint-Gilles et de Saint-Leu, en février et mars 1998. Les espèces les plus touchées ont été les coraux *Acropora muricata*, espèce souvent dominante à la Réunion et *Montipora circumvallata*, ainsi que le corail de feu *Millepora* sp. Cette première utilisation des fiches d'alerte a permis de proposer des améliorations, pour une meilleure standardisation des paramètres concernant la zone récifale, le taux de couverture corallienne, le pourcentage de coraux blanchis dans les principales espèces. Ainsi, les informations ont été plus précises lors de l'étude du

blanchissement de 2001 [13]. Par ailleurs, le suivi pluriannuel de l'état de santé des récifs de la Réunion permet de fournir une évaluation de l'évolution globale en quelques sites.

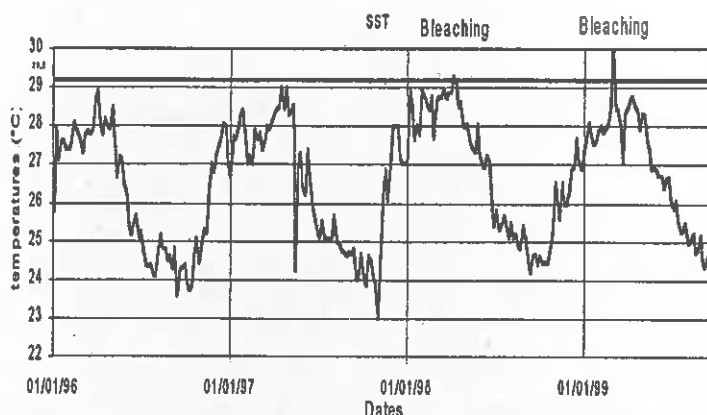


Figure 3. Températures de surfaces calculées pour le pixel le plus représentatif (moyenne de 5 jours).

Les résultats de l'étude à grande échelle concernent cinq stades successifs de colonisation par les algues macroscopiques ; ils sont présentés dans le Tableau 1. Le stade 5 correspond au gazon algal le plus dense, classiquement observé dans les zones où la dégradation est la plus ancienne. Dans les deux sites expérimentaux, la colonisation par les algues s'est avérée très rapide, avec une stabilisation du gazon (Stade 5) dès le quatrième mois

Tableau 1: Les différentes étapes de la colonisation des coraux morts par les gazons algaux.

Stade	Observations
0	Expulsion des zooxanthelles, le corail est blanc et ne présente aucune colonisation épiphytique. A ce stade, lors d'un blanchissement la colonie survit (en recrutant de nouveaux symbiontes), ou meurt.
1	C'est le premier stade de la colonisation par les épiphytes. Une légère coloration est visible à la surface du corail.
2	Apparition d'un gazon algal très court qui ne recouvre que partiellement les branches.
3	Les branches sont totalement recouvertes de gazons courts, les calices restent encore bien visibles à l'œil nu.
4	Le gazon algal se densifie et masque la plupart des calices.
5	C'est le dernier stade de la colonisation. Les calices ne sont pas visibles, et les gazons de recouvrement sont similaires à ceux observés habituellement dans la station.

après le blanchissement. La méthode élaborée peut s'avérer être un bon outil à court terme, pour la datation des mortalités coralliennes consécutives à un épisode de blanchissement.

Les premiers résultats sur les microalgues montrent que les dinoflagellés sont les espèces pionnières dans la colonisation de coraux morts : *Prorocentrum* est abondant dès les premiers stades ; les autres genres *Ostreopsis* suivi de *Gambierdiscus* s'installent ensuite

(Figure 4). Le risque immédiat d'apparition d'une toxicité dans la chaîne alimentaire existe, mais reste difficilement quantifiable en l'état actuel des connaissances.

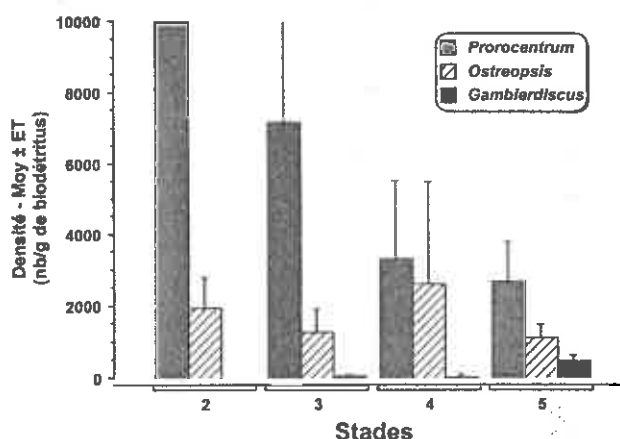


Figure 4 : Evolution des densités moyennes des trois principaux genres de dinoflagellés toxiques en fonction de la colonisation macroscopique (Saint-Leu, avril-mai 1998). ET : écart-type

DISCUSSION ET CONCLUSION

La corrélation entre les anomalies positives de températures de la mer et le blanchissement des coraux a été démontrée à la Réunion. Les températures relevées par la sonde en continu sont un paramètre important, permettant de détecter les anomalies. Il conviendra de poursuivre traitement de ces données pour analyser les valeurs de seuil ou de durée de l'anomalie. La corrélation avec les températures satellitales permettra d'étendre les observations à une zone plus importante [4, 14, 15].

L'amélioration de la fiche d'alerte du blanchissement a déjà permis de suivre le nouveau blanchissement de 2001, montrant la capacité de réponse et d'organisation des acteurs du milieu marin, ce qui est aussi un résultat significatif du programme [13].

Concernant les conséquences du blanchissement, résultant de la mortalité des coraux, les 5 étapes de la colonisation par les gazons algaux ont été décrites. L'analyse des microphytes montre que des microalgues sont pionnières dans la colonisation épiphytique, et que leur abondance est quelquefois importante.

Cette action du Programme Pluri-Formations a contribué à mettre en place les premiers outils d'alerte et de suivi qui devront être mis en œuvre dès les premières observations de blanchissement à la Réunion. Elle devrait permettre à la Réunion de jouer le rôle de site d'alerte pour l'océan Indien dans les épisodes importants de blanchissement. Ce niveau local est aussi un point focal d'un réseau national IFRECOR (Initiative française pour les récifs coralliens) qui résulte de l'ICRI (International Coral Reef Initiative). La création en est récente, mais la France ayant l'avantage d'avoir des récifs dans les 3 grands océans, il sera important de développer aussi des programmes en connexion avec les autres DOM-TOM. L'aspect régional s'est parallèlement développé ces dernières années dans plusieurs programmes, comme celui du programme régional Environnement de la COI focalisé sur l'aspect de suivi de l'état de santé des récifs [10] et le programme CORDIO (Coral Reef degradation in the Indian Ocean) [5]. Le niveau international du GCRMN (Global Coral Reef Monitoring Network) est également alimenté par les informations locales et régionales qui permettent une évaluation globale [1] et

la mise en œuvre de grands programmes qui s'intègrent dans la thématique du " changement global ". En effet, le réchauffement et l'augmentation de CO₂ laissent présager des épisodes de blanchissement plus fréquents et peut-être plus sévères.

RÉFÉRENCES

1. Wilkinson C (2000) Status of the coral reefs of the world: 2000 (G.C.R.M.N). Australian Institute of Marine Science, 363 pp
2. Brown B (1997) Coral bleaching: causes and consequences. Proc 8th Int Coral Reef Symp, Panama 1: 65-74
3. Hoegh-Gulberg O, Salvat B (1995) Periodic mass-bleaching and elevated sea temperatures: bleaching of outer reef slope communities in Moorea, French Polynesia. Mar Ecol Prog Ser. 121: 181-190
4. Hoegh-Gulberg O. (1999) Climate Change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs, Mar Freshwater Res, 50: 839-66
5. Souter D, Obura D, Linden O (2000) Coral Reef Degradation in the Indian Ocean (CORDIO), status report 2000,
6. Spencer T, Teleki K, Bradshaw C, Spalding M (2000) Coral bleaching in the Southern Seychelles during the 1997-1998 Indian Ocean warm event. Marine Pollution Bulletin 40 (7) : 569-586
7. Bagnis R, Rougerie F, Orempuller J, Jardin C (1992) Coral bleaching as a cause of potential proliferation of *Gambierdiscus toxicus*. Bull Soc Path Ex 85, 525
8. Turquet J, Quod J. P. Coute A. and Faust M. (1998) Assemblage of benthic dinoflagellates and monitoring of harmful species in Reunion Island, SW Indian Ocean, 1993-1996. *Harmfull Algae, Reguera.B., Blanco, J., Fernandez, M.L. and Wyatt, T. (Eds) Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.*: 44-47.
9. Conand C, Larue M, Quod J-P, Conand F, Turquet J (2000a) Incidence du réchauffement du milieu marin sur le blanchissement des coraux et la prolifération d'algues nuisibles à la Réunion. Rapport CORDET, 89 pp
10. Conand C., Larue M., Quod J-P, Conand F. & Turquet J. Bleaching in a western indian ocean island, La Reunion: a multi-scale approach . 9th int. Coral Reef symp. Bali, Indonésie, oct. 2000. (sous presse)
11. Conand C, Bigot L, Chabanet P, Quod J-P (2000b) Guidelines for Coral Reef Monitoring in the South-West region of the Indian Ocean. PRE/COI, 27 pp
12. Turquet J., Quod J.P., Pannetier S., Ramialiharisoa A., Ranaivoson G., Hurbungs M., Jeannoda V. (2000) Manuel méthodologique. Suivi et prévention des intoxications par consommation d'animaux marins dans le sud-ouest de l'océan Indien. Commission de l'Océan Indien, 50 pp.
13. Turquet J., Mirault E., Conand C, Conand F., Rard M., Cambert H.& Quod J-P (2001) Réponse au phénomène de blanchissement corallien observé à la Réunion en mars-avril 2001. Rapport APMR, 40 pp
14. Strong AE, Barrientos CS, Duda C, Sapper J (1996) Improved satellite techniques for monitoring coral reef bleaching, Proc 8th Int Coral Reef Symp, Panama 2 : 1495-1498
- 15 Strong A E , Kearns E J, Gjovig K K, (2000) Sea Surface Temperature Signals from Satellites - An Update., Geophys. Res. Lett. 27, (11) : 1667