



Élaboration de l'indicateur national de l'érosion côtière

**François HÉDOU¹, Amélie ROCHE¹, Céline TRMAL², Sabine MORAUD³,
Yann DENIAUD¹**

1. Cerema, direction Eau, mer et fleuves, 155, rue Pierre Bouguer – BP5, 29280 Plouzané, France.
francois.hedou@cerema.fr ; amelie.roche@cerema.fr ; yann.deniaud@cerema.fr
2. Cerema, direction Méditerranée, Pôle d'activités Les Milles, 30 avenue Albert Einstein, CS 70499, 13593 Aix-en-Provence CEDEX 03, France.
celine.trmal@cerema.fr
3. Ministère de la Transition écologique et solidaire, Tour Sequoia, 92055 La Défense CEDEX, France.
sabine.moraud@developpement-durable.gouv.fr

Résumé :

La *Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte* vise à mieux prendre en compte les effets de l'érosion côtière à travers des politiques publiques adaptées. Un objectif majeur de cette stratégie est de parvenir à une connaissance homogène de la mobilité du littoral français en produisant un indicateur de l'érosion côtière. Son élaboration repose sur la comparaison de marqueurs de position du trait de côte visibles sur des orthophographies récentes et anciennes. Ces marqueurs, choisis pour leur pérennité et leur bonne visibilité sur ces supports, ont été digitalisés au 1/2500 par plusieurs équipes du Cerema. La position et, si possible, le type d'ouvrage de protection du littoral ont également été levés. Les taux d'évolution sont calculés entre deux marqueurs datés, sur une période d'au moins 50 ans, selon des profils espacés tous les 200 mètres. L'analyse des résultats met en évidence un recul sur près de 20 % des profils où l'évolution a été mesurée (sur les régions françaises hors Guyane). Ces données géoréférencées permettent d'étudier à différentes échelles la localisation et la proportion de zones en recul. L'indicateur national de l'érosion côtière présente ainsi pour la première fois des résultats quantifiés et comparables entre eux sur l'ensemble des régions du littoral français et participe ainsi à la bonne prise en compte des phénomènes d'érosion dans les stratégies de gestion du trait de côte.

Mots-clés :

Trait de côte, Littoral, Evolution, Érosion, Accrétion, Dynamiques littorales, Étude diachronique, Ouvrages littoraux, Indicateur.

Thème 6 – Gestion durable des zones littorales et estuariennes

1. Introduction

Afin de disposer d'un état des lieux de l'évolution du trait de côte sur l'ensemble du littoral français, la *Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte* (SNGITC) a acté dans son programme d'actions 2012-2015 (MEDTL, 2012) la réalisation d'un indicateur national de l'érosion côtière. Pour son élaboration, une première approche s'est intéressée à la définition d'un index de vulnérabilité des côtes à l'érosion côtière fondé sur l'étude des principaux facteurs de forçage. Ce type d'approche est mené depuis les années 1990 sur les côtes américaines (GORNITZ, 1991) et a été appliqué sur de nombreux autres littoraux à des échelles régionales ou supra-régionales (VALPREDA & SIMEONI, 2003 ; DEL RIO & GRACIA, 2006). Le recueil des informations nécessaires à la production d'un index de vulnérabilité en métropole et dans les départements et régions d'outre-mer (DROM) a montré la grande hétérogénéité et parfois la disponibilité insuffisante des données pour une exploitation à l'échelle nationale. En accord avec le comité scientifique de la SNGITC, le choix s'est alors reporté sur une mesure directe des effets visibles de l'érosion en comparant les observations récentes et passées de marqueurs de position du trait de côte sur des orthophotographies dont les plus anciennes disponibles remontent aux années 1920. L'indicateur national représente ainsi la tendance passée de l'évolution de la position du trait de côte, quantifiée entre deux dates les plus éloignées possibles. Cet article a pour objet de présenter la méthode mise en œuvre pour la production de cet indicateur national et les analyses des données produites.

2. Méthodologie

2.1 Choix des supports et des marqueurs de position du trait de côte relevés

L'établissement d'une campagne de photo-interprétation à l'échelle nationale, sur des orthophotographies à deux dates éloignées de plusieurs décennies, a nécessité de choisir les supports les plus adaptés pour les périodes récentes et anciennes. Pour la période récente, le choix s'est porté sur l'Ortholittorale V2 (2010-2014) en particulier pour sa qualité de prise de vue de la zone littorale de métropole et la BD-Ortho® IGN. Pour la période ancienne (1920-1955), les choix se sont portés en priorité sur les orthophotographies provenant de la BD-Ortho®Historique de l'IGN et, à défaut de disponibilité, sur les archives traitées par le SHOM et l'Ifremer (© SHOM, Ifremer, photothèque nationale) dont l'ancienneté les rend parfois difficilement exploitable.

Le choix parmi les nombreux marqueurs de position du trait de côte existants (BOAK & TURNER, 2005) s'est appuyé sur leur visibilité sur ces supports et sur leur relative pérennité et représentativité à long terme quant à la cinématique des différents environnements côtiers. La limite de la végétation pérenne côté mer (côtes basses meubles et rocheuses) et la limite du haut de falaise (côtes à falaise rocheuse ou meuble en érosion) ont été privilégiées sur les côtes à marnage. Pour les côtes présentant un

marnage faible voire nul (<50 cm) comme en Méditerranée ou à la Réunion, les limites supérieures du jet de rive (côte basse meuble) et de la végétation pérenne côté mer (côte rocheuse) ont été choisies (ROCHE *et al.*, 2012). La limite du front de mangrove a été également retenue pour les DROM, en particulier en Guyane. À défaut d'observation de ces différents marqueurs, une quinzaine d'autres marqueurs comme les cordons de galets ou le pied de falaise a pu être utilisé sous réserve de leur bonne visibilité sur les orthophotographies de référence anciennes et récentes.

2.2 Digitalisations

Les marqueurs de position du trait de côte ont d'abord été digitalisés au 1/2500 sur les orthophotographies les plus récentes disponibles au moment de l'étude (de 2005 à 2014). Afin d'obtenir une comparaison fiable, les mêmes marqueurs ont ensuite été digitalisés sur les orthophotographies anciennes. Les ouvrages littoraux ont également été digitalisés au 1/2500 lorsqu'ils étaient visibles sur les photographies aériennes. Ces différentes digitalisations ne remontent cependant pas dans les estuaires ni dans l'intérieur des zones portuaires. De manière générale, elles ne concernent également pas les flèches sableuses dont l'évolution ne s'apparente pas toujours à un phénomène d'érosion et où les marqueurs d'évolution ne sont pas pérennes.

2.3 Calcul des taux d'évolution

Le calcul des taux d'évolution est réalisé selon des profils espacés de 200 mètres le long du rivage. Ces profils sont perpendiculaires à une ligne de base générée à partir de l'enveloppe formée par la position des marqueurs de position du trait de côte. La distance mesurée au droit de chaque profil entre les deux marqueurs de position de même type permet le calcul d'un taux d'évolution moyen, exprimé en mètre par an. Ce taux constitue le premier indicateur national de l'érosion côtière tel que défini dans le cadre du premier programme d'actions de la SNGITC. La construction des profils et les calculs des taux d'évolution ont été réalisés à l'aide du logiciel MobiTC développé par le Cerema (TRMAL *et al.*, 2012).

2.4 Vérification selon les connaissances locales

Les services déconcentrés de l'État en région ont été invités à signaler les secteurs pouvant présenter des incohérences de tendance d'évolution au regard des études locales à leur disposition. Les divergences recensées concernent 3,5 % des profils sur l'emprise observée en métropole et portent essentiellement sur des tendances d'évolution inversées dans des secteurs limités et sur des ouvrages non recensés. La plupart des réponses des services ont cependant signalé que les connaissances locales reposaient sur des périodes d'observation généralement différentes et plus courtes. Les vérifications menées ont ainsi conduit à des réinterprétations et corrections ponctuelles n'affectant que 1 % des profils.

Thème 6 – Gestion durable des zones littorales et estuariennes

3. Résultats

3.1 Marqueurs utilisés pour la position du trait de côte

Près de 6 220 kilomètres de trait de côte récent et 6 500 km de trait de côte anciens ont été digitalisés. Les marqueurs de position du trait de côte récent les plus utilisés concernent à 76 % les limites de végétation (dont le front de mangrove). Ce type de marqueur offre l'avantage d'être bien visibles sur les photographies aériennes anciennes en noir et blanc. La limite du jet de rive (12 %), le haut et le bas de falaise (8 %) et divers marqueurs (4 %) comme la limite du schorre sont également digitalisés.

3.2 Analyse de l'évolution du trait de côte

La méthode mise en œuvre a permis de générer 31 436 profils sur l'ensemble des littoraux du territoire national (métropole et DOM). Les taux d'évolution ont été calculés sur 22 979 profils (73,1 %) lorsque 2 marqueurs de position du trait de côte de même type recoupaient le même profil. Les résultats des calculs présentés sous format cartographique sont diffusés sous licence Etalab via le portail internet Géolittoral (CEREMA et MEDDE, 2015). Les taux d'évolution n'ont pas été calculés lorsque les profils recoupaient un ouvrage se substituant à au moins un marqueur (6 278 profils, 20 %), que la photographie ancienne était manquante ou inexploitable en raison de la présence de nuages ou d'une trop faible résolution (1 647 profils, 5,2 %) ou que les marqueurs étaient de natures différentes (modification trop importante des environnements littoraux, en particulier au niveau de certaines embouchures) ou totalement absents (532 profils, 1,7 %).

L'analyse de l'évolution du trait de côte n'inclut pas les observations effectuées sur le littoral Guyanais où la migration périodique d'importants bancs de sédiments provenant de l'Amazonie rend délicate toute interprétation des résultats. Elle montre que sur les 21 683 profils où l'évolution est mesurée (17 156 en métropole et 4 527 en outre-mer), 18,6 % sont en recul, 11,7 % sont en avancée et une large majorité (69,7 %) présentent une évolution qualifiée de "non perceptible" dans un intervalle $\pm 0,1$ m/an.

L'analyse de ces tendances d'évolution à l'échelle nationale selon la nature des côtes apporte un nouvel éclairage (voir figure 1). D'après les informations sur la géomorphologie apportées par le projet EUROSION (CE, 2004) et complétées par le Cerema pour la Martinique, la Réunion et Mayotte selon une typologie identique, les côtes à falaise ou rocheuses représentent la moitié (54 %) des environnements naturels au droit des profils de l'indicateur national. Leur évolution apparaît très majoritairement comme non perceptible (93 % des profils) sur la période de référence du calcul des valeurs de l'indicateur national. Les côtes d'accumulation sableuses représentent quant à elles 41 % des environnements naturels au droit des points de mesure et présentent des évolutions plus importantes et les plus contrastées avec 37 % des profils de calcul en recul, 23 % en avancée et 40 % sans évolution perceptible.

*XV^{èmes} Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil
La Rochelle, 29 au 31 mai 2018*

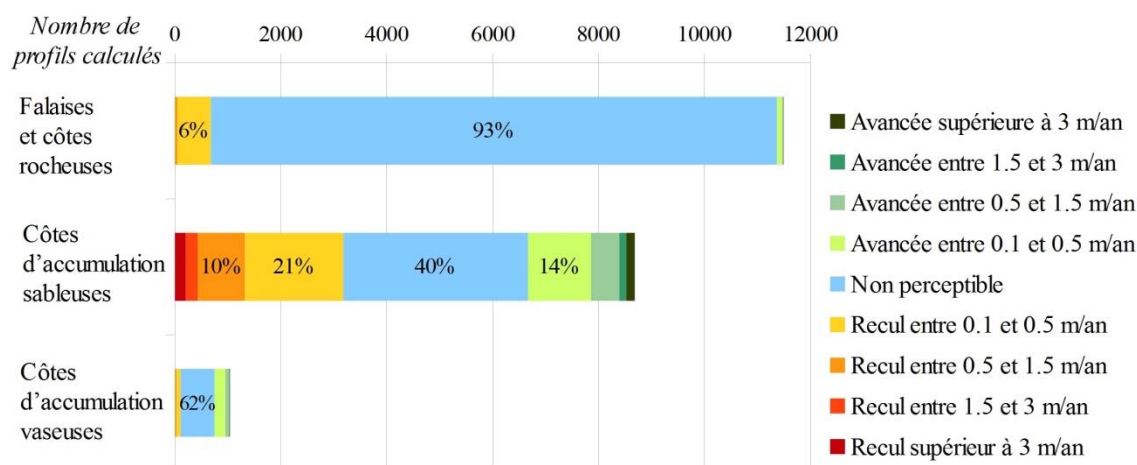


Figure 1. Evolution du trait de côte au niveau national (métropole et DROM – hors Guyane) selon des classes de géomorphologie (Cerema et MEDDE, 2015 ; CE, 2004).

L'analyse des résultats par région administrative (figure 2) montre que toutes les régions sont affectées par le recul du trait de côte mais selon des proportions très diverses.

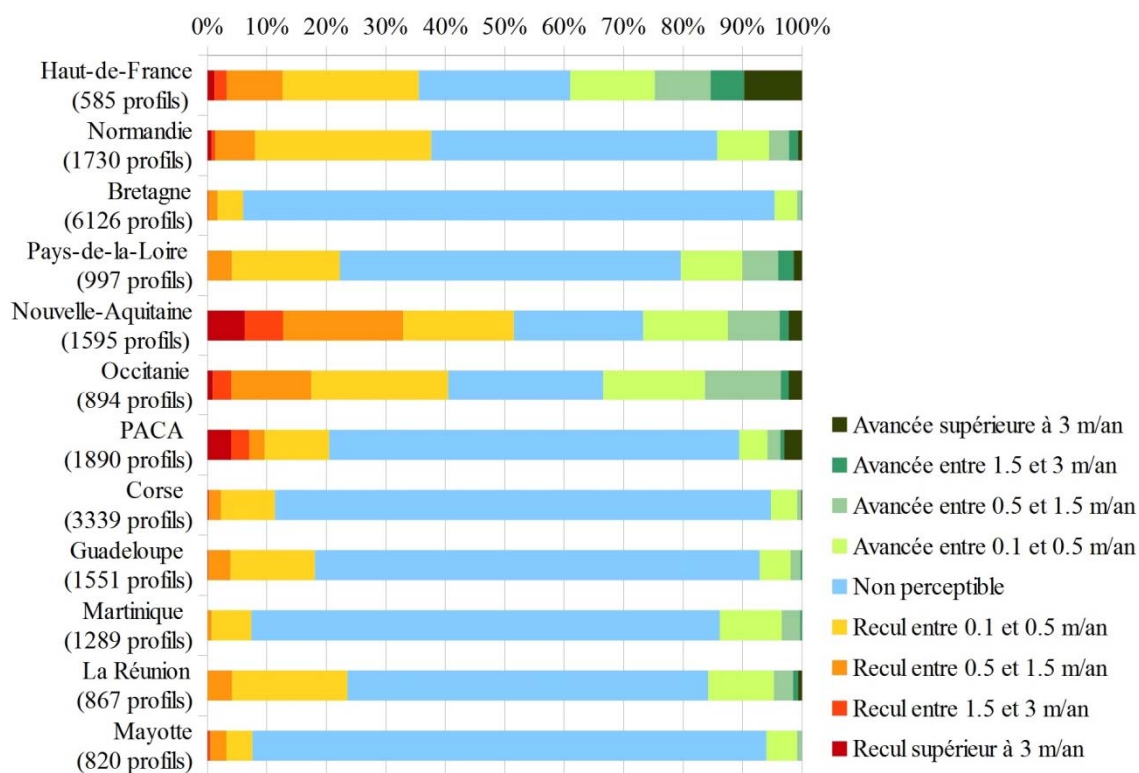


Figure 2. Evolution du trait de côte par région administrative (hors Guyane).

Thème 6 – Gestion durable des zones littorales et estuariennes

La Nouvelle-Aquitaine voit la moitié de ses profils en recul (52 %) et 3 régions (Hauts-de-France, Normandie et Occitanie) possèdent entre 35 et 40 % de leurs profils en recul (respectivement 35 %, 38 % et 40 %). La Nouvelle-Aquitaine connaît également la plus forte proportion de profils où les reculs sont très importants (12 % des profils possèdent des reculs supérieurs à 1,5 m/an). Avec moins de 10 % de leurs profils en recul, la Bretagne, la Martinique et Mayotte sont les régions les moins impactées.

3.3 Une première cartographie nationale des ouvrages littoraux

En complément de l'étude de l'évolution du trait de côte, les ouvrages littoraux observables sur les orthophotographies ont également été digitalisés. Dans le cadre du programme d'actions 2017-2019 de la SNGITC, ces digitalisations ont été complétées par l'observation de la BD-ortho HR de l'IGN dont la résolution permet une meilleure reconnaissance des ouvrages et par l'analyse des informations issues de bases locales constituées par certains services déconcentrés de l'État. Les informations collectées et mise à disposition sous forme d'une couche de données d'information géographique comprennent principalement la position des ouvrages, leur orientation, leur type et leur date de visibilité sur les séries d'orthophotographies étudiées. Cette cartographie fournit une première vision homogène du patrimoine des ouvrages littoraux à l'échelle nationale (CEREMA et MTES, 2017). Elle révèle un total de près de 16 000 ouvrages et aménagements côtiers, pour un linéaire cumulé de 2 300 km.

4. Limites de la méthode

La méthode d'élaboration de l'indicateur national a été choisie pour disposer d'informations homogènes et comparables sur les côtes françaises. Elle peut, par conséquent, différer de celles mises en œuvre dans des études plus locales, notamment s'agissant des échelles de temps et d'espace utilisées, conduisant, dans certains cas, à quelques divergences de résultats. Ces divergences ne remettent pas en cause la pertinence des résultats, l'indicateur n'ayant pas vocation à remplacer ces études qui permettent de caractériser plus précisément l'évolution du trait de côte.

Comme pour la majorité des études traitant de l'évolution historique du trait de côte, la principale limite méthodologique est liée à l'utilisation d'une simple ligne pour représenter l'évolution d'un milieu très complexe composé d'environnements différents interagissant entre-eux à différentes échelles spatio-temporelles. Les traits de côte produits dans le cadre de cette étude sont des traits de côte interprétés, dépendant des variations de l'environnement côtier et des choix de marqueur de l'opérateur. Ces relevés sont par ailleurs inévitablement entachés d'incertitudes dont une estimation de l'ordre de grandeur a été systématiquement proposée à dire d'expert par les opérateurs de saisie, en tenant compte notamment de la résolution de l'orthophotographie utilisée, de son calage géométrique et de la visibilité des marqueurs de position du trait de côte relevés.

Les calculs d'évolution, effectués entre deux dates éloignées de plusieurs décennies, correspondent à une évolution séculaire où les effets ponctuels des tempêtes courantes sur l'évolution générale des côtes d'accumulation et la variabilité inter-annuelle du trait de côte sont lissés. Les dynamiques d'évolution du trait de côte au sein de la période observée ne sont donc pas étudiées et les potentiels changements récents de dynamique ne peuvent pas être bien restitués. La valeur des taux obtenus est très généralement représentative de la mobilité du trait de côte à 100 mètres de part et d'autre du point de calcul. Mais dans certains contextes, comme celui des falaises rocheuses, le calcul peut afficher une évolution liée à un éboulement ponctuel alors que la falaise n'a pas évolué ailleurs (l'inverse est également possible). Enfin, les taux calculés prennent en compte de fait l'influence des aménagements côtiers dans les évolutions du trait de côte, sans qu'il soit possible, dans le cadre de cette étude, de quantifier leurs contributions aux processus érosifs.

5. Conclusion

L'indicateur national de l'érosion côtière apporte une première quantification homogène de l'évolution du trait de côte, complémentaire aux études locales menées sur des périodes temporelles différentes et selon des méthodologies bien souvent distinctes d'une région à l'autre. Ces connaissances restent cependant à approfondir avec d'une part la prise en compte de nouvelles orthophotographies afin de mieux apprécier les dynamiques d'évolution du trait de côte et d'autre part l'intégration de modèles numériques altimétriques continus terre-mer pour la compréhension du déplacement des volumes sédimentaires sur la frange littorale. Le réseau national des observatoires du trait de côte, qui a vocation à réunir les structures assurant la production et/ou l'utilisation de données relatives au trait de côte et qui sera concrètement mis en place pendant l'année 2018, pourrait constituer un lieu d'échanges adapté pour définir ces modalités de mise à jour.

6. Remerciements

La réalisation de l'indicateur national de l'érosion côtière repose sur l'investissement de 6 directions du Cerema : Eau mer et Fleuves, Nord-Picardie, Normandie-Centre, Ouest, Sud-Ouest et Méditerranée. Les auteurs remercient particulièrement : Raphaël BÉNOT, Nathalie BERENGER, Alexis BERNARD, Bleuenn BODIN, Hervé BOZEC, Florent COLLIN, Noémie COUDRAY, Stéphanie DETOURBE, Agnès GOMEZ, Yan GUIRRIEC, Jean-Philippe HAMON, Magali JOUAS, Christelle LESTRÉHAN, Jean-François MAHÉ, Jean-Paul MASSET, Caroline MAURIN, Sandra ORFEO, Frédéric PONS, Jérôme REVEL, Isabelle ROUX, Vincent VANCRAENENBROECK, Émeric VEDIÉ et Pierre VIGNE.

Thème 6 – Gestion durable des zones littorales et estuariennes

7. Références bibliographiques

BOAK E. H., TURNER I. L. (2005). *Shoreline definition and detection: a review*. Journal of Coastal Research, Vol. 21, n°4, pp 688-703. West Palm Beach (Florida), ISSN : 0749-0208. <https://doi.org/10.2112/03-0071.1>

CE (Commission Européenne) (2004). *Living with coastal erosion in Europe: Sediment and space for sustainability*. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, Part I “Major findings and policy recommendations of the EUROSION project”, 10 May 2004, 54 p.; Part II “Maps and statistics”, 29 May 2004, 25 p.

CEREMA (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement), MEDDE (Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie) (2015). *Cartographie de l'indicateur national de l'érosion côtière*. <http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/indicateur-national-de-l-erosion-cotiere-r473.html>

CEREMA (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement), MTES (Ministère de la Transition écologique et solidaire). (2017). *Cartographie nationale des ouvrages et aménagements littoraux*. <http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/cartographie-nationale-des-ouvrages-et-r502.html>

DEL RIO L., GRACIA F. J. (2009). *Erosion risk assessment of active coastal cliffs in temperate environments*. Geomorphology, Vol. 112, n° 1-2, pp 82-95. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.05.009>

GORNITZ V. (1991). *Global coastal hazards from future sea level rise*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Vol. 89, n°4, pp 379-398. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(91\)90173-O](https://doi.org/10.1016/0031-0182(91)90173-O)

MEDTL (Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement) (2012). *Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte – Programme d'actions 2012-2015*. <http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/strategie-nationale-de-gestion-integree-du-trait-r434.html>

ROCHE A., AZZAM C., DENIAUD Y., DETOURBE S., DEVAUX E., OLIVEROS C., PERHERIN C., RAOUT F., REVEL J., TRMAL C., VIGNE P. (2012). *Pour un socle commun des connaissances sur l'évolution du littoral : l'actualisation des “Catalogues sédimentologiques des côtes françaises”*. XIIèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Cherbourg. <https://doi.org/10.5150/jngcgc.2012.043-R>

TRMAL C., PONS F., SABATIER F. (2012). *MobiTC, outil de calcul automatique de l'évolution historique du trait de côte : exemples sur 3 types de morphologies côtières*. XIIIèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Cherbourg. <https://doi.org/10.5150/jngcgc.2012.055-T>

VALPRED A., SIMEONI U. (2003). *Assessment of coastal erosion susceptibility at the national scale : the Italian case*. J Coastal Conserv, Vol. 9(1), pp 43-48. [https://doi.org/10.1652/1400-0350\(2003\)009\[0043:AOCESA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1652/1400-0350(2003)009[0043:AOCESA]2.0.CO;2)