

# L'irréductible diversité des indices et indicateurs de biodiversité

Par Denis COUVET\*

**Un large éventail d'indicateurs de biodiversité permet de construire et d'évaluer les politiques publiques et de sensibiliser les différents publics. En complément apparaît la nécessité de disposer d'indicateurs évaluant l'impact de chaque acteur, qui soient robustes et déclinables à une échelle locale.**

**Couplée à des indicateurs de pression locale (tels que l'HANPP – *Human Appropriation of Net Primary Production*), la caractérisation de l'état des communautés animales et végétales pourrait répondre à ce cahier des charges.**

**Nous soulignerons l'importance de la coordination entre acteurs combinant l'expérimentation de nouveaux indices et l'obtention d'un accord entre les parties prenantes sur des indicateurs. Les indicateurs devraient plutôt caractériser des processus qu'être de simples descripteurs, afin d'être utilisables dans le cadre de scénarios. Ces indicateurs devraient notamment évaluer la réponse de la biodiversité aux changements globaux, c'est-à-dire ses capacités adaptatives.**

**Enfin, les systèmes d'observation nécessaires à la documentation de ces indicateurs ont une importance cruciale et pourraient faire l'objet d'une mutualisation des moyens entre les acteurs concernés.**

## Introduction

La biodiversité est un objet d'observation complexe. Les niveaux d'organisation biologique sont multiples (individus, populations, écosystèmes, paysages) et en interaction avec de nombreux acteurs. Les concepts de diversité biologique et de service écosystémique visent à éclairer et à analyser cette complexité. Ils soulignent la diversité des représentations et des enjeux.

Dans ce cadre, les indicateurs ont une fonction essentielle de synthèse et de quantification des informations portant sur la biodiversité, permettant ainsi l'analyse de son état et de sa dynamique.

Nous examinerons ici quels sont les nouveaux indicateurs (que nous qualifierons d'« indicateurs de seconde génération ») permettant de mieux répondre à la demande des acteurs socio-économiques.

## Un état des lieux

La Convention pour la diversité biologique (CBD) a pris l'initiative en proposant un éventail d'indicateurs « phares » devant éclairer ses trois objectifs de préservation (voir le tableau 1 de la page suivante).

Ces indicateurs « phares » ont souvent une large définition s'appuyant sur des indicateurs « complémentaires ». Ainsi, l'indicateur « phare » de la CBD *Tendances de l'abondance et de la répartition des espèces sélectionnées* s'appuie le plus souvent sur le *Living Planet Index* (LPI) et sur le *Farmland Bird Index* (FBI). Etant donné la diversité des espèces sélectionnables, des manières de les regrouper, cet indicateur pourrait être complété de nombreuses manières.

Caractérisant les interactions entre biodiversité et sociétés, ces indicateurs se rangent selon trois catégories : a) les pressions s'exerçant sur la biodiversité, b) l'état de cette dernière et, enfin, c) les réponses apportées par les sociétés et les acteurs.

Ainsi, les thèmes A et D du tableau 1 de la page suivante comprennent des indicateurs phares de l'état de la biodiversité, le thème B les indicateurs des réponses apportées à la dégradation de la biodiversité et le thème C ceux relatifs aux menaces. La liste des menaces et des réponses apportées reste très incomplète, celle relative aux états de la biodiversité est imprécise, pouvant ainsi faire l'objet de nombreux indices complémentaires (voir *infra*).

En compilant ces indicateurs « phares », Butchard et *al.* (2010) montrent une dégradation de l'état de la biodiversité et une augmentation des pressions ainsi que des réponses

Thèmes biodiversité	Indicateurs « phares »
A. Situation et tendances des composantes de la diversité biologique	1. Tendances de l'étendue des biomes, des écosystèmes et des habitats
	2. Tendances de l'abondance et de la répartition des espèces sélectionnées
	3. Couverture des aires protégées
	4. Changement de statut des espèces menacées
	5. Tendances de la diversité génétique des animaux domestiques, des plantes cultivées et des espèces de poissons d'importance socio-économique
B. Utilisation durable	6. Régions d'écosystèmes forestiers, agricoles et d'aquaculture gérées de façon durable
	7. <i>Proportion des produits dérivés de sources durables</i>
	8. <i>Empreinte écologique et concepts liés</i>
C. Menaces sur la biodiversité	9. Dépôts d'azote
	10. Tendances relatives aux espèces exotiques envahissantes
D. Intégrité des écosystèmes et biens et services dérivés des écosystèmes	11. Indice trophique marin
	12. Qualité de l'eau des écosystèmes d'eau douce
	13. <i>Intégrité trophique d'autres écosystèmes</i>
	14. Connectivité/fragmentation des écosystèmes
	15. <i>Incidence de défaillances des écosystèmes induites par les activités anthropiques</i>
	16. <i>Santé et bien-être des communautés qui dépendent directement des biens et services des écosystèmes locaux</i>
	17. <i>Biodiversité pour l'alimentation et la médecine</i>

**Tableau 1** : Indicateurs phares proposés par la CBD. *En italique, les indicateurs provisoires, qui demandent plus de développement* (<http://www.cbd.int/2010-target/framework/indicators.shtml>).

apportées, ces dernières n'étant manifestement pas suffisantes.

### *Indicateurs de biodiversité et politiques publiques*

Ces indicateurs ont ensuite été déclinés à l'échelle régionale, avec l'initiative européenne SEBI, puis aux échelles nationales (avec l'Observatoire National de la Biodiversité – ONB, en France), voire à des échelles plus locales. En quantifiant, en hiérarchisant les pressions, les menaces, et en évaluant l'efficacité des réponses, ils aident à concevoir des politiques publiques à ces différentes échelles. Ce sont aussi des outils de sensibilisation du public le plus large au thème de la préservation de la biodiversité, devant favoriser le soutien de ce dernier aux politiques environnementales.

### **Des indicateurs de seconde génération marquant un passage de politiques publiques à des stratégies d'acteurs**

Une des ambitions des premiers indicateurs a été de synthétiser les impacts de l'ensemble des acteurs sur la biodi-

versité (voir par exemple BUTCHARD et al., 2010). Lorsque les politiques publiques auxquelles ils ont contribué sont en place, d'autres indicateurs évaluant l'impact de chaque acteur deviennent nécessaires.

Ces indicateurs dits de « seconde génération » doivent aider chaque acteur à évaluer sa responsabilité environnementale et à revoir ses pratiques en conséquence. Dans le cadre d'une gestion adaptative (GUNDERSON & HOLLING, 2002), ce serait des instruments de concertation, de négociation et d'arbitrage entre acteurs, notamment entre fournisseurs et bénéficiaires de services écosystémiques.

Construire de tels indicateurs est une tâche redoutable, car la rigueur de leur construction, leur robustesse, ainsi que leur légitimité sociale et scientifique, sont des qualités essentielles. En effet, leurs implications socio-économiques sont potentiellement importantes ; les systèmes d'incitation choisis par les politiques publiques (lois, permis, taxes et/ou fiscalité éco-conditionnelle) devraient d'ailleurs s'appuyer sur l'information apportée par ces indicateurs.

Ces indicateurs devraient donc permettre d'évaluer localement, d'une part, l'état de la biodiversité et, d'autre part,

les pressions des autres acteurs. Nous aborderons successivement ces deux points.

### Les indicateurs d'état des communautés

L'état des communautés biologiques – ensembles d'espèces proches d'un point de vue écologique et phylogénétique, présentes sur un même site – devrait donner naissance à de nombreux indicateurs de seconde génération, et ce pour plusieurs raisons :

- ✓ Englobant un certain nombre d'espèces, l'étude de ces qualités moyennes est moins sujette aux effets du hasard que la dynamique d'une seule espèce, et elle n'est pas liée à l'idiosyncrasie de cette dernière. Certains de ces indicateurs ont été utilisés de manière probante à échelle locale (par exemple, à l'échelle de l'exploitation agricole) (FILIPPI-CODACCIONI et al., 2011).
- ✓ L'état des communautés caractérise le fonctionnement des écosystèmes et des services écosystémiques, une information d'importance majeure lorsqu'il s'agit de caractériser la biodiversité.
- ✓ Ces indicateurs « communautés » peuvent être déclinés aux différentes échelles spatiales, du local au global, assurant ainsi une continuité, et donc une synergie, des travaux entrepris par les différents acteurs de la CBD, depuis les Etats jusqu'aux entrepreneurs locaux.
- ✓ Les communautés varient rapidement et largement de par les changements de leur composition. Cette fluidité de leur état ouvre de nombreuses possibilités de caractériser leurs réponses aux changements globaux, un facteur essentiel de la résilience des écosystèmes (voir également *infra*).

Un autre avantage de ce type d'indicateur est de permettre de caractériser une communauté de plusieurs

manières, répondant ainsi à la diversité des demandes des acteurs (mais nous verrons plus loin les inconvénients de cette pluralité d'approches).

- ✓ D'une part, selon le groupe biologique considéré, choisi pour son importance fonctionnelle et sociale, la collecte des informations nécessaires peut être plus ou moins aisée. Geo-Bon ([www.earthobservations.org](http://www.earthobservations.org)), un organisme fédérant mondialement les réseaux d'observation de la biodiversité, recense les possibilités majeures pour opérer un tel choix (voir le tableau 2 ci-dessous).
- ✓ D'autre part, le groupe biologique peut être choisi en fonction des propriétés de la communauté considérée (diversité biologique, fonctions des écosystèmes ou des services écosystémiques). En effet, en connaissant l'abondance relative des espèces dans une communauté donnée, on peut en caractériser les différentes propriétés en considérant différents traits biologiques propres à ces espèces. Ces traits peuvent être la place phylogénétique occupée par l'espèce ou des traits de nature écologique, comme la spécialisation à l'habitat, l'affinité thermique ou le régime alimentaire. Les informations portant sur ces traits sont le plus souvent disponibles, notamment dans les bases de données de la Gbif (*Global Biodiversity Information Facility* – [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

Les groupes biologiques caractérisés et la propriété à évaluer devraient être soigneusement choisis. La hiérarchie entre écosystèmes en termes de menaces, d'état, varient selon la propriété considérée. Ainsi, dans les scénarios liant agriculture et biodiversité, la diversité spécifique et la spécialisation divergent à l'échelle locale (KERBIRIOU et al., 2009), ou encore à échelle nationale (MOUYSET et al., 2011). Cette hiérarchie pourrait aussi dépendre des groupes biologiques caractérisés.

Type d'espèces	Groupe biologique concerné
Patrimoniales, objets de conventions	Espèces relevant des directives « Oiseaux » et « Habitats », oiseaux migrants, grands mammifères marins, tortues marines,...
Nature ordinaire	Oiseaux, batraciens, papillons, chauve-souris, lichens, plantes,...
Groupes fonctionnels clés	Pollinisateurs, faune du sol, producteurs primaires, herbivores, super-prédateurs, détritviores,...
Pathogènes et ravageurs	Insectes vecteurs, tiques, rongeurs, criquets, insectes ravageurs (piéride, chrysmèle,...), plantes adventices, algues toxiques, méduses,...
Domestiques et exploitées	Plantes et animaux domestiqués, espèces chassées et pêchées, espèces forestières
Groupes reliques	Fougères, cycadales, crocodiles, ascidies

Tableau 2 : Groupes biologiques permettant de caractériser l'état de la biodiversité : propositions de Geo-Bon.

### Indicateurs de pression

Pour étalonner ses pratiques, chaque acteur doit pouvoir évaluer l'impact des autres acteurs, mais aussi les effets collatéraux des socio-écosystèmes plus ou moins éloignés (notamment à travers les services de régulation, la pollinisation ou la purification des eaux).

Un indicateur de type « empreinte écologique », tel que l'HANPP (*appropriation humaine de la production primaire nette*), semble une possibilité intéressante. Cet indicateur évalue les ressources qui restent disponibles pour l'ensemble de la biodiversité après consommation humaine (COUVET et TEYSSÈDRE, 2010). La documentation de cet indicateur pourrait s'appuyer sur les analyses de cycles de vie et sur l'analyse des images issues de la télédétection. La comparaison entre écosystèmes, selon la présence (ou non) d'un acteur, ses pratiques, aiderait alors à établir l'impact de ce dernier.

Par ailleurs, l'HANPP pourrait aider à différencier les objectifs de préservation de la biodiversité, qui devraient être d'autant plus ambitieux que l'HANPP diminue. En présence d'un effet de seuil (voir la figure 1, courbe B), cet indicateur pourrait par ailleurs être un indicateur de résilience des écosystèmes. Des mesures de préservation s'imposeraient d'autant plus que l'écosystème étudié se rapprocherait de ce seuil.

### Des indices aux indicateurs

Chaque acteur pourrait être incité à développer ses propres indicateurs dans un souci de précision scientifique,

de communication, de légitimation de ses actions ou encore de compétitivité (dans la sphère entrepreneuriale). La prolifération d'indicateurs candidats affaiblirait leur rôle crucial de diminution des coûts de transaction entre acteurs s'appuyant sur une métrique commune.

En effet, pour jouer leur fonction d'arbitrage, les indicateurs doivent être validés par l'ensemble des parties prenantes, un processus de nature politique potentiellement conflictuel. En sollicitant l'ensemble des acteurs pour développer des indicateurs, l'*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (IPBES) pourrait être pour ces derniers un outil puissant de validation. Elle pourrait notamment organiser cette validation en s'adressant à chacun des groupes sociaux répertoriés par l'*United Nations Environment Programme* – UNEP ([www.unep.org](http://www.unep.org)).

Dans un souci de clarté, on pourrait distinguer des indicateurs des « indices » résultant d'un travail de métrologie de la biodiversité qui n'a pas encore donné lieu à une validation collective. Les indices sont nécessairement plus nombreux que les indicateurs ; plus proches de la recherche, ils sont candidats pour devenir des indicateurs. Les indicateurs sont l'objet de politiques publiques, tandis que les indices pourraient suggérer de nouvelles politiques.

### Perspectives

Enfin, nous examinerons quatre perspectives à ne pas négliger dans le développement des indices et des indicateurs.

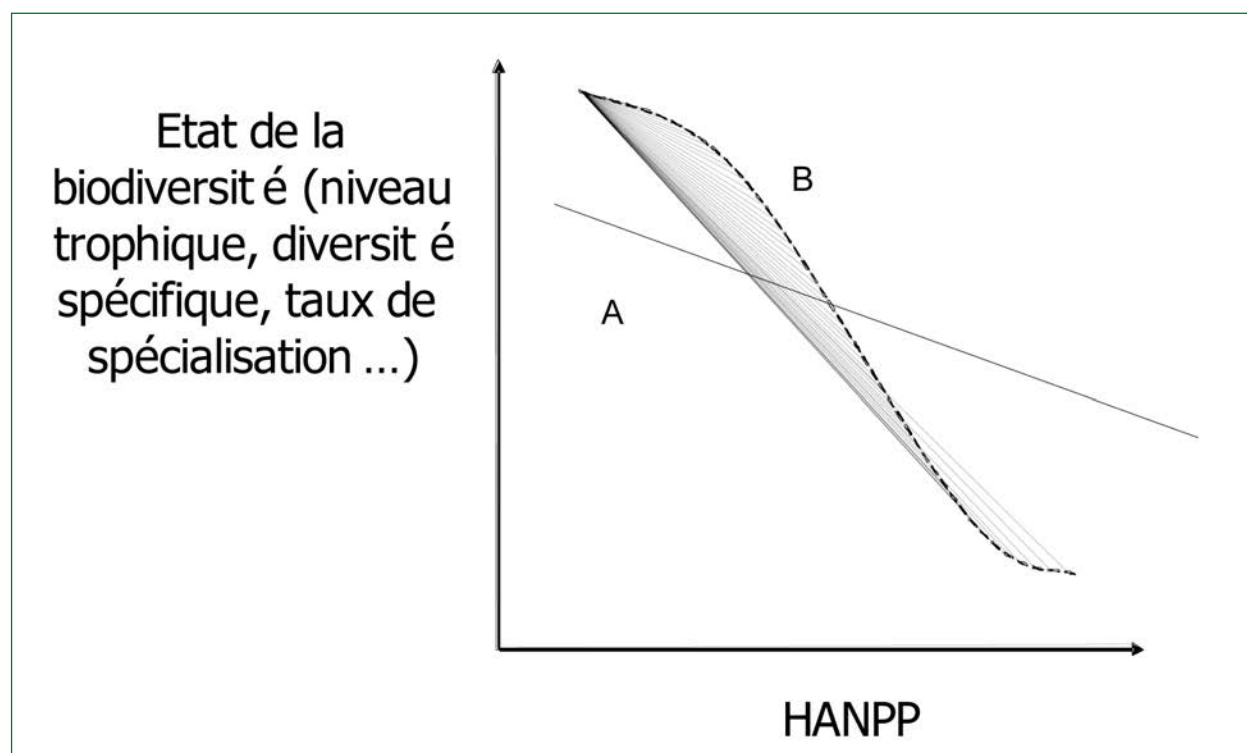


Figure 1 : Deux relations possibles entre HANPP et état de la biodiversité.

### Indices et représentation d'interactions complexes

Les travaux portant sur les indices devraient aussi porter sur les mécanismes complexes liant la biodiversité et les sociétés. Ainsi, caractériser le lien probable entre maladies multifactorielles (allergies, diabète, cancers,...) et la qualité de l'environnement et de la biodiversité. Ou, de manière plus générale, la relation probable entre les services écosystémiques et la diversité biologique (par exemple, la relation entre le stockage du carbone et la diversité des peuplements forestiers, entre la qualité de la pollinisation et la diversité des cultures, ou encore entre le contrôle des ravageurs et l'état des chaînes trophiques). Il s'agit aussi d'évaluer l'effet parfois délocalisé des services écosystémiques, par exemple, l'effet des écosystèmes amont vis-à-vis de la régulation hydrique dans les écosystèmes aval. Les indices, dont il est aisé de caractériser la variance, pourraient être des candidats indicateurs de résilience des écosystèmes, l'augmentation de la variance des variables écosystémiques semblant être une propriété des écosystèmes proches de leur point de basculement (CARPENTER & BROCK, 2006).

Ces développements ont un intérêt scientifique et social. Ils doivent s'appuyer sur les capacités d'innovation des acteurs et répondre à des enjeux peu ou non identifiés par l'action publique.

### Indicateurs et scénarios

Alors que les indicateurs permettent d'évaluer l'effet d'actions politiques passées, les scénarios tentent d'anticiper l'effet des actions politiques actuellement proposées ou à venir. L'utilisation des indicateurs par les scénarios met en synergie les connaissances acquises dans ces deux domaines. Par conséquent, les indicateurs les plus utiles, car pérennes, pourraient être ceux qui représentent les mécanismes modélisés par des scénarios.

### Les indicateurs de dynamique de la biodiversité : une mesure de son adaptabilité ?

Les entités biologiques (populations, communautés, espèces,...) répondent aux changements globaux. Alors que les extinctions d'espèces illustrent le fait que la biodiversité souffre de ces changements, d'autres réponses pourraient suggérer une adaptation de celle-ci contribuant à la résilience des écosystèmes. En d'autres termes, la réponse de la biodiversité aux changements globaux demande à être scrutée avec attention afin de discerner ses composantes adaptatives en vue de leur majoration.

La réponse au changement climatique est sans doute la plus facile à étudier étant donné l'universalité de ce changement et sa relative régularité par rapport à d'autres changements plus localisés dans l'espace, tels que l'eutrophisation ou la fragmentation.

Deux indicateurs ont été proposés pour examiner cette réponse :

- ✓ a) La comparaison des espèces censées bénéficier du changement climatique, parce que leur aire de distribution est appelée à s'accroître, avec les espèces censées souffrir de ces changements, qui, elles, verraient leur aire se réduire. Cet indicateur montre une différence croissante de dynamique entre ces deux types d'espèces chez les oiseaux, à l'échelle européenne (GREGORY et al., 2009). Cet indicateur confirme les scénarios suggérant la faible capacité d'adaptation des espèces dont l'aire de distribution est appelée à se réduire ;
- ✓ b) Le rythme du déplacement des aires de distribution vers des latitudes plus élevées. Cet indicateur montre que les plantes de plaines (BERTRAND et al., 2011), les oiseaux et les papillons (DEVICTOR et al., 2012) se déplacent moins vite que leur optimum thermique, confirmant ainsi des difficultés de réponse et l'émergence de déséquilibres dans les chaînes trophiques. Les caractéristiques biologiques des espèces qui se déplacent le plus aisément restent à déterminer. Elles devraient orienter les mesures de gestion facilitant la réponse de la biodiversité au changement climatique.

Dans la même veine, des indicateurs de réponse aux autres changements globaux (eutrophisation, fragmentation, surexploitation) sont actuellement développés ou restent à développer. Ces indicateurs demanderont à être déclinés à l'échelle locale, abondant ainsi les indicateurs de seconde génération.

### Suivi et documentation des indices et des indicateurs

Les informations documentant les indicateurs sont souvent complexes et leur mesure est peu automatisable, ce qui demande un travail humain significatif. Ces difficultés devraient inciter les acteurs à regrouper leurs efforts en termes de méthodologie et de collecte des données, et notamment à éviter une prolifération d'indices.

En ce qui concerne les systèmes d'observation, la coordination en cours des acteurs aux différentes échelles (voir, par exemple, l'initiative nationale de l'Ecoscope portée par la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité – FRB) semble prometteuse. Une mutualisation des moyens permettrait à chaque acteur de bénéficier des initiatives des autres acteurs, de « brancher » ses propres initiatives et ses propres sites d'observation sur un réseau existant. Cette mise en commun permettrait de multiplier les comparaisons, renforçant ainsi les interprétations et les conclusions au profit de l'ensemble des acteurs.

### Note

\* Professeur au Muséum, directeur de l'UMR 7204 MNHN-CNRS-UPMC « Conservation des espèces, restauration et suivi des populations », Ingénieur Agronome et habilité à diriger des recherches en écologie et en sciences de l'évolution.  
Adresse courriel : couvet@mnhn.fr

### Bibliographie

BERTRAND (R.), LENOIR (J.), PIEDALLU (C.), RIOFRIO-DILLON (G.), de RUFFRAY (P.) & *al.*, "Changes in plant community composition lag behind climate warming in lowland forests", *Nature*, 479, pp. 517-20, 2011.

BUTCHARD & *al.*, "Global biodiversity: indicators of recent declines", *Science*, 28, 328, 2010.

CARPENTER (S.R.) & BROCK (W.A.), "Rising variance: A leading indicator of ecological transition", *Ecology letters*, 9, pp. 311-318, 2006.

COUVET (D.) & TEYSSÈDRE (A.). *Ecologie et biodiversité*, Belin, 336 pages, 2010.

DEVICTOR (V.), VAN SWAAY (C.), BRERETON (T.), BROTONS (L.), CHAMBERLAIN (D.), HELIÖLÄ (J.), HERRANDO (S.), JULLIARD (R.), KUUSSAARI (M.), LINDSTRÖM (A.), REIF (J.), ROY (D.B.), SCHWEIGER (O.), SETTELE (J.), STEFANESCU (C.), VAN STRIEN (A.), VAN TURNHOUT (C.), VERMOUZEK (Z.), WALLISDEVRIES (M.), WYNHOFF (I.) & JIGUET (F.), "Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale", *Nature Climate Change*, 2, pp. 121-124, 2012.

FILIPPI-CODACCIONI (O.), DEVICTOR (V.), BAS (Y.), CLOBERT (J.) & JULLIARD (R.), "Specialist response to proportion of arable land and pesticide input in agricultural landscapes", *Biological Conservation*, 143, pp. 883-890, 2010.

GREGORY (R.D.), WILLIS (S.G.), JIGUET (F.), VOŘÍŠEK (P.), KLVAŇOVÁ (A.), VAN STRIEN (A.), HUNTLEY (B.), COLLINGHAM (Y.C.), COUVET (D.) & GREEN (R.E.), *An Indicator of the Impact of Climatic Change on European Bird Populations*, PLoS ONE 4(3): e4678, 2009.

GUNDERSON (L.H.) & HOLLING (C.S.), *Panarchy. Understanding Transformations in Human and Natural Systems*, Washington D.C., 507 p., Island Press eds., 2002.

KERBIRIOU (C.), LEVIOL (I.), JIGUET (F.) & DEVICTOR (V.), "More species, fewer specialists: 100 years of changes in community composition", in *An island-biogeographical study. Diversity and Distribution*, 15, pp. 641-648, 2009.

MOUYSET (L.), DOYEN (L.), JIGUET (F.), ALLAIRE (G.) & LEGER (F.), "Bio-economic modeling for a sustainable management of biodiversity and agriculture", *Ecological Economics*, 70, 4, pp. 617-626, 2011.