

LES RISQUES DE DISPARITION D'ECOSYSTEMES LITTORAUX EN MEDITERRANEE

**ANALYSE PROSPECTIVE DANS
LES ALPES-MARITIMES ET EN LIGURIE**

Carine DUFRESNE

**Thèse de doctorat de l'université de Nice-Sophia-Antipolis sous la direction du
professeur André Dauphiné**

La complexité des systèmes naturels, l'urgence des réponses à apporter face aux risques actuels, naturels ou technologiques, et l'impossibilité de disposer de connaissances suffisantes pour orienter les stratégies d'avenir rendent l'homme vulnérable face à l'évolution de son environnement. Souvent, il s'interroge sur l'attitude à adopter face aux évolutions prochaines des systèmes qui l'entourent. L'avenir fut longtemps imaginé par référence au passé comme si l'avenir allait le reproduire ou le prolonger. Ce que l'homme observe actuellement ne se perpétuera pas forcément à l'identique. Les analyses prospectives se présentent alors comme de précieux outils pour projeter les systèmes dans un futur proche ou lointain. Cependant, le champ de recherche en prospective, dans les domaines de la géographie et de l'écologie, est encore peu exploré.

Cette thèse s'est alors attachée à développer une méthode prospective, avec une application sur une problématique environnementale : le risque de voir disparaître les écosystèmes littoraux dans les Alpes-Maritimes. L'originalité de cette méthode repose sur la détection des relations inter et intrasystémiques, sur la prise en considération du jeu des acteurs intervenant dans les processus de décision, sur l'intégration d'hypothèses relevant de domaines bien séparés tels que l'écologie, la géographie et l'aménagement et sur la proposition de scénarios. Cette méthode prospective appelée « méthode des scénarios » est systémique, multidimensionnelle et transdisciplinaire ; elle s'adresse à l'ensemble de la communauté scientifique et aux gestionnaires de l'environnement. Le support, formalisé et explicité dans cette recherche, est certes discutable mais il est exploitable dans un cadre pluridisciplinaire. Il peut être réitéré en totalité ou partiellement selon les études de cas. Les outils disponibles, utilisés lors des différentes étapes de l'analyse, peuvent être employés de façon modulaire ou combinatoire, selon la nature des problématiques et le temps imparti pour la réalisation de l'étude.

La finalisation opérationnelle de cette méthode est le développement d'outils prospectifs d'aide à la décision pour une gestion intégrée des systèmes naturels. L'action d'entreprendre une démarche prospective dans le domaine de l'environnement équivaut à donner une priorité à la solution des problèmes environnementaux, principalement à en saisir les causes et finalement à mieux en maîtriser les évolutions. L'intérêt d'une telle démarche est de rendre perceptible des risques de rupture et des phénomènes en gestation ou en émergence au sein des systèmes étudiés.

• Le cadrage de l'étude

Dans cette recherche, la zone d'étude sélectionnée fut celle du littoral des Alpes-Maritimes, une zone de qualité pour évaluer les risques de disparition d'écosystèmes. En effet, il s'agit d'une zone réceptionnant des pollutions diverses, provenant des bassins versants et de la mer Méditerranée, et couvrant des espaces à finalités variées et très conflictuels entre les exigences écologiques et les contraintes économiques. Déjà, l'engouement développé pour ce type d'espace engendre des conséquences irréversibles sur la diversité et les spécificités des milieux. L'image actuelle de ce littoral est celle d'un espace vulnérable, envahi par un aménagement bétonné, démesuré et brutal ; les villes s'agglutinent, se rejoignent et laissent entre elles des parcelles naturelles fortement convoitées par le tourisme. L'hypothèse sélectionnée dans cette recherche est celle du rôle moteur de l'homme dans l'évolution des milieux littoraux, de par son action directe sur la frange terrestre et de par son emprise maritime, qui gagne sur la mer et détruit des surfaces de vie sous-marine.

Le littoral méditerranéen des Alpes-Maritimes renferme des écosystèmes plus ou moins vastes, hétérogènes, morcelés et isolés. L'intégrité de ces écosystèmes repose sur leur stabilité, résultant d'un équilibre dynamique entre les facteurs abiotiques et les populations d'espèces. Ces écosystèmes sont considérés comme stables s'ils ne présentent aucun

changement significatif dans leur composition spécifique et dans les tailles relatives de leurs populations. Cette stabilité dépend de la résistance des écosystèmes, c'est-à-dire leur capacité à rester constant ou à ne manifester qu'une réponse limitée en dépit des variations du milieu et de leur résilience, aptitude des écosystèmes à retrouver leur état d'équilibre primitif après une perturbation.

Les diverses pressions exercées sur ces écosystèmes peuvent les fragiliser et modifier leurs composantes. Certains, susceptibles d'être déséquilibrés, sont considérés comme des écosystèmes « à risques ». En effet, suite à une perturbation externe ou à une fluctuation interne, chaque écosystème réagira selon son état initial : il suivra une certaine trajectoire, c'est-à-dire un ensemble d'itinéraires pris par cet écosystème sous les différentes pressions. Ces itinéraires aboutiront soit à une fragmentation pour atteindre éventuellement un état d'isolement ou pour finalement disparaître soit à une résistance et à la capacité de survivre. Un seuil de perturbation est alors défini : pour des pressions persistantes, un seuil dit d'irréversibilité est atteint lorsque l'écosystème ne peut revenir à un état antérieur sauf sans une intervention volontaire de l'homme ; aucune réversibilité sur l'équilibre de l'écosystème ne sera possible dans ce cas. L'intégrité d'un « écosystème à risques » est alors altérée, ce qui peut engendrer l'extinction de ses espèces. La disparition de certaines d'entre elles entraînerait même des extinctions en cascade et des changements plus ou moins significatifs au sein de l'écosystème.

Se trouvant généralement dans des zones très convoitées et peuplées, les écosystèmes littoraux méditerranéens ont subi des pressions qui ont de tout temps existé mais qui étaient de moindre intensité. Les pressions actuelles sont répétitives et fortes. Quelles sont alors ces pressions qui menacent les écosystèmes du littoral des Alpes-Maritimes ?

Depuis les années 60, la consommation spatiale terrestre sur le littoral fut rapide, intense et irréversible. Une forte emprise spatiale s'est même accentuée sur la partie marine. Celle-ci n'est plus uniquement perçue comme une surface destinée au transport maritime mais comme un excellent site d'implantation de nouvelles constructions. Se localisant sur les petits fonds, les aménagements altèrent la vie de nombreuses espèces faunistiques et floristiques : en 2002, les scientifiques estimaient que 80 % des fonds monégasques et 55 % des fonds niçois étaient recouverts et détruits irréversiblement. Quelle que soit la zone littorale, tout milieu est le siège d'une intense compétition pour l'espace. De plus en plus nombreux et étalés dans le temps, empêchant ainsi le rééquilibrage des écosystèmes, les aménagements littoraux modifient irrémédiablement les milieux d'implantation et de développement des espèces.

Jusqu'en 1960, le tourisme n'altérait nullement ces secteurs littoraux. Mais, actuellement la vague touristique s'est répandue et rares sont les espaces qui ne sont plus inaccessibles aux touristes. Auparavant, l'accès aux plages était réduit et les sentiers des douaniers servaient uniquement de passage pour les propriétés bordant la mer. A la population autochtone s'ajoute une importante population saisonnière constituée en grande partie de migrants héliotropiques. Les années 60 furent également marquées par l'implantation de la première zone industrielle de Carros, de grandes entreprises internationales, de la technopôle de Sophia-Antipolis et par les premières décentralisations. Le développement fut exponentiel après 1980. Ce fort taux de développement impose au milieu d'avoir une bonne plasticité à l'égard des transformations. Or, les zones côtières sont rigides, inextensibles et non reproductibles. Leur capacité d'assimilation est alors réduite, du fait de l'exiguïté et de la rigidité de leur structure spatiale. En conséquence, l'aménagement du littoral est un facteur de destruction des écosystèmes, de par la variété de ses modes d'altération. Le préjudice est peu notable pour les espèces pélagiques mais peut conduire à

l'éradication des espèces benthiques. L'inquiétude pèse également sur les espèces de grand intérêt écologique et les espèces rares et menacées.

L'engouement pour la plaisance, qui a débuté dans les années 70, engendre également des modifications des paramètres physico-chimiques et biologiques, des destructions par arrachage, des érosions et l'étouffement de certaines espèces comme les herbiers de posidonies. En effet, l'édification de ports de plaisance provoque des modifications au niveau du transfert des sédiments, provoquant une accélération de la sédimentation en amont de l'ouvrage et une érosion en aval. L'exemple des herbiers de posidonies démontre que les espèces sont atteintes physiquement par cette modification : les herbiers sont victimes d'ensevelissement par excès d'apports de sédiments ou de déchaussement par déficit. Lorsque les herbiers sont déchaussés, l'ancrage des bateaux dans les zones de mouillage (dont l'effet perturbateur est renforcé par les « néo-marins », n'effectuant que de petits parcours et ne s'éloignant que rarement des côtes pour finalement jeter l'ancre aux mêmes endroits) est particulièrement destructeur en arrachant les mattes et les feuilles de posidonies. Lors de l'implantation de terre-pleins ou d'opérations de remblayage des côtes pour des travaux d'aménagements, se produisent une désoxygénation du milieu et un colmatage par la terre. Certes, l'ouvrage servira de support pour la fixation d'espèces benthiques mais l'impact sera négatif pour les milieux déjà fortement dégradés. L'état de la faune et de la flore, en périphérie de l'aménagement, sera altéré. On estime qu'il faut 10 ans pour observer un rééquilibrage des peuplements naturels dans le cas d'une implantation de digue et que la reconstitution des peuplements dépend de l'hydrodynamisme local, susceptible d'éliminer l'excédent de matière organique.

Le confinement des zones détériore la qualité sanitaire avec les apports anthropiques dans lesquels se sont accumulés des contaminants pour les espèces. L'herbier de posidonies est sensible à la qualité de l'eau de mer et son développement sera réduit si la qualité est mauvaise. De plus, certaines espèces profitant de ces perturbations, prolifèrent au détriment de leurs voisines. Cette explosion tendra à éliminer certaines espèces et à homogénéiser le milieu. Généralement, certaines algues comme les ulves, prolifèrent par l'enrichissement du milieu en sels nutritifs ou par une eutrophisation excessive aux débouchés des fleuves.

• La méthode prospective

La démarche adoptée dans cette recherche fut inspirée des travaux de prospective réalisées par la Délégation de l'Aménagement du Territoire et à l'Action Régionale dans les années 70. Les principales analyses sont détaillées dans les derniers écrits de Michel Godet en 2001. La méthode des scénarios retenue semblait originale et innovante dans le cas d'une application environnementale.

Au préalable de cette tentative prospective, une synthèse sur les grands principes et concepts d'écologie, qui ont guidé nos réflexions, et sur l'état de l'art en matière de gestion du milieu littoral fut réalisée. Il était nécessaire de rappeler comment les milieux naturels sont transformés par des fluctuations internes ou par des perturbations externes, souvent dues à l'action des hommes. Les fluctuations d'origine interne, provenant d'une modification des paramètres de contrôle et de régulation des composantes de l'écosystème, et les perturbations d'origine externe, résultant des activités anthropiques, engendrent des déséquilibres dans le fonctionnement de l'écosystème. Tout écosystème présente une structure et un fonctionnement propre, assurant son équilibre. Ce dernier peut se rompre sous l'effet de perturbations le conduisant, dans certains cas, à la disparition. La structure et la qualité des habitats, qui sont rarement continus, se modifient selon les variations du milieu physique, menant inévitablement à des subdivisions des populations.

L'évolution des écosystèmes littoraux méditerranéens dépend aussi, d'une part, du contexte international qui soumet la logique générale et les priorités de conservation des milieux naturels et d'autre part, des prises de position de chaque pays du bassin méditerranéen pour conserver et protéger leurs propres spécificités écologiques. La complexité du principe international de conservation et celle des mises en protection, différentes d'un pays méditerranéen à l'autre, rendent difficile l'harmonisation d'une conservation et d'une protection communes. Les scientifiques ont généralement recours à différentes pratiques de conservation : ils utilisent soit des outils stratégiques soit des outils opérationnels. Dans les deux cas, les risques sont évalués par le repérage des espèces en danger immédiat d'extinction et celui des habitats en voie de fragmentation et d'isolement.

En principe, l'homme est en mesure de maîtriser son avenir et par conséquent, est capable d'analyser l'évolution des systèmes qui l'entourent et de proposer des solutions. Cependant, dans la grande majorité des cas, le niveau actuel des connaissances sur les écosystèmes ne permet pas toujours une réflexion prospective développée.

Que proposent les analyses prospectives et quels sont les éléments de réponse qu'elles peuvent nous apporter ? Les analyses prospectives proposent des visions approfondies de ce qui pourrait advenir à court ou à long terme par des descriptions détaillées des systèmes d'étude et de leur environnement, ce qui sous-entend une étude des modes d'évolution spatio-temporelle des systèmes à partir d'une situation initiale.

Les systèmes sont complexes, potentiellement imprévisibles et l'évaluation des risques de perturbations environnementales s'avère difficile. Cette complexité est telle qu'il ne peut exister de conditions initiales uniques pour chacune des variables clés composantes du système. Une palette de futurs possibles conduisant à des situations variées doit être envisagée : certains d'entre eux ne sont ni souhaitables ni envisageables. Compte tenu de la variété des futurs et de la multiplicité des incertitudes, la prospective doit s'appuyer sur une méthode rigoureuse, afin d'apporter des réponses claires et précises à la problématique posée. Pour aboutir à ces états futurs, la méthode prospective se fonde sur la formulation d'hypothèses précises, dont la qualité du contenu pèsera lourdement sur la crédibilité de la démarche. L'objectif de cette méthode réside dans l'exploration de futurs possibles, dans leur mise en scène et dans la mise en évidence des enchaînements conducteurs. Chaque scénario, selon un plan préétabli, décrit un état du futur et est caractérisé par un cheminement, débutant de l'état initial préalablement défini à l'état final. Cette méthode des scénarios décrit les évolutions possibles, l'état de santé actuel du système étudié et son devenir.

• L'application environnementale de la méthode des scénarios : le risque de disparition d'écosystèmes littoraux méditerranéens

La première phase débute par la mise en évidence des variables clés des systèmes et des variables clés de leur environnement, qui ne sera rendue possible que par une analyse structurelle des écosystèmes littoraux. L'objectif est la détection des relations existantes entre les variables définissant les systèmes et leur environnement. Ainsi, cette analyse structurelle explore le fonctionnement des écosystèmes littoraux et de leur environnement et repère les variables clés. A ce stade de l'étude, le chercheur mène une longue réflexion pour construire des matrices de relations directes et indirectes entre les variables. Ces dernières doivent être sélectionnées selon la problématique de la recherche prospective et déterminer l'état du système et celui de son environnement, généralement défini par les pressions anthropiques qui s'exercent sur le système. A partir de la matrice d'analyse structurelle établie, des variables sont repérées : les plus influentes, celles dont l'évolution conditionne le plus le système et les plus dépendantes, celles qui sont les plus sensibles à l'évolution du système.

Des indicateurs d'influence et de dépendance pour chaque variable peuvent être ainsi obtenus.

Dans le cadre de l'application sur la problématique du littoral des Alpes-Maritimes, le chercheur fut amené à constater des résultats assez hétérogènes. Certaines variables apparaissant les plus influentes sur l'évolution du système sont peu dépendantes des autres composantes du système alors que d'autres sont dépendantes de l'évolution du système. Les premières sont alors peu influencées par les perturbations qui pourraient se provoquer sur les autres composantes du système et de son environnement alors que pour les secondes, toute action sur une variable se répercutera sur les autres et en retour sur elles-mêmes. L'analyse nous a confirmé que la richesse écologique, très influente, est une variable extrêmement dépendante des autres variables. Elle confère alors à l'écosystème une relative instabilité : une perturbation même minime peut alors altérer l'ensemble des composantes du système. La variable touristique, très influente sur l'évolution du système, se révèle également très dépendante des autres variables. La fragmentation et l'isolement des écosystèmes littoraux est la principale variable clé de cette étude puisqu'elle s'avère être la plus influente et la plus dépendante. La fragmentation et l'isolement sont des phénomènes qui dépendent de nombreux facteurs, qu'ils soient internes ou externes aux écosystèmes, et qui influenceront la majorité des autres variables, de par les effets qu'ils provoquent sur l'intégrité des écosystèmes.

La seconde phase de cette recherche prospective réside dans une analyse des stratégies d'acteurs. Pour envisager l'évolution des comportements stratégiques des acteurs, l'analyse se révèle difficile, de par l'absence d'informations sur les comportements futurs des acteurs. Le caractère de cette analyse reste largement statique et l'utilisation des résultats ne peut être envisagée qu'à moyen terme. Cependant, cette analyse détecte les enjeux globaux et les objectifs, les convergences et divergences entre les acteurs, leurs relations et leurs rapports de force. L'analyse du jeu des acteurs conduit au repérage des principales questions clés pour l'avenir. Les analyses successives réalisées permettent de constater plusieurs points importants.

Tous les acteurs s'accordent à penser que la principale difficulté est d'appliquer les réglementations actuelles et particulièrement les normes en vigueur imposées pour tous les membres de l'Union Européenne. A cela s'ajoutent la nécessité de diagnostiquer les normes actuelles, de contrôler leur efficacité et d'améliorer la mise en œuvre de la législation concernant l'inspection, la surveillance et la lutte contre la criminalité environnementale. Les acteurs sont positionnés sur plusieurs champs de bataille, les associations sont concernées par la majorité des objectifs à l'opposé des citoyens qui ne semblent concernés que par l'éducation.

Un antagonisme est repéré entre les associations et les citoyens : les premières sont nettement plus sensibles aux problématiques environnementales que les seconds. Les associations sont d'ailleurs les acteurs les plus impliqués et sont en conflit potentiel avec les autres acteurs sur l'ensemble des objectifs alors qu'elles semblent constituer cependant quelques alliances avec l'Union Européenne et les Ministères de l'Environnement. L'Union Européenne semble jouer le rôle le plus influent contrairement aux associations, qui soumises aux pressions des autres acteurs éprouvent des difficultés à parvenir à leurs objectifs. Elles semblent jouer le rôle d'acteurs relais ; leurs actions seront variables selon les problématiques et les enjeux. L'Union Européenne est dans un rapport de force globalement plus fort que les autres acteurs alors que les associations et les Ministères, en charge de traiter les problématiques relatives à l'environnement, apparaissent comme des acteurs partiellement dominés. Les citoyens sont hors jeu en terme d'implication et de mobilisation.

En terme de convergence et de divergence d'objectifs entre acteurs, nous avons pu relever certaines tensions. Les objectifs apparaissent en grande partie consensuels sauf pour deux objectifs : la création d'aires protégées et l'information au public, qui demeurent très conflictuels.

La méthode des scénarios s'est efforcée, dans le cadre de cette application, de prévenir et de rendre perceptible des phénomènes en gestation, en émergence, des tensions latentes, des risques de rupture et des phénomènes de discontinuité. Dans ce contexte et à partir des variables et des questions clés, trois types de scénarios furent sélectionnés : un contrasté, un tendanciel amélioré et un tendanciel aggravé. Ils permettent de traduire une rupture, le maintien d'une tendance ou d'une tendance émergente.

La dernière étape de la recherche fut la sélection des scénarios. L'élaboration des scénarios propose une série de futurs possibles des écosystèmes littoraux des Alpes-Maritimes. Les variables clés sont regroupées en composantes clés et pour chacune de ces composantes, une configuration est soumise. Une analyse morphologique balaye ensuite le champ des scénarios possibles, améliore la pertinence des questionnements sur la problématique et réduit l'incohérence des raisonnements dans les scénarios.

Les cheminements possibles, pour aboutir aux scénarios contrastés, sont ceux débouchant sur de faibles risques de disparition des écosystèmes. En effet, ces cheminements traduisent une rupture totale par rapport à la tendance actuelle, qui accélère les processus de fragmentation des habitats, de fragilisation des espèces, d'invasions biologiques et d'érosion de la biodiversité. Ces scénarios contrastés tendent vers la survie partielle ou totale des écosystèmes, avec des risques quasi-réversibles, qui permettent aux écosystèmes de revenir à leur état antérieur et de retrouver leur équilibre originel. C'est pour cette raison que les scénarios contrastés seront associés à des risques potentiels mais réversibles grâce à une participation anthropique active de restauration des écosystèmes. Le principal scénario contrasté retenu fut celui qui s'appuie sur la conception d'une protection maximale des écosystèmes littoraux au détriment du développement. Elle rend compte de deux idées principales : l'intégration de la problématique environnementale dans les processus de développement économique (gestion durable des ressources, conservation et mise en oeuvre des principes de prévention, participation et information du public et promotion d'un tourisme écologiquement respectable) et la conservation durable des ressources. La combinaison des hypothèses sous-entend le renforcement des zones déjà protégées, qui implique de faire en sorte que toute zone protégée comprenne une ou plusieurs zones à statut de protection renforcée et une zone périphérique tampon. Elle sous-entend également la création d'aires de conservation prioritaires pour les habitats essentiels à la reproduction des espèces vulnérables, la promotion de plans d'action pour réglementer et contrôler ainsi que celle de nouvelles politiques de tourisme côtier axées sur l'amélioration de la qualité des stations existantes plutôt que sur l'aménagement de nouvelles infrastructures (l'extension de ports est préférable aux nouvelles implantations). Elle implique la prise en compte des valeurs liées à la préservation et à la conservation de la biodiversité paysagère, et l'élaboration d'actions en vue du contrôle et de l'élimination des espèces allochtones nuisibles. Ce scénario tend à considérer le littoral des Alpes-Maritimes comme une ressource naturelle et touristique non renouvelable. Des techniques de restauration seront utilisées pour palier aux éventuelles dégradations, qui seraient observées sur les écosystèmes.

Le scénario tendanciel amélioré doit traduire la continuation de la tendance actuelle dans une phase d'amélioration. Les cheminements possibles, pour aboutir aux scénarios tendanciel améliorés, sont ceux débouchant sur d'éventuels risques de disparition des écosystèmes. En effet, pour désigner une tendance améliorée, les processus de fragmentation des habitats, la fragilisation des espèces, les invasions biologiques et l'érosion de la

biodiversité doivent être tels que les écosystèmes puissent revenir à leur état antérieur et retrouver leur équilibre originel. C'est pour cette raison que les scénarios tendanciels améliorés seront associés à des risques réversibles, qui sous-entendent un retour à l'équilibre. Le scénario sélectionné fut celui qui met en combinaison un développement économique et une protection des écosystèmes du littoral des Alpes-Maritimes. Le développement touristique s'effectue au détriment des biens naturels, qui sont les raisons même de l'attraction de ce littoral. Dans ce scénario, les zones naturelles risquent alors de ne pas rester intactes. Pour palier aux impacts des activités, les priorités ne se focalisent plus uniquement sur la conservation des espaces naturels mais se concentrent davantage sur la surveillance des espaces, qui deviennent progressivement vulnérables aux pressions anthropiques. Le scénario intègre la problématique environnementale en optant pour des mesures de prévention et de contrôle. En outre, il maintient les zones protégées et veille au retour des activités traditionnelles dès lors qu'elles contribuent à la préservation des paysages et participent à leur équilibre biologique.

Les scénarios tendanciels aggravés suivent la tendance mais les phénomènes perturbateurs sont dans leur phase la plus critique. Les tensions existantes se renforcent et des phénomènes émergents éclosent. Ces scénarios conduisent à des risques maximaux de disparition pour les écosystèmes. En effet, ils poursuivent la tendance mais de manière négative puisque dans ce type de scénario, les phénomènes observés comme les processus de fragmentation des habitats, la fragilisation des espèces, les invasions biologiques et l'érosion de la biodiversité auraient tendance à s'accélérer. Les écosystèmes n'ont aucune chance de revenir à leur état d'équilibre originel. C'est pour cette raison que les scénarios tendanciels aggravés sont associés à des risques irréversibles qui empêchent tout retour à l'équilibre. Le scénario sélectionné se base sur une conception de conservation des espaces naturels illusoire dans un développement économique incontrôlé. Aucune gestion durable n'est envisagée. Les aires protégées déjà existantes se dégradent, les zones naturelles disparaissent et le développement touristique est le principal responsable. L'application des réglementations et des normes n'est pas contrôlée. Dans ce contexte et faute d'actions de restauration et de conservation, les zones naturelles sur le littoral se fragmentent, régressent et tendent à disparaître. L'information au public est inexistante et occasionne une déresponsabilisation du public.

A ce stade de l'étude, nous avons intégré les lois ou les hypothèses construites dans les trois domaines suivants : l'écologie générale et marine, l'aménagement et la gestion des zones naturelles et la prospective. La complexité des écosystèmes littoraux, la diversité des outils de protection, utilisés en France, et l'intensité des pressions furent intégrées dans l'élaboration des scénarios proposés. Cette thèse s'est attachée à développer une analyse prospective sur la problématique de l'évolution des écosystèmes littoraux dans les Alpes-Maritimes, de leur environnement et des menaces qui pèsent sur eux. A partir du scénario tendanciel amélioré retenu, de nouvelles connaissances ont émergé et des propositions d'action, pour réduire les risques de disparition, furent soumises.

Le principal objectif de cette analyse prospective fut de démontrer le dynamisme des écosystèmes littoraux dans leur environnement et la complexité des relations entre les écosystèmes. Ces relations sont spécifiques et sont définies par des caractéristiques spatiales et temporelles. Cependant, celles-ci sont fragilisées. En effet, cette vulnérabilité existe par le fait même que les écosystèmes se localisent dans des environnements hostiles et que les pressions qui s'exercent sont répétitives, modifiant les processus de fonctionnement traditionnels de ces systèmes. L'analyse a considéré l'ensemble de ces éléments pour s'attacher à la mise en évidence des composantes qui représentent des menaces pour la pérennité des systèmes et de celles qui sont les plus sensibles aux perturbations. Dans le cas

des écosystèmes littoraux, l'analyse prospective s'est intéressée aux caractéristiques des deux composantes suivantes : la composante naturelle qui s'organise selon des mécanismes complexes du biotope et de la biocénose et la composante anthropique qui agit sur la précédente et la réorganise. En effet, il existe les contraintes physiques ou naturelles imposées aux biocénoses des écosystèmes et les contraintes sociales, économiques qui ont leurs propres lois, des processus différents, des vitesses d'évolution variables. Ces contraintes agissent sur la répartition spatiale des écosystèmes littoraux et conduisent à leur réorganisation plus ou moins prononcée. Les écosystèmes littoraux sont façonnés par les hommes depuis des générations : ils sont organisés, réorganisés, remaniés, remodelés ou restructurés. Les écosystèmes répondent sous forme de boucles de rétroaction, ce qui provoque des effets cumulatifs. Ils s'adaptent pour palier aux effets des actions anthropiques et se réorganisent. L'entropie (mesure du désordre des systèmes) n'amène pas nécessairement à un état chaotique ; l'entropie dans la nature provient de l'extérieur et elle s'associe à celle produite à l'intérieur des écosystèmes et la variation, qui en résulte, peut entraîner une diminution de l'entropie. En conséquence, l'uniformité disparaît et des processus d'organisation se mettent en place. Les écosystèmes s'organisent à chaque perturbation extérieure ou à chaque fluctuation interne. Mais, cette nouvelle organisation peut induire un nouvel équilibre dans lequel les espèces résidentes conserveront leurs niches écologiques ou induire un nouvel équilibre défavorable à certaines espèces résidentes, qui délaisseront leurs niches, susceptibles par la suite d'être recolonisées par des espèces autochtones ou allochtones.

Les contraintes naturelles et anthropiques participent alors à la structuration et à l'organisation des écosystèmes littoraux. Chacune de ces contraintes représente une part de l'explication de la répartition spatiale et de l'évolution temporelle des écosystèmes littoraux. Trois cas de réponses sont possibles : les écosystèmes maintiennent une stabilité dans leur fonctionnement ; les écosystèmes sont déséquilibrés, entraînant des dysfonctionnements ; les écosystèmes sont déséquilibrés et un rééquilibrage s'effectue spontanément conduisant vers un nouvel équilibre. La contrainte clé est le tourisme et les manifestations qui y sont rattachées produisent des ruptures à l'intérieur des écosystèmes ; elle est à l'origine de discontinuités, qui s'apparentent soit à des limites, à des interfaces ou à des passages d'un écosystème à un autre. La continuité spatiale, qui existe dans l'espace littoral, est alors détruite par des effets d'accumulation, d'interaction, de tension ou d'étirement. Le tourisme est l'élément explicatif des risques de disparition d'écosystèmes littoraux en Méditerranée. Ces risques sont dépendants de l'exposition potentielle des écosystèmes aux manifestations du tourisme et du danger pour leur intégrité et leur équilibre.

La fragmentation des habitats littoraux, induit par les pressions touristiques, engendre la raréfaction voire l'extinction des espèces. Elle agit également sur la biodiversité, l'une des variables clés dans l'évolution des écosystèmes littoraux méditerranéens : les scientifiques estiment que le maintien de la biodiversité dans un écosystème contribue à sa pérennité. Elle dépend du fonctionnement de l'écosystème, lui-même régit par le rôle des espèces. Ces dernières n'assurent plus leur rôle si leurs habitats sont endommagés ou détruits.

Les résultats de l'étude démontrent que le tourisme est le patron majeur, responsable de la perte d'habitat et des processus de fragmentation. Il est l'élément essentiel de la matrice environnante littorale et sa dynamique influence fortement les processus de fragmentation, d'isolement et de disparition des écosystèmes. Principal agent de destruction des habitats côtiers, il féconde des aménagements anarchiques responsables des dommages sur l'ensemble des écosystèmes littoraux et crée une hétérogénéité dans les milieux. Si les espèces sont capables d'exploiter cette hétérogénéité, les perturbations peuvent ainsi favoriser la coexistence de plusieurs espèces ayant des exigences écologiques différentes. Dans de tels systèmes hétérogènes, les peuplements pionniers s'installent dès que des habitats disponibles évoluent normalement vers un stade plus mature. En conséquence, au même instant, plusieurs

stades de la succession écologique peuvent coexister. Cet ensemble dynamique dans le temps et dans l'espace permet de maintenir une grande diversité biologique ; en revanche, les systèmes fragilisés, par des actions anthropiques antérieures, basculeront dans une homogénéisation et la biodiversité tendra à s'affaiblir. Dans ce contexte, la biodiversité joue un rôle majeur dans la stabilité des écosystèmes.

Les phénomènes d'invasions biologiques, naturels à l'échelle des temps géologiques, sont relativement inquiétants. L'invasion des espèces tropicales en milieu marin a pris une certaine ampleur. Actuellement, ce phénomène est évalué dans sa phase la plus accélérée. Sur le littoral méditerranéen, des espèces tropicales, nouvellement ou plus anciennement introduites, ont trouvé des conditions optimales pour se développer et se propager de manière invasive. Ces espèces occupent de manière permanente un habitat et sont capables de donner naissance à des populations autonomes, durables, se reproduisant et donnant à leur tour naissance à des générations successives. Les impacts de ces invasions sont encore incertains : en quelques générations, une espèce nouvellement introduite dans un écosystème se propage en éliminant une ou plusieurs espèces qui résidaient et assuraient les mêmes fonctions. Des fragmentations se produisent au sein des écosystèmes mais des incertitudes persistent sur l'éventuelle réduction de la biodiversité et sur la probable extinction des espèces inféodées. Ces récentes invasions sont issues de l'action simultanée des pressions anthropiques du littoral et des bouleversements climatiques qui obligent les espèces à s'adapter à un environnement très fluctuant et sans cesse en cours de restructuration. Les espèces, par la sélection naturelle, s'adaptent en fonction des changements de leurs habitats. Mais, certaines d'entre elles n'évoluent pas en synchronisme avec l'évolution de leurs habitats et disparaissent, laissant leurs niches libres. De nouvelles espèces occupent alors ces niches et se développent, excluant tout retour possible des anciennes espèces résidentes.

Le dernier volet de cette étude prospective fut de proposer des actions préventives locales pour une évolution favorable et durable des écosystèmes littoraux en Méditerranée, notamment dans les Alpes-Maritimes. Afin que ces propositions soient cohérentes et vraisemblables, elles furent replacées dans le contexte international actuel. Ainsi, se sont dégagées des orientations d'actions. Les perspectives d'avenir sont abordées par l'intermédiaire de trois scénarios. Le scénario tendanciel aggravé prédit la disparition complète des écosystèmes et le scénario contrasté le maintien des écosystèmes, dans un environnement totalement dépourvu de développement. Le troisième scénario, qui apparaît comme le plus vraisemblable en terme de développement durable, allie une logique mixte de développement et de protection. Il engendre le maintien des écosystèmes les plus remarquables. La politique mise en place tient compte des exigences économiques et des nécessités environnementales pour préserver les biens naturels. Ce scénario est tendanciel mais amélioré car la mise en place d'une politique de développement durable et de protection des espaces naturels est véritablement amorcée.

Les perspectives d'avenir sur le littoral méditerranéen sont centrées sur la synergie entre le développement économique et la préservation des milieux naturels. La principale problématique réside dans la mise en œuvre d'une politique économique respectueuse de l'environnement. Cette politique nécessite la prise en compte des variables déterminantes pour la protection des écosystèmes, celles à l'origine des phénomènes perturbateurs et celles les plus sensibles aux modifications du milieu. L'analyse prospective a déterminé l'ensemble de ces variables. Dans le contexte actuel, le jeu des acteurs est prépondérant dans les processus décisionnels. Les enjeux dépendent des objectifs fixés et des stratégies adoptées par chacun d'entre eux. L'étude a révélé que l'Union Européenne est au cœur des actions décisionnelles et opérationnelles en matière de protection et l'organisation des stratégies d'avenir dépend de ses actions. Elle a également démontré que les moyens des associations de

protection de l'environnement sont insuffisants pour peser dans les processus décisionnels et que l'écocitoyenneté est quasiment inexistante.

L'avenir des écosystèmes littoraux en Méditerranée va connaître de profonds bouleversements ces 10-15 prochaines années car l'environnement technologique, économique, social et politique sera confronté à des modifications sévères. Pour appréhender ces changements, il est primordial de replacer l'analyse dans le contexte international actuel, dans le but d'évaluer les risques globaux de disparition d'écosystèmes littoraux. Nous avons retenu quatre composantes globales : l'érosion de la biodiversité mondiale qui s'accélère avec la destruction des habitats naturels ; l'ampleur des phénomènes des invasions biologiques due aux activités anthropiques et au réchauffement climatique ; la fragmentation des habitats naturels et la fragilité des espèces avec des dangers d'extinction ; la valorisation du paysage et des spécificités écologiques mondiales. Ce recadrage global retiendra cinq priorités :

la nécessité d'une coopération internationale et européenne : amélioration des relations avec les Etats-Unis sur les problèmes environnementaux, intégration des nouveaux pays membres de l'Union Européenne dans la problématique environnementale ;

- la régulation des flux migratoires touristiques : prise en considération des capacités de charge et des seuils critiques pour limiter le risque de dommages, évaluation et codification des usages des zones littorales ;

la surveillance des invasions biologiques : nécessité d'une prévention, empêcher la progression des espèces dans les espaces à haute valeur écologique et patrimoniale, contenir l'invasion dans les régions où elles sont fortement implantées, surveiller les régions où les phénomènes ne sont pas encore présents ;

- le renforcement des stratégies de conservation : assurer une richesse écologique convenable, protéger les espèces les plus fragiles, réduire les phénomènes de fragmentation et d'isolement d'habitats naturels et valoriser les richesses les plus remarquables afin de garantir des espaces vitaux pour les espèces menacées, sauvegarder des écosystèmes agressés, conserver des communautés particulières ou des aires de reproduction, prévenir et éduquer le public, disposer de zones témoins non perturbées pour la recherche scientifique ;

- le développement d'une écocitoyenneté : éducation, sensibilisation et diffusion de l'information primordiales pour modifier les pratiques d'utilisation des ressources et des usages et développer un respect vis-à-vis de l'environnement.

Le bassin méditerranéen est reconnu comme l'une des plus remarquables zones biogéographiques mondiales et la mer Méditerranée, le berceau originel des richesses marines. Le littoral méditerranéen des Alpes-Maritimes se présente alors comme une zone aux spécificités écologiques exceptionnelles mais est particulièrement vulnérable aux pollutions anthropiques. Notre recherche a sélectionné cette zone pilote pour la détection des risques de disparition d'écosystèmes littoraux. La prévision des risques, dont la majorité est d'origine anthropique, amène au repérage des écosystèmes en danger : ceux à conserver en priorité, ceux à sauver dans l'urgence et ceux pour lesquels des phénomènes de fragmentation et d'isolement se sont amorcés. Anticiper sur les problèmes à l'origine des perturbations et cibler les écosystèmes à risques apparaissent nécessaires dans l'évaluation des risques de disparition d'écosystèmes littoraux. Or, l'évolution des écosystèmes sur le littoral est difficilement prévisible : ils sont en perpétuelle adaptation et les dynamiques, résultant des fluctuations internes aux systèmes et des perturbations externes, sont complexes. Pour rendre perceptible cette évolution, l'analyse prospective est jugée intéressante. En effet, elle s'attache à déterminer les variables qui auront un impact significatif sur le fonctionnement des écosystèmes.

Pour appréhender l'avenir des écosystèmes littoraux dans les Alpes-Maritimes, la méthode prospective développe notamment un scénario tendanciel amélioré qui envisage une volonté politique européenne, nationale, régionale et locale, alliant développement économique et protection du patrimoine naturel, et axée sur la valorisation du paysage et du patrimoine naturel, sur la création d'aires protégées et sur une éducation à l'environnement public. La méthode soulève la nécessité de réagir sur du moyen terme : les problématiques environnementales, concernant les espèces menacées d'extinction ou les écosystèmes en voie de disparition, ne se poseront plus dans quelques années car ces écosystèmes auront déjà disparu. Se préoccuper des espèces menacées, des écosystèmes dégradés ou en voie de disparition et tenter de les conserver contribuent à sauvegarder des témoins pour les générations futures. L'élimination des espèces et la destruction des écosystèmes, qui nous sont encore inconnus, contribuent à entamer irréversiblement le capital vivant et le réservoir de biodiversité que constitue le milieu naturel. Dans cette analyse, le littoral méditerranéen est perçu comme un enjeu non renouvelable.