



**GUIDE MÉTHODOLOGIQUE POUR L'ANALYSE DE LA
VULNÉRABILITÉ AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DES SITES PILOTS
RETENUS PAR LE PROJET FFEM
« OPTIMISER LA PRODUCTION DE BIENS ET SERVICES PAR LES
ÉCOSYSTÈMES BOISES MÉDITERRANÉENS
DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS GLOBAUX »
EN ALGÉRIE, LIBAN, MAROC, TUNISIE ET TURQUIE**



1. Contexte

La finalité du projet « Optimiser la production de biens et services par les écosystèmes boisés méditerranéens dans un contexte de changements globaux » est d'inciter les acteurs à gérer et/ou restaurer les espaces boisés méditerranéens avec une perspective de fourniture durable des biens et services environnementaux.

A cette fin, plusieurs objectifs spécifiques ont été fixés par le projet:

- L'intégration des impacts du changement climatique dans les politiques de gestion forestières et, à cet effet, la production de données et d'outils relatifs à la fois à la vulnérabilité et à la capacité d'adaptation des forêts;
- L'estimation de la valeur économique et sociale des biens et services rendus par les écosystèmes forestiers méditerranéens et cela afin d'appuyer efficacement la prise de décision ainsi que le renforcement des actions d'appui à la gestion durable des écosystèmes ;
- L'amélioration des modes de gouvernance des écosystèmes forestiers au niveau des territoires afin de promouvoir au niveau local, des stratégies de réduction des pressions anthropiques sur les écosystèmes boisés méditerranéens tout en garantissant aux usagers que les biens et services dont ils dépendent pourront être maintenus sur le long terme;
- L'optimisation et la valorisation du rôle d'atténuation des forêts méditerranéennes (puits de carbone), via l'élaboration d'outils méthodologiques qui permettront de faire valoir les efforts locaux de protection/restauration des écosystèmes;
- Le renforcement de la coordination et des échanges d'expériences entre acteurs de la sous région à travers des activités de coordination et de communication au sein du Partenariat de Collaboration sur les Forêts Méditerranéennes (PCFM) et avec le souci de proposer des outils pour l'adaptation et l'atténuation aux changements climatiques par le secteur forestier.
- La promotion de la spécificité des forêts méditerranéennes auprès de la communauté internationale et notamment dans le cadre des négociations internationales sur le changement climatique.

Le projet est construit en cinq composantes qui se déclinent en quatre temps (du site pilote à l'échange régional puis à la promotion sur la scène internationale):

- Un focus sur 5 à 10 sites pilotes (4 à 6 par composante, selon la pertinence pour les sites qui sont identifiés et avec un maximum de composantes déclinées sur chaque site) qui sont proposés par les pays et sélectionnés par le Comité de Pilotage ;
- Un effort de capitalisation régional;
- Un temps d'échange entre pays et institutions de la sous-région et avec les autres pays et institutions de la région méditerranéenne ;
- Le relai sur la scène internationale des résultats du projet.

2. Composante 1

Les activités prévues pour la Composante 1 (C1) sont focalisées sur la production de données et l'élaboration d'outils d'aide à la décision et à la gestion en matière de vulnérabilité des écosystèmes boisés méditerranéens aux effets du changement climatique ainsi qu'en matière de capacité d'adaptation.

Elles se déclinent en cinq actions prioritaires :

- ✓ Revue de la littérature et état des lieux de l'évaluation des impacts du changement climatique sur les espaces boisés méditerranéens (méthodes et résultats des modélisations);
- ✓ Recensement et état des lieux des activités mises en place pour adapter les forêts méditerranéennes aux changements climatiques dans la région ;
- ✓ Analyse de vulnérabilité d'écosystèmes boisés méditerranéens aux impacts du changement climatique sur cinq sites pilotes (un site pilote pour chaque pays) ;
- ✓ Capitalisation des résultats et élaboration d'outils d'aide à la décision en matière d'adaptation aux changements climatiques à destination des gestionnaires forestiers et des décideurs politiques;
- ✓ Échange entre les pays et avec les pays européens impliqués dans le projet ForClimAdapt.

La composante 1 est étroitement articulée avec la composante 4, laquelle cherche à optimiser et à valoriser le rôle d'atténuation des forêts méditerranéennes (puits de carbone) :

- ✓ Elles nécessitent des données en commun, lesquelles sont présentées à la fois dans le présent guide méthodologique, et dans le guide méthodologique pour l'analyse des agents et causes de déforestation de la composante 4. Ces données en commun devront être collectées de manière articulée entre les deux composantes.
- ✓ Les résultats de la composante 1 viendront alimenter la structuration des fiches projets REDD+ qui seront réalisées dans la composante 4, au travers de :
 - Dans la mesure du possible, la prise en compte dans le scénario de référence de l'impact estimé du changement climatique directement sur le couvert forestier ou indirectement sur les autres causes de déforestation et dégradation. Cette prise en compte pourrait permettre de valoriser le potentiel carbone des possibles mesures de réduction de la vulnérabilité du changement climatique (pratiques sylvicoles adaptatives, nouveaux plans d'aménagement) ;
 - L'intégration et des recommandations en matière d'adaptation au changement climatique dans la proposition des activités REDD+.

3. Sites pilotes concernés par la Composante 1 et la Composante 4

Pays	Site	Composante
Algérie	Massif de Sénalba	C1/C4
Liban	Jabal Moussa	C1
Maroc	Forêt de la Maamora	C1/C4
Tunisie	Forêt de Siliana Forêt de Barbara	C1/C4 C4
Turquie	Duzlercami	C1/C4

4. Caractérisation de la situation actuelle dans les cinq sites pilotes retenus pour les analyses de vulnérabilité de la composante 1

Pour chaque donnée fournie, merci de spécifier la source des données, la méthodologie qui a permis de générer la donnée, une évaluation qualitative simple de sa qualité.

Si possible, fournir les cartes en version digitale (vectorielle)

Données nécessaires à collecter :

- **Limite** du site (commune C1/C4), en format vectoriel, avec les limites des unités administratives (e.g. départements, cantons, communes, etc.) et modes de gestion (e.g. parcelles/unités de gestion forestière, aires protégées) (e.g. Figure 1).

Le site inclura des écosystèmes forestiers faisant par exemple l'objet d'analyses de la vulnérabilité au changement climatique dans le cadre de la composante 1 et de l'analyse des causes de déforestation et dégradation dans le cadre de la composante 4, mais aussi des zones non boisées où sont présents les usagers proches de la forêt (terres agricoles, urbaines...) et où pourraient par exemple être proposées dans le cadre de la composante 4 des activités alternatives visant à réduire les pressions sur les écosystèmes forestiers (amélioration des pratiques agricoles ou d'élevage par exemple) ou à renforcer les stocks de carbone forestier (plantations par exemple) (Figure 2).

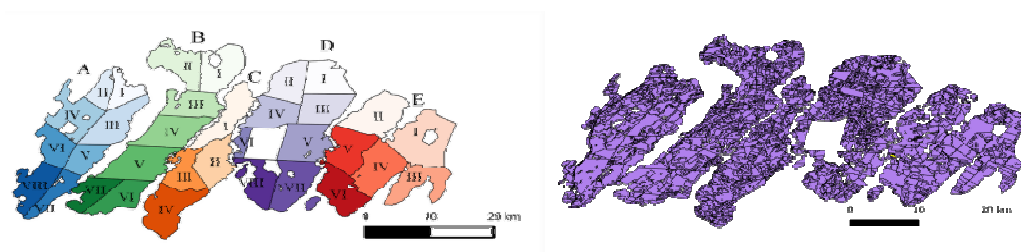


Figure 1. Limite des unités administratives et des unités de gestion forestières (cantons à gauche et parcelles à droite) du site de la Maamora. Source : VITO.

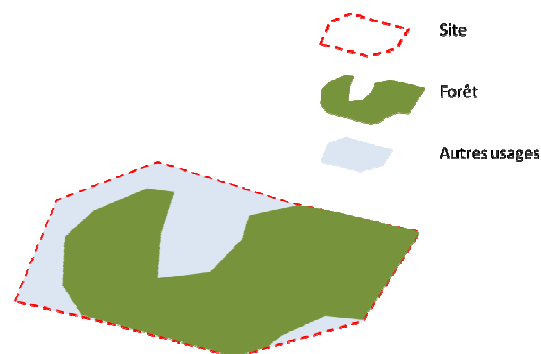


Figure 2. Exemple de délimitation des territoires au sein du site.

- **Données biophysiques:**

Extraire des études passées et des bases de données nationales toutes les **données biophysiques** pertinentes pour caractériser le site pilote et sa vulnérabilité au changement climatique.

Données minimum communes C1/C4 :

- ✓ carte d'altitude ;
- ✓ carte des pentes ;
- ✓ carte de types de sols ;
- ✓ carte du réseau hydrographique.

Données spécifiques pour la C1:

- ✓ carte d'exposition ;
- ✓ carte géologique ;
- ✓ carte de profondeur des sols.

Les cartes d'altitude et exposition peuvent être dérivées du Modèle Numérique de Terrain (MNT) si disponible. En absence de cartes, merci de fournir les bases de données correspondantes.

- **Données climatiques**

Extraire les données climatiques des bases de données recommandées (JRC-MARS (<http://mars.jrc.ec.europa.eu/>) ou stations météorologiques nationales présentes sur le site pilote lorsqu'elles existent).

Données minimum communes C1/C4 :

- Evolution des **précipitations annuelles** et des **températures** minimales, maximales, moyennes depuis 1975 ;
- Identification des événements climatiques et biophysiques extrêmes/exceptionnels depuis 1975 :
 - ✓ Événements météorologiques exceptionnels (sécheresse, tempêtes, etc.)
 - ✓ Phénomènes éventuels observés d'**érosion** et/ou d'**inondation** dans les bassins versants si pertinent pour le site pilote ;
 - ✓ Épisodes de dépérissement du couvert forestier et causes (insectes ravageurs, maladies) ;
 - ✓ Feux (spécifier la surface brûlée, origine, arbres affectés). Si disponible, caractériser l'évolution des régimes futurs des feux et mesures de prévention envisagées pour limiter ces risques accrus.

Essayer d'identifier dans la littérature, dans les bases de données (nationales ou images satellites) ou à dire d'expert, les conséquences de ces événements extrêmes sur le couvert forestier, à la fois en surface et en structure.

Données spécifiques pour la C1:

- Evolution du **quotient pluviométrique d'Emberger (Q)** pour identifier d'éventuels changements d'aire bioclimatique selon la classification méditerranéenne depuis 1975 ;
- Evolution de l'**indice de stress hydrique (Agriculture Stress Index System (ASIS))** sur chaque site pilote pour identifier d'éventuelles évolutions depuis 1981.

Quotient pluviométrique d'Emberger (Q)

Cet indicateur défini par Quézel distingue six types climatiques en région méditerranéenne :

- l'**infra-méditerranéen** (de type saharien, aride ou semi-aride à influence océanique),
- le **thermo-méditerranéen** ($m > 3^{\circ} \text{C}$),
- l'**eu-méditerranéen** ou méso-méditerranéen inférieur ($0 < m < +3^{\circ} \text{C}$)
- le **supra-méditerranéen** ou méso-méditerranéen moyen ($-3 < m < 0^{\circ} \text{C}$),
- le **méditerranéo-montagnard** ou méso-méditerranéen supérieur ($-5 < m < 3^{\circ} \text{C}$),
- l'**oroméditerranéen** ou subalpin méditerranéen ($-7 < m < -5^{\circ} \text{C}$),

où m représente la moyenne des températures minimales du mois le plus froid de l'année, en °C.

Le quotient d'Emberger se détermine de la manière suivante :

$$Q = \frac{1000 * P}{0,5 * (M + m) * (M - m)} = \frac{2000 * P}{M^2 - m^2}$$

Avec :

P = Précipitations annuelles en mm,
M = Température maximale moyenne du mois le plus chaud, exprimée en °K,
m = Température minimale moyenne du mois le plus froid, exprimée en °K.

Le quotient pluviométrique d'Emberger sert à définir les cinq différents types de climats méditerranéens, depuis le plus aride, jusqu'à celui de haute montagne (aride, semi-aride, subhumide, humide, perhumide). Seul le Maroc possède ces cinq climats en totalité.

Agriculture Stress Index System (ASIS)

FAO Global Information and Early Warning System (GIEWS) et Natural Resources and Environment (NRC) Division ont développé un système d'estimation de la sécheresse en temps réel au niveau mondial. Ce système utilise un indicateur d'état de la végétation (Vegetation Health Index, VHI) basé sur une combinaison linéaire d'indices de végétation et de température de surface. Les données dérivées des capteurs NOAA-AVHRR et Metop-AVHRR (indice de végétation et température de brillance) sont utilisées pour calculer le VHI moyen pour chaque saison de croissance par pixel de 1km et à l'échelle mondiale. Un modèle phénologique, basée sur l'indice de végétation (NDVI) est utilisé pour définir le début et la fin de la saison de croissance. Le VHI moyen de chaque saison de croissance est calculé pour chaque unité administrative permettant d'évaluer l'intensité et la proportion de la zone touchée par la sécheresse. Le flux de données résultant fournit des informations en temps réel sur la sécheresse dans toutes les régions du monde.

L'ASIS est mis en place pour le compte de la FAO par Flemish Institute for Technical Research NV (VITO) avec l'appui technique du JRC-MARS.

- **Evolution des usages des sols**

Dans le guide méthodologique de la composante 4, il est demandé par ailleurs de faire un inventaire des cartes déjà existantes d'usage des sols et d'évolution de ces usages. Ici, il est demandé de fournir des données additionnelles, permettant de disposer d'un niveau d'information comparable dans chaque site pilote et de s'approcher des exigences des méthodologies REDD+ actuellement validées sous le VCS (*Verified Carbon Standard*).

Données minimum communes C1/C4 :

- ✓ Cartes d'évolution des **usages des sols** (1990/2000/2005/2010/2013) (format digital);
- ✓ Cartes d'évolution du **couvert forestier** et **autres usages des sols** (1990/2000/2005/2010/2013) (format digital) en utilisant la **définition de forêt** retenue au niveau national et/ou déposée par les instances nationales sous la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) ;
- ✓ Cartes des évolutions de la **distribution des principales essences** (Figure 3) caractéristiques des sites pilotes (1990/2000/2005/2010/2013) (format digital) et positionnement du site pilote par rapport à l'aire de répartition globale de ces principales essences.

Si disponibles, merci de fournir toutes les cartes pour les dates 1990/2000/2005/2010/2013 ou au moins du 2000 et une date récente (entre 2010 et 2013).

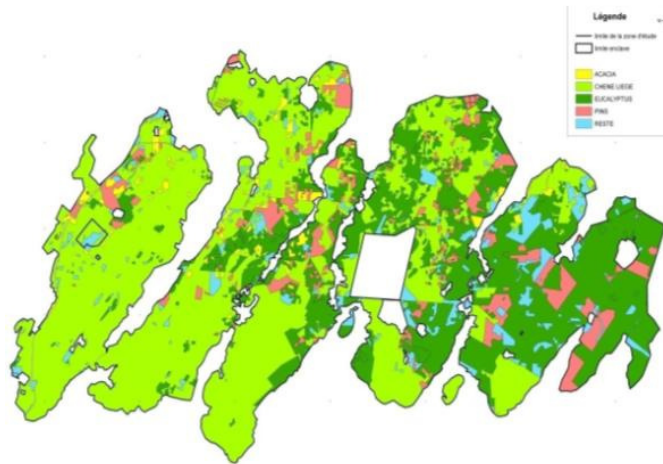


Figure 3. Distribution des principales essences du site de la Maamora. Source : VITO.

- **Données historiques de la gestion forestière**

Données minimum communes C1/C4 :

- ✓ **Plans de gestion forestière** appliqués au cours des quinze/vingt dernières années;
- ✓ Décrire succinctement les **principales orientations des plans de gestion** passés et en cours et donner également des indications sur les orientations des prochaines années si le plan de gestion est en phase de mise à jour dans les différentes unités de gestion forestière du site pilote ;
- ✓ Décrire les mesures déjà prises dans le plan de gestion pour limiter l'impact des événements extrêmes et de l'évolution des températures/précipitations.

- **Données socio-économiques sur les sites pilotes :**

Pour les données socio-économiques, voir la Guide méthodologique de la composante 4.

5. Modélisation des impacts futurs du changement climatique dans les sites pilotes

Une projection à l'horizon 2040 selon deux scénarios climatiques (Figure 4) a été choisie :

- Le canevas et la famille de **scénarios A2** décrivent un monde très hétérogène. Le thème sous-jacent est l'autosuffisance et la préservation des identités locales. Les schémas de fécondité entre régions convergent très lentement, avec pour résultat un accroissement continu de la population mondiale. Le développement économique a une orientation principalement régionale, et la croissance économique par habitant et l'évolution technologique sont plus fragmentées et plus lentes que dans les autres canevas;
- Le canevas et la famille de **scénarios B2** décrivent un monde où l'accent est mis sur des solutions locales dans le sens de la viabilité économique, sociale et environnementale. La population mondiale s'accroît de manière continue mais à un rythme plus faible que dans A2, il y a des niveaux intermédiaires de développement économique et l'évolution technologique est moins rapide et plus diverse que dans les canevas et les familles de scénarios B1 et A1. Les scénarios sont également orientés vers la protection de l'environnement et l'équité sociale, mais ils sont axés sur des niveaux locaux et régionaux.

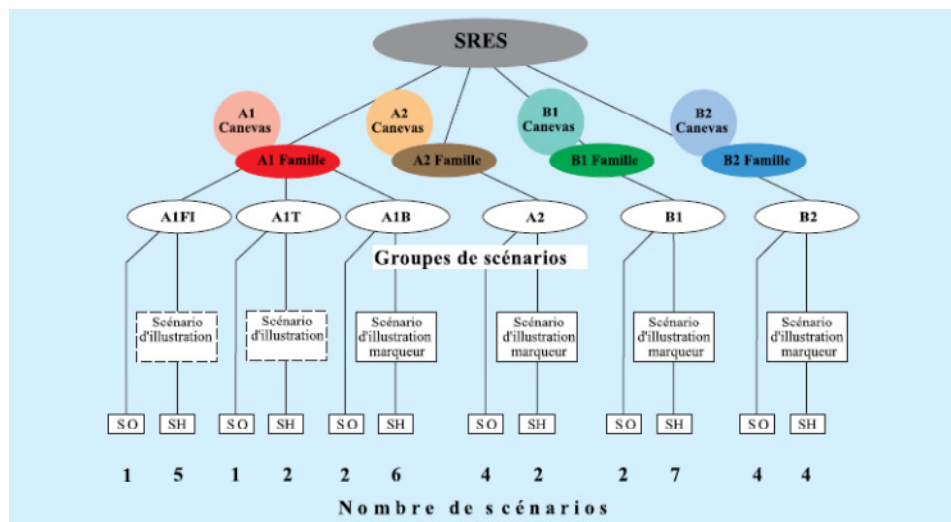


Figure 4. Illustration schématique des scénarios SRES (Special Report on Emissions Scenarios). Quatre canevas qualitatifs produisent quatre ensembles de scénarios, appelés "familles": A1, A2, B1 et B2. Au total 40 scénarios SRES ont été élaborés par six équipes de modélisation. Tous sont également valides, sans probabilités de concrétisation attribuées. L'ensemble de scénarios comprend six groupes de scénarios découlant des quatre familles: un groupe pour chacune des familles A2, B1 et B2 et trois groupes pour la famille A1, caractérisant des évolutions respectives des technologies énergétiques: A1FI (intensité de combustibles fossiles), A1B (équilibre) et A1T (prédominance des combustibles non fossiles). Parmi les familles et groupes de scénarios, certains partagent des hypothèses "harmonisées" pour la population mondiale, le produit mondial brut et l'énergie finale. Ils portent l'indication SH, pour "scénario harmonisé". L'indication SO dénote des scénarios qui envisagent des incertitudes dans les forces motrices au-delà de celles des scénarios harmonisés. Le nombre de scénarios élaborés dans chaque catégorie est indiqué. Pour chacun des six groupes de scénarios un scénario d'illustration (toujours harmonisé) est fourni. Quatre scénarios d'illustration "marqueurs", un pour chaque famille, utilisés sous une forme provisoire dans le processus ouvert SRES 1998, ont été inclus sous une forme révisée dans le présent rapport. Deux scénarios d'illustration supplémentaires pour les groupes A1FI et A1T sont également fournis et complètent un ensemble de six qui illustre tous les groupes de scénarios. Tous sont également fiables. Source : GIEC, 2000¹.

La méthode à employer pour la modélisation des impacts futurs du changement climatique dans les sites pilotes est la **Méthode Spatiale Multifactorielle (ASM)** (Figures 5 et 6).

Elle se déroule en cinq grandes étapes principales :

1. Choix des facteurs qui expliquent la vulnérabilité d'un écosystème naturel ;
2. Regroupement thématique des variables ;
3. Analyses de niveau 1 des données par : seuillages, pondérations et intégration pour mesurer la vulnérabilité factorielle ;
4. Analyses de niveau 2 des données par : seuillages, pondérations et intégration pour mesurer la vulnérabilité synthétique ;
5. Application des projections à l'horizon 2040 selon les scénarios climatiques choisis (A2-B2).

¹ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2000. Rapport spécial du GIEC. Scénarios d'émissions. Résumé à l'intention des décideurs. ISBN: 92-9169-213-1.

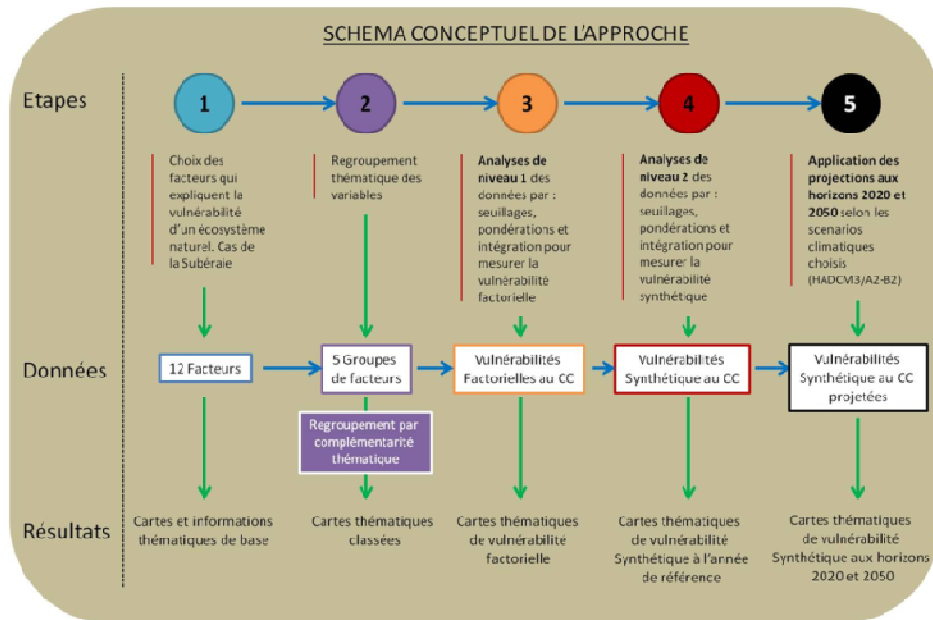


Figure 5. Schéma conceptuel de la Méthode Spatiale Multifactorielle (ASM). Source : GIZ, 2013.

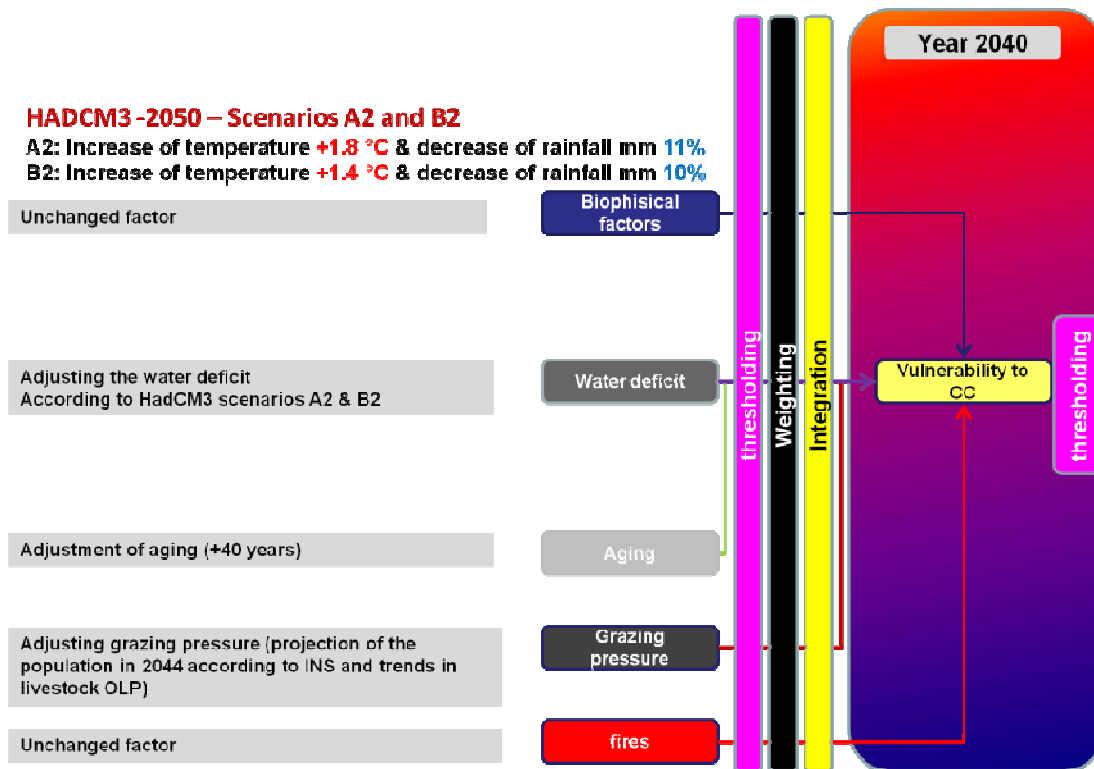


Figure 6. Cadre méthodologique de la Modélisation spatiale multifactorielle. Source : GIZ, 2013 (Cf. Annexe 1).

Elles sont expliquées en détail dans la « **Guide méthodologique de l'approche spatiale multifactorielle d'analyse de vulnérabilité des écosystèmes face au changement climatique** » préparée par la GIZ (Cf. Annexe 1) (Figure 7).

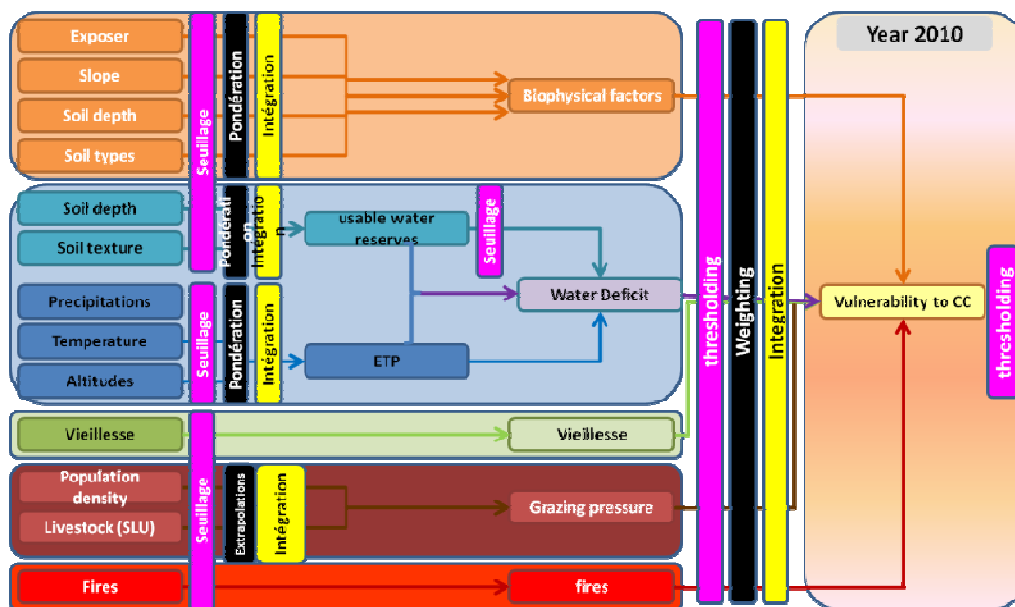


Figure 7. Schéma simplifié de Méthode Spatiale Multifactorielle (ASM) de l'analyse de la vulnérabilité de l'écosystème Subéraie utilisé pour réaliser une étude en Tunisie. Source : GIZ, 2013 (Cf. Annexe 1).

L'approche par « niche écologiques » (Figure 8) sera également disponible avec l'état des lieux des ressources génétiques forestières réalisé par l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) de d'Avignon.

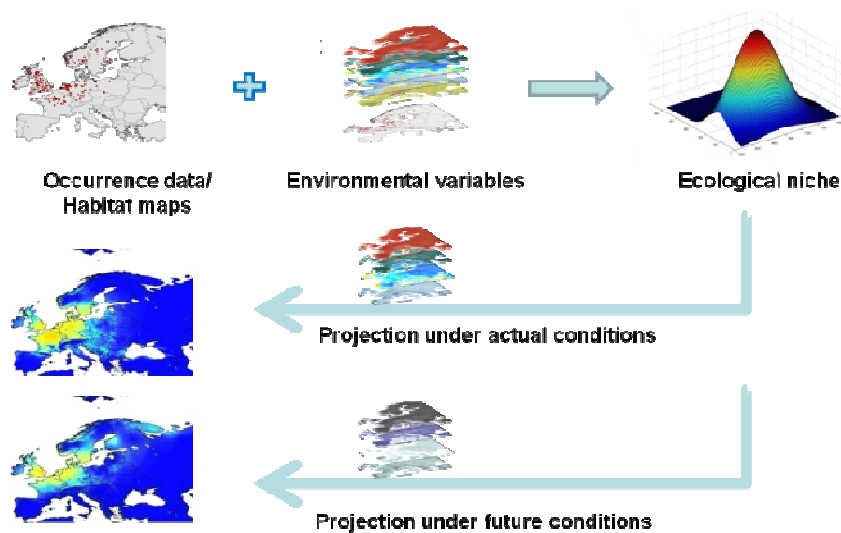


Figure 8. Cadre méthodologique de l'analyse des niches écologiques. Source GIZ, 2013 (Cf. Annexe 1).

Ce rapport de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) de d'Avignon inclura :

- La **cartographie** régionale des limites d'aires de **répartition actuelles** des principales espèces forestières présentes sur les sites pilotes ;
- Une indication de la situation des sites pilotes pour chacune de leurs espèces forestières en termes de marginalité géographique et de risque par rapport aux changements climatiques ;

- Les **modélisations** des aires de **répartition futures** pour les principales essences forestières présentes dans les sites pilotes.