

# RAPPORT

DREAL Midi-Pyrénées

N°ISRN : CEREMA-  
DTERSO-14-201-FR

Avril 2014

## ***Bilan bibliographique sur les méthodes de définition de l'équivalence écologique et des ratios des mesures compensatoires***



Centre d'Études Techniques de l'Équipement du Sud-Ouest



## Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
0	12/12/2013	Version proposée à la DREAL pour avis sur le fond et la forme
1	07/02/2014	Version proposée à la DREAL après corrections, reprise du sommaire et relecture
2	10/03/2014	Version suite retours DREAL et documents complémentaires
3	08/04/2014	Version finale proposée à la DREAL
4	07/05/2014	Livrable définitif

## Affaire suivie par

<b>Stéphane MAGRI</b> Département Aménagement et Intermodalité des Transports UTENV Tél. : 05 56 70 66 17 / Fax : 05 56 70 66 68 <a href="mailto:Stephane.magri@developpement-durable.gouv.fr">Stephane.magri@developpement-durable.gouv.fr</a>
--

## Rédacteur

**Mikaël ERRECA** - CETE SO/DAIT/UTENV (vacataire)  
**Stéphane MAGRI** - CETE SO/DAIT/UTENV

## Relecteur

**Stéphane MAGRI** - CETE SO/DAIT/UTENV  
**Laure AUDOUX** – CETE SO/DAIT/UTENV (stagiaire)



# SOMMAIRE

<b>1 - CONTEXTE.....</b>	<b>5</b>
1.1 - Définition et principes des mesures compensatoires.....	5
1.2 - La notion d'équivalence écologique.....	6
1.3 – Les ratios.....	7
1.4 – Objectifs de l'étude.....	8
<b>2 - L'ÉQUIVALENCE ÉCOLOGIQUE APPRÉHENDÉE À TRAVERS SEPT MÉTHODES .....</b>	<b>9</b>
2.1 - Wetland mitigation methods (USA).....	9
2.1.1 - Approches basées sur des ratios préalablement définis :.....	10
2.1.2 - Méthodes d'évaluation rapide.....	10
2.1.2.a - Méthode WRAP (« Wetland Rapid Assessment Procedure » - Floride),.....	10
2.1.2.b - Méthode californienne d'évaluation rapide des zones humides « CRAM » .....	11
2.2 - « Uniform Mitigation Assessment Method » (UMAM Floride).....	11
2.3 - Habitat or Ressource Equivalency Analysis (HEA / REA).....	12
2.4 - Banques de compensation : l'exemple de l'Australie (NSW).....	14
2.5 - Habitat - Hectares (Australie – État de Victoria).....	15
2.6 - Natura 2000 (UE).....	18
2.7 - Ratios de compensation (France).....	20
2.8 - Mise en perspective.....	21
2.8.1 - Synthèse des différentes approches citées.....	21
2.8.1.a - Éléments de biodiversité ciblés :.....	22
2.8.1.b - Indicateurs de mesure de l'équivalence.....	22
2.8.1.c - Prise en compte des dynamiques temporelles.....	23
2.8.1.d - Incertitude.....	23
2.8.2 - Vers une typologie des méthodes.....	24
2.8.2.a - La méthode circonstanciée.....	24
2.8.2.b - La méthode de calcul standardisée.....	24
2.8.2.c - La méthode de calcul standardisée avec hiérarchisation et correspondance.....	25
2.8.2.d - La méthode des ratios, ou compenser quand les gains sont peu probables.....	25
2.8.3 - Ce qu'il faut retenir.....	25
<b>3 - DE LA THÉORIE À LA PRATIQUE, ÉTUDE DE CAS.....</b>	<b>27</b>
3.1 - ECO-MED.....	27
3.2 - Matrice écologique du Port Autonome du Marseille (PAM).....	28
3.3 - Méthode Miroir : Biotope.....	31
3.4 - La compensation par la continuité écologique (pelouses calcaires suisses).....	32
<b>4 - CONCLUSION GÉNÉRALE.....</b>	<b>33</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>34</b>



**ANNEXES : .....36**  
Méthodes préconisées par la Directive Responsabilité Environnementale (DRE).....37

# 1 - Contexte

## 1.1 - Définition et principes des mesures compensatoires

Le cadre législatif français, tout comme le cadre communautaire et international, pose comme principe que les questions environnementales font partie intégrante de la conception des projets ou programmes. La conception doit s'attacher à **respecter la séquence « éviter – réduire – compenser » (ERC)** les impacts sur le milieu naturel : tout projet, programme ou activité susceptible de porter atteinte aux espèces, aux habitats, à la fonctionnalité des milieux, se doit en premier lieu d'éviter les dommages causés, puis le cas échéant de réduire les impacts. **La compensation intervient en dernier recours**, elle doit faire suite à la mise en place de mesures d'évitement et de réduction des impacts. Les mesures compensatoires sont employées uniquement pour contrebalancer les dommages résiduels causés par la réalisation du projet.

La doctrine ERC est imposée depuis la loi sur la protection de la nature de 1976 mais n'a pas systématiquement été mise en place dans les projets. Il faut attendre l'arrêté du 19 février 2007 sur les conditions de demande de dérogation à la destruction d'espèces protégées pour voir une réelle prise en compte de ces mesures dans les projets d'aménagement.

La récente prise en compte de cette doctrine laisse une marge d'amélioration importante. En effet, les études sur les dossiers de projets d'aménagement tendent à démontrer une insuffisance dans la transparence des outils utilisés pour quantifier et mettre en œuvre ces mesures. La compensation est d'autant plus touchée qu'elle intervient en dernier lieu suite à un impact résiduel souvent sous-estimé. **Les modalités de mise en œuvre de la compensation, telles que le calcul de l'équivalence, restent imprécises.**

**La notion de compensation** d'atteinte à la biodiversité fait référence à la conception et à la mise en œuvre de mesures pour empêcher la perte ou la dégradation d'un habitat ou d'une espèce, ou pour restaurer, améliorer ou créer un habitat favorable à la biodiversité. On parle de mesures compensatoires dont l'objectif est de compenser les impacts résiduels sur l'écosystème et ses espèces associées.

Ces mesures de compensation sont de la responsabilité du maître d'ouvrage, et peuvent être mises en place directement par celui-ci ou par une tierce partie (publique ou privée). Elles doivent être réalisables (à la fois techniquement et financièrement), efficaces et pérennes. Souvent, elles sortent du cadre de conception technique du projet et font appel à du génie écologique.

La définition - **choix et dimensionnement - d'une mesure compensatoire** doit prendre en compte les principes suivants :

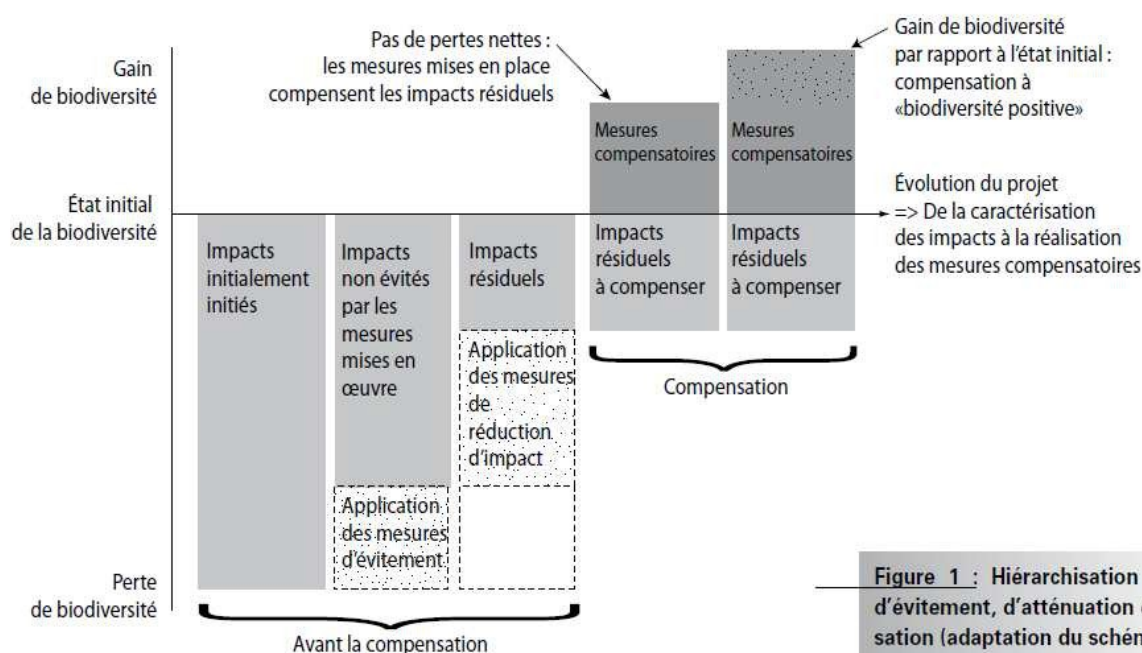
- cibler les espèces et les habitats concernés par la compensation (a minima : les mêmes habitats et espèces qui sont impactés par le projet) ;
- localiser les sites de compensation, en privilégiant les sites situés à proximité du projet, qui respectent les continuités écologiques et qui rendent des services écosystémiques;
- définir un périmètre d'étude, plus large que celui du projet, englobant les sites de compensation, et justifié écologiquement (habitats d'espèces, continuités écologiques), qui servira d'échelle d'analyse pour juger de la cohérence du dossier.
- définir et argumenter les types de mesures à adopter : restauration, réhabilitation, préservation, mise en valeur ou création ;
- justifier les méthodes utilisées pour l'établissement des équivalences ou ratios de compensation employés.

## 1.2 - La notion d'équivalence écologique

La conception et la définition d'une mesure compensatoire est une démarche complexe qui doit être réalisée après avoir qualifié et quantifié l'impact résiduel du projet sur les habitats et les espèces, et défini des mesures d'évitement et de réduction.

L'objectif est de concevoir une compensation qui contrebalance les effets négatifs attendus du projet, adaptée aux enjeux, réalisable et pérenne afin de **garantir a minima la non perte de biodiversité**. On parle alors de **recherche de l' « équivalence écologique »**.

Les mesures compensatoires ont pour objectif l'atteinte de l'équivalence écologique voire l'atteinte de l'additionnalité (production d'effets positifs sur la biodiversité au-delà de ceux que l'on aurait pu obtenir dans les conditions actuelles).



(source : ECO-MED, 2013)

Ce concept d'équivalence écologique, bien que largement répandu et souvent utilisé par les écologues eux-même, reste très variable dans sa définition, y compris **en termes réglementaires** :

- la Directive « Habitats » vise le maintien de la cohérence du réseau ;
- la loi sur l'eau impose une compensation basée sur le fonctionnement écologique ;
- le code forestier demande quant à lui de compenser un défrichement par un reboisement, sans précision qualitative.

S'il n'est pas possible de définir universellement l'équivalence écologique, ses **principes sont maintenant unanimement partagés** (cf. paragraphes à suivre pour plus de détails) :

- l'équivalence vise l'objectif de « non perte nette » (no-net-loss) ;
- elle définit les impacts d'un projet comme des pertes qu'il faut éviter, puis, réduire, et enfin compenser pour générer un gain de biodiversité. L'évaluation de ces impacts se fait par rapport à une référence à expliciter, qui peut être l'état actuel ou une dynamique probable en l'absence d'intervention.

- l'équivalence est atteinte quand les gains sont égaux aux pertes.

✋ Cependant, en l'état actuel des connaissances scientifiques et techniques, il est illusoire de considérer que l'on peut parfaitement « mesurer » la biodiversité, c'est-à-dire la caractériser de façon exhaustive et certaine. Si certaines des approches qui seront abordées dans la suite de ce document y tendent, il faut bien affirmer que de nombreux facteurs d'incertitudes subsistent, par la complexité intrinsèque du vivant.

Des incertitudes peuvent également subsister quant à la détermination précise des impacts, des pertes, des gains, leurs combinaisons...

### 1.3 – Les ratios

Afin d'harmoniser des pratiques ou indiquer des ambitions de compensation, des coefficients de compensation (les ratios) sont souvent utilisés, en particulier en France. Des coefficients minimums sont prévus dans certains textes ou documents cadres (SDAGE par exemple). Nous verrons par la suite que les ratios sont une des méthodes de détermination de l'équivalence parmi d'autres.

**Les ratios** sont des paramètres, souvent surfaciques, qui permettent la calibration et le dimensionnement de la mesure compensatoire. Les unités de mesures doivent être les mêmes que celles utilisées lors de la qualification et quantification des impacts.

Le rapport entre unités de surface est souvent employé, il n'est cependant pas le seul coefficient envisageable. Les ratios peuvent prendre en compte :

- la diversité des habitats et des espèces ;
- la cohérence écologique des aires de répartition des espèces ;
- le maintien ou le développement de services rendus par les écosystèmes.

La surface de la mesure compensatoire reste souvent le principal élément de discussion. Plus un habitat ou une espèce a une valeur patrimoniale forte, plus la surface à compenser sera multipliée par un **coefficient multiplicateur** important. Au regard des différents cas étudiés, les ratios de compensation peuvent aller de 1 : 1 (la surface compensée est égale à la surface impactée) à 10 : 1 (la surface compensée est 10 fois supérieure à la surface impactée).

**Aucune méthode claire n'est actuellement établie** concernant la définition des ratios de compensation. Les méthodologies employées pour le dimensionnement des mesures compensatoires sont actuellement imprécises. Il en découle un certain nombre de contraintes : une interrogation de la part du maître d'ouvrage quant aux coefficients multiplicateurs qui lui sont imposés, une justification hasardeuse de la part de l'administration, et une atteinte des objectifs de compensation complexe.

*Les ratios permettent d'ajuster l'équivalence entre deux milieux de qualité différente (en ajustant par la quantité), et permettent également de prendre en compte le risque associé à certaines modalités de compensation (en cas de restauration et de création) ou le manque d'additionnalité (en cas de préservation).*

*Doctrine actuelle de base : la « reconstitution ne doit pas se mesurer par une simple compensation arithmétique de surface mais plutôt en termes de maintien ou d'amélioration de la biodiversité ». Afin de « combler » le temps de latence nécessaire à l'obtention de l'équivalence, ainsi que la marge d'incertitude de résultat de la technique employée, il est communément admis que le ratio retenu sera supérieur à 1.*

*(source : Mesures compensatoires en faveur de la biodiversité - Etat des lieux (Juin 2010) - MEDDE)*



## 1.4 – Objectifs de l'étude

L'objectif de ce rapport est d'établir une synthèse opérationnelle des méthodes existantes pour appréhender l'« équivalence écologique » et définir des ratios lors d'une compensation.

Ce document s'inscrit dans la réflexion pour l'élaboration d'une stratégie régionale visant l'amélioration de la mise en œuvre des mesures compensatoires en région Midi-Pyrénées, sous l'impulsion de la DREAL et en lien avec l'ensemble des partenaires impliqués.

Le présent rapport est constitué de deux parties principales : la première s'intéresse à cataloguer des méthodes de définition de la compensation à l'international, pour ensuite les comparer et tenter d'en dresser une typologie. Ensuite, une seconde partie détaille des méthodes originales ou novatrices mises en œuvre en France, et qui permettent d'ouvrir des perspectives.



## 2 - L'équivalence écologique appréhendée à travers sept méthodes

Dans cette partie, différentes méthodes de détermination de l'équivalence écologique vont être parcourues afin d'en dégager les idées clés. Elles seront ensuite comparées sur la base d'une grille de lecture unique afin de tirer des enseignements de ces différentes approches

### 2.1 - Wetland mitigation methods (USA)

Depuis les années 1980, de nombreuses méthodes de compensation sur les zones humides (wetland mitigation methods) ont été développées, certainement en réponse à l'importance écologique et aux nombreux services écosystémiques rendus par celles-ci. En particulier, aux États Unis, des méthodes d'évaluation des équivalences écologiques ont été développées afin de s'assurer de la bonne compensation des impacts des projets sur les zones humides. L'idée est **définir l'équivalence écologique par des règles d'échanges explicites et facilement compréhensibles** par l'ensemble des acteurs

Deux approches sont développées aux USA :

- les méthodes basées sur des ratios fixes préalablement définis ;
- et les méthodes rapides d'évaluation écologique.

👉 Ces méthodes américaines seraient difficilement transposables en France sans un travail important sur le choix des indicateurs, afin de les adapter aux spécificités des zones humides françaises. Néanmoins, ces méthodes liées à l'évaluation de l'équivalence écologique pour les zones humides retiennent l'attention pour leur volonté d'être efficaces, et leur prise en compte des facteurs temps et risque.

#### 2.1.1 - Approches basées sur des ratios préalablement définis :

Les ratios sont fixes et définis préalablement selon des critères qui varient d'un État à un autre. Ici, les méthodes d'équivalence écologique ne sont **pas liées aux conditions écologiques des sites mais aux types d'actions entreprises** sur les sites.

Ces approches s'illustrent par des exemples tant elles sont pragmatiques et simples, notamment :

⇒ l'État d'Oregon s'est basé sur la nature des actions d'ingénierie écologique entreprises sur les sites de compensation pour définir les ratios fixes :

- action d'amélioration d'habitat : 3 : 1 (surface de compensation trois fois supérieure à celle impactée) ;
- création d'habitat : 1,5 : 1 ;
- restauration : 1 : 1.

L'hypothèse est de dire que selon les typologies d'action entreprises, les gains de biodiversité de seront pas les mêmes. Ainsi, les surfaces de compensation diffèrent.

⇒ dans l'État d'Indiana, les ratios de compensation ont été définis en fonction des risques d'échec des mesures compensatoires. Les ratios sont plus élevés pour les actions réalisées dans les prairies humides (risque d'échec de 87 %, ratio de 7,6 : 1) que celles réalisées dans les marais peu profonds (risque d'échec de 17 %, ratio de 1,2 : 1).

Type	Failure rate	Ratio to overcome failure rate
Forest	71%	3.5:1
Shrub†	43%	1.8:1
Meadow	87%	7.6:1
Shallow	17%	1.2:1
Deep†	<0%	N/A
Aquatic bed†	<0%	N/A
Open	5%	1:1

† Too little of this type was included in the study to reach a reliable conclusion.

*Pour aller plus loin :*

[http://www.spk.usace.army.mil/Portals/12/documents/regulatory/pdf/Assessing\\_Wetland\\_\\_by\\_J.Robb.pdf](http://www.spk.usace.army.mil/Portals/12/documents/regulatory/pdf/Assessing_Wetland__by_J.Robb.pdf)

## 2.1.2 - Méthodes d'évaluation rapide :

L'objectif de ces méthodes est de fournir une **évaluation des pertes et gains écologiques** dans une logique d'efficacité et de rapidité, et se doivent :

- d'être adaptées au contexte réglementaire ;
- d'être réalisées dans un délai restreint ;
- de générer des résultats reproductibles.

✋ Ces méthodes prennent assez peu en compte l'aspect biodiversité mais veulent rendre compte de l'équivalence pour les fonctionnalités des zones humides et le contexte paysager, en comparant zones restaurées et zones impactées par un projet.

### 2.1.2.a - Méthode WRAP (« Wetland Rapid Assessment Procedure » - Floride)

L'objectif est d'évaluer l'état d'un système écologique de manière simple, rapide et reproductible à partir d'indicateurs. Six indicateurs sont définis : utilisation de la faune, couverture de la canopée, couverture végétale, effet tampon, indicateurs hydrologiques, qualité des eaux.

Leurs notations varient entre 0 et 3 avec une incrémentation de 0,5 :

- la valeur « 3 » indique que la zone humide est intacte ;
- la valeur « 0 » indique une zone humide avec une capacité fonctionnelle réduite.

Les **6 indicateurs sont combinés** (généralement de façon additive ou multiplicative) sous la forme d'indicateurs globaux.

Des méthodes d'élaboration de chacun de ces indices sont clairement définies, elles sont variables mais ont toutes pour objectif de **positionner la zone humide évaluée sur un gradient de dégradation** allant d'un état non dégradé (état « sauvage ») à un état très dégradé. Le score global obtenu est compris entre 0 et 1 (« 1 » représente une zone humide intacte). Ce **score est calculé avant et après compensation** pour les zones compensées, avant et après le projet pour les zones impactées.

Pour aller plus loin :

WETLAND RAPID ASSESSMENT PROCEDURE (WRAP), TECHNICAL PUBLICATION REG -001, SOUTH FLORIDA WATER MANAGEMENT DISTRICT

[http://www.sfwmd.gov/portal/page/portal/xrepository/sfwmd\\_repository\\_pdf/wrap99.pdf](http://www.sfwmd.gov/portal/page/portal/xrepository/sfwmd_repository_pdf/wrap99.pdf)

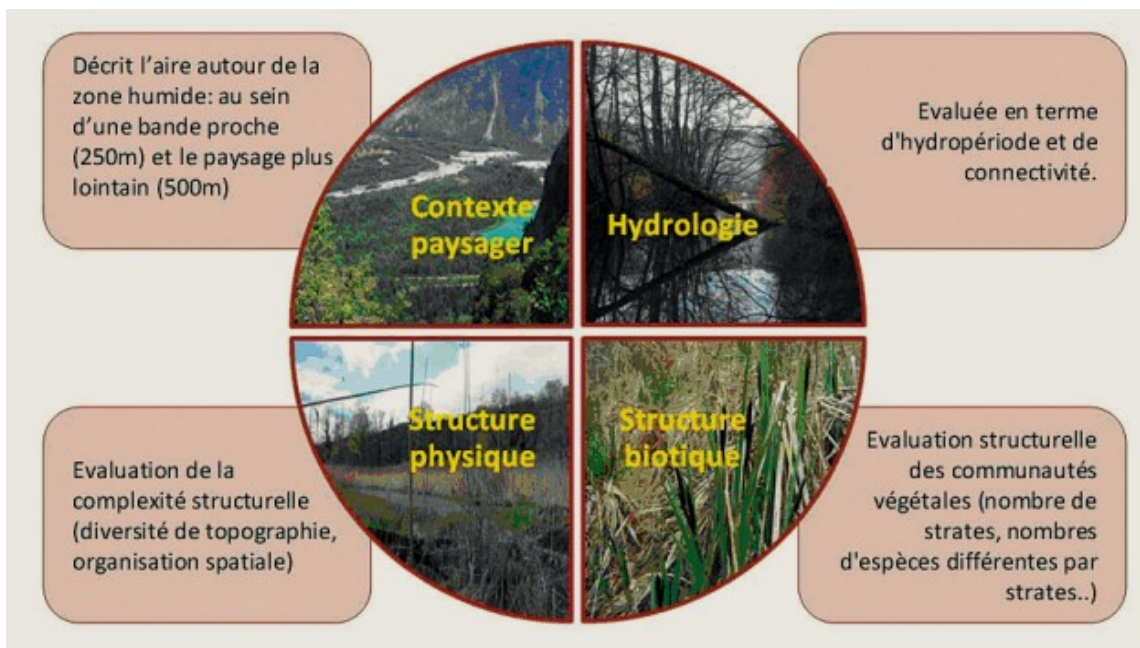
### 2.1.2.b - Méthode californienne d'évaluation rapide des zones humides « CRAM »

Cette méthode est basée sur l'étude de quatre critères permettant de **donner une notation à la zone humide avant et après impact ou compensation** : conditions biotiques et abiotiques, hydrologie, contexte paysager.

Un ensemble d'indicateurs sont définis et convertis en scores numériques qui sont additionnés pour donner la notation à la zone humide.

#### Les 4 volets de l'évaluation rapide des zones humides

(source : Science Eaux et Territoires – article hors série n°7)



Le processus d'élaboration de cette méthode se déroule en trois phases :

1. identification des critères (conditions biotiques et abiotiques, hydrologie, contexte paysager) ;
2. calibration du choix des indicateurs en fonction de la typologie de zones humides ;
3. et comparaison avec des évaluations biologiques approfondies (validation).

Cette méthode a été élaborée en partenariat avec les agences fédérales, agences d'État, experts locaux et scientifiques. **Un formulaire d'évaluation** (cf. exemple en page suivante) a été créé **pour chaque type de zones humides**. Ces formulaires ont été conçus pour que l'évaluation ne dépasse pas 4 heures de travail sur le terrain pour une équipe de deux personnes.



*Pour aller plus loin :*

California Wetlands Monitoring Workgroup (CWMW). 2009. Using CRAM (California Rapid Assessment Method) to Assess Wetland Projects as an Element of Regulatory and Management Programs. 46 pp.

## Exemple de formulaire d'évaluation d'évaluation rapide de zone humide

(source : CRAM, *Perennial Estuarine Wetlands – Field Book.*)

### Scoring Sheet: Perennial Estuarine Wetlands

AA Name:			Date:					
Attribute 1: Buffer and Landscape Context (pp. 8-14)				Comments				
Aquatic Area Abundance (D)		Alpha.	Numeric					
Buffer (based on sub-metrics A-C)								
Buffer submetric A: <i>Percent of AA with Buffer</i>		Alpha.				Numeric		
Buffer submetric B: <i>Average Buffer Width</i>								
Buffer submetric C: <i>Buffer Condition</i>								
Raw Attribute Score = $D + [C \times (A \times B)^{1/2}]^{1/2}$					Final Attribute Score = (Raw Score/24) x 100			
Attribute 2: Hydrology Attribute (pp. 15-19)								
Water Source		Alpha.	Numeric					
Hydroperiod								
Hydrologic Connectivity								
Raw Attribute Score = sum of numeric scores					Final Attribute Score = (Raw Score/36) x 100			
Attribute 3: Physical Structure Attribute (pp. 20-25)								
Structural Patch Richness		Alpha.	Numeric					
Topographic Complexity								
Raw Attribute Score = sum of numeric scores					Final Attribute Score = (Raw Score/24) x 100			
Attribute 4: Biotic Structure Attribute (pp. 26-34)								
Plant Community Composition (based on sub-metrics A-C)								
Plant Community submetric A: <i>Number of plant layers</i>		Alpha.	Numeric					
Plant Community submetric B: <i>Number of Co-dominant species</i>								
Plant Community submetric C: <i>Percent Invasion</i>								
Plant Community Composition <i>(numeric average of submetrics A-C)</i>								
Horizontal Interspersion								
Vertical Biotic Structure								
Raw Attribute Score = sum of numeric scores					Final Attribute Score = (Raw Score/36) x 100			
Overall AA Score (average of four final Attribute Scores)								

## 2.2 - « Uniform Mitigation Assessment Method » (UMAM Floride)

L'objectif de la méthode UMAM est de **déterminer le niveau de compensation nécessaire pour les impacts sur les zones humides**, et de dimensionner les fonds (entrants et sortants) pour une banque de compensation (cf. également le §2.4 sur les banques de compensation).

Nous nous intéressons ici à l'apport de l'UMAM pour déterminer le niveau de compensation. L'une de ses particularités est la prise en compte des facteurs temps et risque dans les calculs de l'équivalence (T-factor).

Une **caractérisation qualitative et quantitative de l'aire d'étude** est établie afin de fournir un état de référence pour les espèces et les fonctionnalités écologiques évaluées. Ces caractérisations **s'appliquent à la fois aux zones du projet et aux zones de compensation**.

Pour cela, un protocole d'étude complet est fourni (UMAM training manual) : fiches terrains et leur utilisation, jusqu'aux listes d'espèces et de fonctionnalités. Des formations sont dispensées auprès des opérateurs pour l'utilisation de ces outils. Des formulaires sont saisis en ligne afin de garantir l'unicité et la complétude des saisies.

Une trentaine de critères répartis en trois catégories sont à évaluer selon une méthodologie très détaillée, mais efficiente : situation et écologie du paysage, hydrologie et fonctionnalités écologiques, structure des communautés d'espèces. Afin de normaliser l'évaluation, il est conseillé d'utiliser quatre catégories de score pour noter chacun des trente critères (et également pour calculer le score global de chacune des trois catégories) : optimale (10), modéré (7), minimum (4), absent (0). N'importe quel score situé entre ces catégories peut néanmoins être utilisé.

Enfin, les différents scores de chacun des trente critères sont additionnés et divisés par trente pour obtenir **un score entre 0 et 1 qui définit une note globale à l'aire d'étude**. Ce calcul est effectué plusieurs fois : état actuel, état avec impacts et état envisagé après compensation. **La différence entre l'état actuel et chacun des deux autres état constitue le « delta ».**

Lors de l'établissement du score global de l'aire d'étude avec les solutions de compensation mises en place, sont intégrés dans le calcul à l'échelle de l'aire d'étude :

- le **facteur temps** : délai entre la mise en œuvre des actions de compensation et l'obtention du gain écologique attendu. Ce facteur reflète la compensation « supplémentaire » nécessaire pour atteindre l'équivalence. Le délai en années est lié à un coefficient établi (cf. tableau ci-contre) ;
- le **facteur risque** : exprime le degré d'incertitude quant aux solutions de compensation proposées. Il est basé sur un retour d'expériences passées de réhabilitation, restauration ou de création de zones humides. Ce degré peut prendre la valeur de 1 (risque minime) à 3 (risque maximal d'échec) avec une incrémentation de 0,25.

### *Pour aller plus loin :*

Uniform Mitigation Assessment method,  
Florida Administrative Register, Rule  
Chapter 62-345

<http://www.dep.state.fl.us/legal/Rules/surfacewater/62-345/62-345.pdf>

Year	T-factor
< or = 1	1
2	1.03
3	1.07
4	1.10
5	1.14
6 – 10	1.25
11 – 15	1.46
16 – 20	1.68
21 – 25	1.92
26 – 30	2.18
31 – 35	2.45
36 – 40	2.73
41 – 45	3.03
46 – 50	3.34
51 – 55	3.65
>55	3.91



## 2.3 - Habitat or Ressource Equivalency Analysis (HEA / REA)

La loi française sur la responsabilité environnementale (LRE) recommande d'utiliser ces méthodes en priorité. Il s'agit de méthodes d'équivalence écologique qui permettent de restaurer des ressources et/ou des services écosystémiques endommagés de manière à revenir aux services et/ou ressources initiaux en termes de nature, qualité et quantité.

*La LRE préconise l'emploi de deux types d'approches : les approches en termes d'équivalence (approches « de premier choix ») et les approches par la valeur (méthodes de valorisation environnementale plus classiques mais également plus controversées). Ces dernières ne doivent être employées que par défaut, lorsque l'utilisation des méthodes d'équivalence s'avère impossible du fait, par exemple, d'un manque d'informations (telles l'état initial du milieu avant dommage, etc.)*

*(source : La LRE et ses méthodes d'équivalence - Guide méthodologique (Juillet 2012) – MEDDE)*

On peut distinguer deux méthodes d'équivalence selon le type d'écosystème endommagés :

- la méthode « Habitat Equivalency Analysis » (**HEA**) : elle préconise une approche globale prenant en compte les interactions espèces - milieux et les services écologiques associés. On parle d'**équivalences service – service**, c'est-à-dire que le projet de compensation vise à restaurer les services initialement fournis par le milieu. Cette approche est appliquée lorsque **l'écosystème dégradé est complexe** en termes de nombre d'espèces et variété d'habitat.
- la méthode « Ressource Equivalency Analysis » (**REA**) : elle préconise une approche ciblée sur une espèce ou un groupe d'espèces. On parle d'**équivalence ressource – ressource**. Le projet de restauration vise à compenser les pertes d'espèces ou groupes d'espèces afin de revenir aux ressources initialement fournies par le milieu. Cette approche est appliquée lorsque **l'écosystème est « peu complexe »** c'est-à-dire qu'il est constitué de peu d'espèces.

### 2.3.1 - Méthodes d'équivalence Habitat (HEA) :

Les pertes intermédiaires se calculent année par année durant la totalité de la période d'impact. Elles s'additionnent pour donner les **pertes intermédiaires globales** (cf. détails en annexe).

Les gains s'estiment en pourcentage par unité restaurée (hectare). Ils se calculent également année par année durant la période de restauration et s'additionnent de manière à obtenir les **gains globaux** du projet de restauration.

Le **dimensionnement du projet de restauration** est déterminé à partir du ratio entre l'estimation des pertes et des gains globaux :

Nombre d'hectare à restaurer = nombre d'hectares ne fournissant plus de services (pertes) /  
pourcentage de service obtenus sur un hectare restauré (gains)

### 2.3.2 - Méthodes d'équivalence Ressource (REA) :

Il s'agit du même principe que pour la méthode HEA hormis le fait que les **pertes et gains** ne s'expriment plus en surface mais en **unités de ressources** (nombre d'individus perdus, nombre d'individus gagnés par année) (cf. détails en annexe).

Le **dimensionnement du projet de restauration** s'exprime en nombre d'années durant lesquelles la restauration est nécessaire. Il est calculé par les ratios suivants :

$$\text{Nombre d'années de restauration} = \frac{\text{nombre d'individus perdus durant la période d'impact}}{\text{nombre d'individus restaurés par an}}$$
$$\text{Nombre d'années de restauration} = \frac{\text{nombre de ressources perdues (pertes)}}{\text{nombre de ressources restaurées par an (gains)}}$$

✋ Ces deux méthodes d'équivalence offrent l'avantage de pouvoir être appliquées à tous les types d'écosystèmes. Cependant, le choix des indicateurs est primordial pour obtenir des résultats cohérents.

*Pour aller plus loin :*

La loi responsabilité environnementale et ses méthodes d'équivalence, guide méthodologique – juillet 2012.

[www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Ref-LRE.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Ref-LRE.pdf)

## 2.4 - Banques de compensation : l'exemple de l'Australie (NSW)

Une banque de compensation est un ensemble de sites sur lequel un opérateur met en œuvre des actions écologiques en **anticipation de besoins futurs de compensation**. Plus précisément, il s'agit d'un **achat de crédit de compensation à une tierce partie, la banque de compensation**, qui se charge de la mise en œuvre des mesures compensatoires appropriées. Les banques de compensation se développent depuis les années 1990 en particulier aux États Unis et en Australie.

✋ L'utilisation de ce système est peu développé en Europe excepté l'Allemagne.

En Australie, l'Etat de New South Wales a mis en place un programme de « biobanking » (BioBanking Assessment Methodology) ambitieux et bien construit pour la détermination et le calcul des « crédits » nécessaires à la compensation pour un porteur de projet, ou la valeur d'un site de compensation proposé à la vente. Un logiciel de calcul a été élaboré le « BioBanking Credit Calculator », qui utilise les équations de la méthodologie, des bases de données internes et les données terrains collectées par un évaluateur agréé de la banque de compensation.

Le « prix » du site proposé à la vente ou le coût des impacts d'un projet est établi en prenant en compte **7 critères** : priorités écologiques stratégiques de l'Australie et de l'état du NSW, valeur paysagère, valeur écologique du site, espèces menacées, actions anthropiques (impacts du projet ou mesures de compensation), surface.

La **valeur fédérale et nationale du site** est déterminée sur la base de listes d'habitats et d'espèces et de leur état de conservation national et local. La valeur paysagère est déterminée selon des principes d'écologie du paysage en analysant le site dans son environnement proche. La valeur écologique est basée sur des



expertises et des relevés sur le terrain, avant et après les solutions de compensation ou les impacts du projet.

Le **calcul du coût d'un projet** est le suivant :

$$\text{Coût du projet} = (\text{pertes écologiques du site} * \text{surface} / \text{réponse des espèces menacées aux mesures de compensation}) + (\text{pertes paysagères} * \text{surface})$$

Le **calcul de la valeur d'un site de compensation** :

$$\text{Valeur du site de compensation} = (\text{gains écologiques du site} * \text{surface}) + (\text{gains paysagers du site} * \text{surface})$$

👉 Aux États Unis, un **bilan mitigé** fait suite à la mise en œuvre de ces banques de compensation.

- Tout d'abord, la création d'un marché autour de ces banques de compensation engendre des conséquences négatives sur la biodiversité. Par exemple, en Floride, les zones humides des milieux urbains se sont vues déplacées vers les milieux ruraux où la maîtrise foncière notamment est plus attractive.
- Également, l'application de ce système de compensation entraîne une insuffisance dans la prise en compte de l'incertitude scientifique. Enfin, la mise en place de banque de compensation pourrait conduire les autorités à être moins regardantes sur les possibilités d'évitement ou de réduction des impacts.
- L'expérience des banques de compensation à l'étranger révèle que seule une gouvernance forte pourrait permettre une atteinte des objectifs écologiques de compensation attendus.

*Pour aller plus loin :*

La compensation des atteintes à la biodiversité à l'étranger, étude de parangonnage (Etudes et documents N°68).

[www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED68.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED68.pdf)

## 2.5 - Habitat - Hectares (Australie – État de Victoria)

Cette méthode a pour objectif d'**aider le maître d'ouvrage à développer ou dimensionner une mesure compensatoire propre à son projet.**

👉 Elle s'applique uniquement aux communautés végétales indigènes, généralement en milieu forestier, et se base sur une comparaison de l'état écologique d'une forêt par rapport à celui d'une forêt de référence à forte maturité.

Les étapes de la méthode :

1. Une première étape consiste à **déterminer l'enjeu de conservation** de la communauté végétale du site impacté (très important, important, moyen, faible) en fonction du statut de conservation (rare, menacé, etc..).
2. La seconde étape est **l'évaluation de la qualité environnementale** de la communauté végétale impactée et celle de la communauté végétale de compensation : 10 paramètres ou indicateurs sont pris en compte (7 à l'échelle du site et 3 à l'échelle du paysage). La détermination du niveau de qualité de chacun des paramètres est obtenue sur la base d'une comparaison (exprimée en %) avec les communautés végétales présentes dans un milieu naturel mature (benchmark). Plus le score est élevé plus la communauté impactée est proche de celle d'un milieu naturel mature.



### Habitats – Hectares : les scores de référence.

(source : Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels. CGEDD, octobre 2013)

	PARAMÈTRES	VALEUR MAXIMALE (I.E. SI ÉQUIVALENCE AU BENCHMARK) EN %	NIVEAU (EXEMPLE FICTIF) EN %
SITE	Grands arbres	10	5
	Couvert de la canopée	5	5
	Strates inférieures	25	20
	Absence de mauvaises herbes	15	10
	Recrutement (i.e. l'arrivée de nouveaux individus)	10	10
	Litière	5	5
	Rondins	5	0
PAYSAGE	Taille du patch	10	5
	Voisinage	10	10
	Distance par rapport au cœur de la zone d'intérêt	5	5
	<b>Total ou score d'habitat</b>	<b>100</b>	<b>75</b>

3. La troisième étape consiste à **appliquer la formule** suivante :

$$\text{Hectare de compensation} = \text{score d'habitat (en \%)} * \text{superficie impactée}$$

4. Enfin, La dernière étape consiste à **dimensionner (surface et score d'habitat) la mesure compensatoire** selon de tableau suivant :

### Habitats-Hectares, enjeux de conservation.

(source : Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels. CGEDD, octobre 2013)

Critères de compensation	ENJEU DE CONSERVATION DE LA COMMUNAUTÉ VÉGÉTALE IMPACTÉE			
	Très important	Important	Moyen	Faible
Hectares d'habitat à compenser	Gain net Ratio $\geq 2$	Gain net Ratio $\geq 1,5$	Non perte nette Ratio $\geq 1$	
Score d'habitat du site de compensation	$\geq 90\%$	$\geq 75\%$	$\geq 50\%$	-
Proportion de revégétalisation	Limité à 10 %	Limité à 25 %	Limité à 50 %	-
Périmètre (biorégion)	Même biorégion		Même biorégion ou biorégion adjacente en cas de trading-up	
Communauté végétale	<i>In-kind</i>	<i>In-kind</i> ou <i>trading-up</i> (auquel cas la surface de compensation requis est proportionnellement réduite)		

## Exemple fictif :

*Cas d'un projet portant atteinte à 10 ha d'une communauté végétale dont le score d'habitat est de 75 %. Le nombre d'hectare d'habitat à compenser sera de 7,5 ha ( $0,75 \times 10$ ).*

*Si son enjeu de conservation est très important, le maître d'ouvrage devra compenser dans la même biorégion plus de 15 ha (ratio supérieur ou égale à 2) de la même communauté végétale dont le score d'habitat est d'au moins 90 % (état très proche de l'état naturel).*

👉 L'avantage de cette méthode est de proposer des critères simples et quantitatifs permettant de prendre en compte les composantes écologiques. Cependant, elle présente certaines limites :

- risque d'effet observateur dans les mesures ;
- non prise en compte des régimes de perturbation ;
- pas de prise en compte des pertes intermédiaires ;
- pas de dimensionnement entre les pertes et les gains.

### Pour aller plus loin :

Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels. CGEDD, 2013

[www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Ref\\_-\\_Lignes\\_directrices.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Ref_-_Lignes_directrices.pdf)

## 2.6 - Natura 2000 (UE)

La Directive Habitats, Faune, Flore (92/43/CEE) met également en place la notion de mesures compensatoires pour contrer les impacts résiduels d'un projet, en visant l'atteinte d'un état de conservation favorable pour les espèces ciblées. Ces mesures doivent à la fois assurer le maintien du bon état des espèces présentes sur le site et améliorer l'état de conservation des espèces dont l'état est défavorable. La conception de ces mesures est fixée par un cadre juridique européen. Dans la pratique, les mesures compensatoires sont très rarement mises en place sur un site Natura 2000, puisqu'elles demandent une consultation voire un avis de la Commission Européenne, et la justification des raisons d'intérêt public majeur du projet.

La lecture des textes communautaires, notamment les paragraphes 6.3 et 6.4 de la Directive « Habitats », mais aussi le guide d'interprétation, **reste intéressante pour la définition des mesures compensatoires centrée sur la cohérence globale du réseau.**

Pour la Commission Européenne, les mesures compensatoires doivent avoir pour but d'assurer la poursuite de la contribution du site impacté à la conservation dans un état favorable des habitats qu'il contient, à l'échelle de la région biogéographique concernée. Cela a deux conséquences directes :

- aucun site Natura 2000 ne peut être impacté avant que les mesures compensatoires n'aient été mises en places de façon effective ;
- et les mesures compensatoires doivent avoir une valeur additionnelle.

Cette définition permet aussi d'envisager les **formes suivantes pour les mesures compensatoires** appliquées à un site Natura 2000 :

- création d'un habitat sur un site nouveau ou agrandi (et incorporé au sein du réseau) ;
- amélioration d'un habitat sur une partie du site ou sur un autre site ;

- exceptionnellement, proposition d'un nouveau site Natura 2000.

A ce stade, il est intéressant de bien prendre en compte **l'importance donnée par la Directive « Habitats » à la cohérence du réseau**, qui s'entend en premier lieu par la politique de préservation des réservoirs de biodiversité que sont les sites Natura 2000, mais aussi par le maintien et le développement des éléments du paysage qui reflètent une importance majeure pour la faune et la flore : les corridors écologiques.

Ainsi, d'un point de vue communautaire, les mesures compensatoires doivent :

- cibler des espèces et les habitats impactés ;
- être réalisées sur la même région biogéographique ;
- fournir une fonctionnalité comparable à celle qui a justifié la désignation du site impacté ;
- clairement viser des objectifs d'aménagement et de gestion assurant le maintien ou le renforcement de la cohérence du réseau Natura 2000.

La cohérence du réseau est ici l'unité de mesure de l'équivalence écologique. Si **cette cohérence reste difficile à appréhender concrètement, sa prise en compte est réellement intégratrice**, spatialement et temporellement, et peut être transposée à une échelle plus réduite, comme un ensemble de sites en gestion ou une aire d'étude correctement définie dans le cadre de mesures compensatoires.

### Fiche type : description des mesures compensatoires

(source : *Assessment of plans and projects significantly affecting Natura 2000 sites*, CE, novembre 2001)

#### Description de mesures compensatoires

Questions d'évaluation	Réponses
Comment a-t-on identifié les mesures compensatoires?	
Quelles variantes ont été identifiées?	
Comment est-ce que ces mesures remplissent les objectifs de conservation du site?	
Est-ce que ces mesures comportent, dans des proportions comparables, les incidences négatives sur les habitats et les espèces?	
Comment est-ce que les mesures compensatoires maintiennent ou augmentent la cohérence générale du réseau Natura 2000?	
Est-ce que ces mesures se rapportent à la même région biologique et au même État membre?	
Si les mesures compensatoires demandent que soit utilisé un terrain hors du site Natura 2000 affecté, est-ce que ce terrain appartient et est contrôlé à long terme par le promoteur du projet ou plan ou par l'autorité nationale ou locale appropriée?	
Est-ce que le site de compensation a la même géologie, hydrologie, le même sol, climat et autres conditions que le site Natura 2000 affecté par le projet ou plan?	
Est-ce que les mesures compensatoires assurent des fonctions comparables à celles ayant contribué à la sélection du site originel?	
Quelles sont les preuves qui démontrent que cette forme de compensation sera un succès à long terme?	

Pour aller plus loin :

Gérer les sites Natura 2000 — Les dispositions de l'article 6 de la directive «Habitats», Luxembourg: Office des publications officielles des Communautés européennes, 2000 — 69 p.

[http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/art6/provision\\_of\\_art6\\_fr.pdf](http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/art6/provision_of_art6_fr.pdf)

## 2.7 - Ratios de compensation (France)

Le calcul des ratios pour s'assurer de l'équivalence, très utilisé en France, **n'est pas établi avec une méthodologie précise et appliqué de façon hétérogène**. Les mesures compensatoires sont souvent de nature foncière, avec acquisition puis gestion. Les ratios employés sont surfaciques et déterminés au cas par cas. Plus la valeur patrimoniale de la perte de biodiversité observée est grande, plus le ratio exigé sera élevé. Les ratios sont donc établis sur proposition du porteur de projet (et son bureau d'étude le cas échéant), puis concertés avec le service instructeur et/ou le CNPN. Les fourchettes admises vont de 1 à 10.

Tableau 2 : Ratio de compensation appliqué par le CNPN selon les cas rencontrés lors de demandes de dérogation.

Cas	Ratio de compensation
Destruction de nature ordinaire mais importante pour la préservation de la biodiversité du type haies	1 pour 1
<b>Destruction de zones humides « ordinaires » (SDAGE)</b> Destruction habitat ou espèce à enjeu moyen (habitat ou espèce ou habitat d'espèce patrimoniaux mais pas en liste rouge)	2 pour 1
Destruction d'habitat, d'espèce ou d'habitat d'espèce à enjeu fort : espèces ou habitat protégé <sup>11</sup> et en liste rouge	5 pour 1
Destruction d'habitat, d'espèce ou d'habitat d'espèce à enjeu majeur : habitat prioritaire, liste rouge ou concentration d'habitats, d'espèces ou d'individus	10 pour 1
Pas de maintien en l'état de conservation d'une population espèces dans son aire de répartition géographique	Autorisation impossible

(source : Mesures compensatoires et correctives liées à la destruction de zones humides (ONEMA et MNHN))

👉 Ainsi, la « méthode française » pour le dimensionnement des mesures compensatoires est issue de la pratique administrative et constitue une sorte de compromis pour l'ensemble des acteurs, donnant un cadre commun assez large. Cette définition de l'équivalence est toutefois hasardeuse et **ne permet pas un dimensionnement raisonné et écologiquement argumenté**, laissant libre cours à la surenchère comme au sous-dimensionnement.

## 2.8 - Mise en perspective

Dans un article de 2011<sup>1</sup>, Fabien Quétier et Sandra Lavorel dressent une revue intéressante des outils, méthodes et recommandations qui ont été développées pour déterminer l'équivalence écologique, dont certaines ont été abordées ici.

Sont présentés dans cette partie les principaux résultats mis en avant par ces travaux.

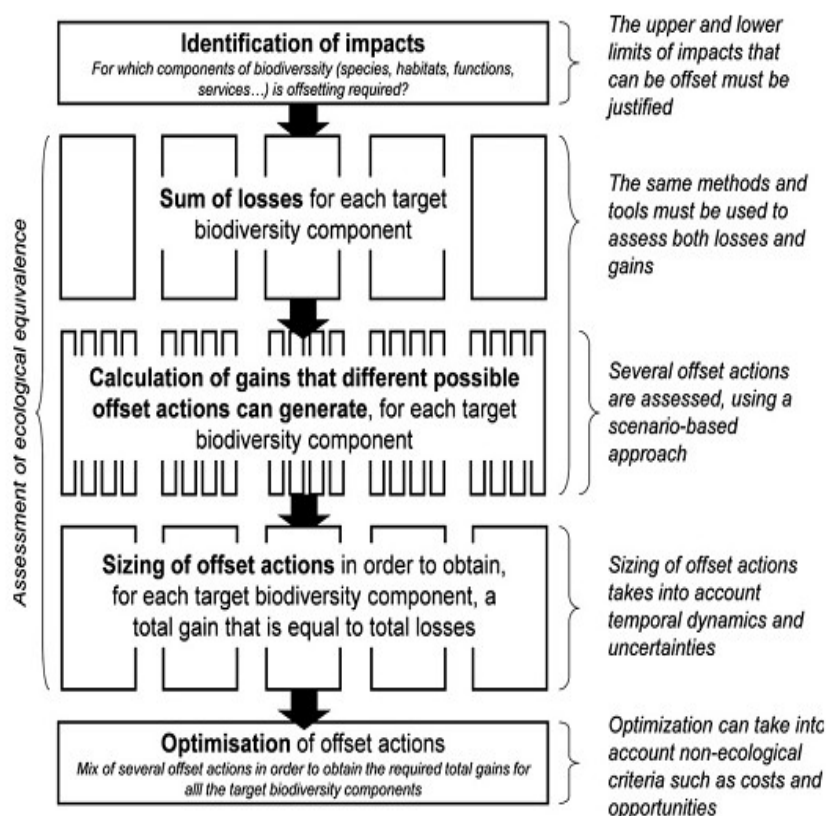
### 2.8.1 - Synthèse des différentes approches citées :

D'après Quétier et al., les **points clés de la détermination de l'équivalence écologique** sont les suivants :

- détermination des éléments de **biodiversité ciblés** (espèces, habitats, communautés, écosystèmes, services, ...)
- mise en place d'indicateurs et de méthodes de **dimensionnement des gains et pertes** ;
- disponibilité de **références et méthodes de calcul précis** pour ce dimensionnement ;
- prise en compte de la **temporalité** (délai entre pertes constatées et gains attendus)
- prise en compte de l'**incertitude** au niveau du dimensionnement de l'équivalence et des mesures elle-mêmes.

Comment l'évaluation de l'équivalence écologique (en trois étapes) s'inscrit dans une procédure globale pour la conception, le dimensionnement et l'optimisation des mesures compensatoires

(source : Quétier et Lavorel, 2011)



Ces points clés servent de grille de lecture pour les différentes méthodes expertisées dans l'article.

Le tableau suivant donne un aperçu général.

<sup>1</sup> Assessing ecological equivalence in biodiversity offset schemes: Key issues and solutions, Biological conservation A. 2011, vol. 144, n° 12, pp. 2991-2999 [9 pages], Elsevier



**Analyse comparative des différentes méthodes de dimensionnement de l'équivalence écologique abordées précédemment**

*(source : Quétier et al., 2011)*

Nom de la méthode	Éléments de biodiversité ciblés		Indicateurs de mesure de l'équivalence				Dynamique temporelle		Prise en compte de l'incertitude
	Cible (unité)	Possibilité de compensation hors zone ou hors cible	Prédéfini	un ou plusieurs	Références de calcul	Approche paysagère	Etat de Référence	Prise en compte	
<b>Wetland mitigation methods (USA)</b>	Zone humide (aire * score)	Non	Oui	Plusieurs	Oui	Oui	Actuel	Non	Non
<b>UNAM (USA)</b>	Zone humide (aire * score)	Non	Oui	Plusieurs	Oui	Oui	Actuel	Oui	Oui
<b>HEA / REA</b>	Services interrompus par années et par unité de surface	Oui	Non	un	Oui	Non	Futur	Oui	Non
<b>Banque de compensation (Australie)</b>	Espèces protégées (crédits)	Non	Non	un	Oui / Non	Oui / Non	Actuel	Non	Non
<b>Habitats-Hectares (Australie)</b>	Végétations natives (aire * score)	Non	Oui	Plusieurs	Oui	Oui	Actuel	Non	Non
<b>Ausgleich (Allemagne)</b>	Espèces et habitats protégées (aire * type d'habitat)	Non	Non	Plusieurs	Non	Oui / Non	Actuel	Oui	Oui
<b>Biotopwertverfahren (Allemagne)</b>	Espaces Naturels (aire * score)	Oui	Oui	un	Oui	Non	Actuel	Non	Non
<b>Natura 2000 (UE)</b>	Intégrité du réseau Natura 2000	Non	Non	Plusieurs	Non	Oui	Actuel	Non	Non
<b>Ratio de compensation (France)</b>	Espèces et habitats protégées (aire * type d'habitat)	Non	Oui	un	Non	Non	Actuel	Non	Non

(Oui/Non signifie que la prise en compte et fonction du type de mesures compensatoires définies)



### 2.8.1.a - *Éléments de biodiversité ciblés*

Pour l'auteur, bien que **la richesse ou la rareté des espèces** soit très souvent utilisé comme unité de mesure de la biodiversité, ces notions **ne sont pas appropriées pour dimensionner la compensation**, car elles ne tiennent pas compte de la complexité de la biodiversité. Il est **préférable d'avoir des approches écosystémiques**, comme l'intégrité des réseaux écologiques, l'état de conservation des habitats, le bon état écologique (DCE par exemple). Néanmoins, ces approches restent elles aussi des modélisations de la réalité et sont simplificatrices.

Il n'existe donc **pas de méthode universelle de détermination de l'équivalence**. L'auteur **conseille de segmenter au maximum les analyses** afin de diminuer les approximations et erreurs. Cette segmentation lors de la détermination du dimensionnement de l'équivalence ne doit pas interférer avec la qualité, **la nécessaire transversalité et la recherche de synergies** dans la définition des mesures compensatoires qui seront élaborées en phase finale de la séquence « éviter, réduire, compenser » (ERC).

Les méthodes employées pour la détermination de **l'équivalence peuvent également cibler très précisément les objets étudiés** : sont citées les méthodes de compensation rapides des zones humides américaines, ou la notion d'intégrité du réseau Natura 2000 qui vise uniquement les listes habitats et d'espèces communautaires. Ces approches permettent de simplifier l'approche de l'équivalence et donc de s'assurer que les cibles définies soient bien pris en compte.

Enfin, **les méthodes ciblant les services écosystémiques sont très employées** (HEA/REA) et peuvent être intéressantes, mais elles ont le défaut de ne pas intégrer d'évaluation (monétarisation ou autre), parfois même d'identification, des fonctions sociétales des écosystèmes.

### 2.8.1.b - *Indicateurs de mesure de l'équivalence*

Sélectionner ou définir des indicateurs – ou une combinaison d'indicateurs – de mesure de l'équivalence est **une étape clé**.

Bien souvent, la compensation ne se fonde que sur une approche surfacique (entre habitat détruit et habitat reconstitué par exemple). Des méthodes viennent compléter cette approche basique par d'autres critères, c'est le cas pour les HEA/REA qui mettent en œuvre un indicateur fonction d'un état de référence réel ou théorique, et dont le dimensionnement est plus ou moins élaboré (combinaison d'autres indicateurs ou sélection argumentée d'une valeur parmi plusieurs scénarii). Certaines méthodes exigent la mise en place d'indicateurs au cas par cas, d'autres utilisent des indicateurs complexes, prédéfinis, et parfois calibrés sur des sites de référence (habitats-hectare par exemple).

Si ces méthodes détaillées **aident les autorités et les porteurs de projet** à partager les approches et les mesures de l'équivalence, elles sont **parfois critiquées par les scientifiques car elles introduisent des biais et sont simplificatrices**. Enfin, il faut remarquer que peu de ces méthodes prennent en compte l'approche paysagère dans la mesure des gains et pertes de biodiversité. On reconnaît pourtant aujourd'hui l'importance de l'écologie du paysage dans les politiques de protection de la biodiversité, qu'elle soit remarquable ou ordinaire. L'auteur **préconise de déployer plus avant les analyses SIG et la prise en compte d'indicateurs de structure du paysage** (cf. les approches TVB – SRCE).

### 2.8.1.c - *Prise en compte des dynamiques temporelles*

La temporalité est une notion essentielle en écologie. Pour la compensation, elle intervient avant tout dans l'analyse des impacts, mais aussi dans la définition des mesures compensatoires. En effet, **les réponses temporelles des écosystèmes aux dégradations et à la restauration sont à aborder finement afin de dimensionner au mieux l'équivalence**, notamment en dissociant les gains liés aux mesures compensatoires des gains obtenus par la dynamique naturelle des écosystèmes (la non-gestion étant parfois une option à envisager). Il faut également estimer le délai entre la survenue des pertes et la mise en place des gains.

La dynamique temporelle est bien **souvent un écueil dans les méthodes de dimensionnement de l'équivalence écologique, car elle est complexe à prendre en compte**, et dépend de facteurs liés à la dynamique locale de la biodiversité, mais aussi externes comme le changement climatique, l'usage des sols, les actions de gestion, et les effets cumulés des différents plans et projets alentours.

Les méthodes HEA/REA, conçues pour évaluer les impacts temporaires sur les milieux (après une pollution par exemple), sont parmi les seules à se projeter dans des états de références futurs. Les banques de compensation permettent non pas de solutionner, mais de contourner le problème, en intégrant la temporalité dans le système de crédit/débit lui-même. Enfin, la méthode UMAM et l'Ausgleich apportent une réponse simpliste mais efficace en intégrant un facteur temps qui vient corriger les ratios calculés a posteriori.

#### 2.8.1.d - Incertitude

La biodiversité, système complexe, s'appréhende, se mesure et se modélise difficilement. **L'incertitude est donc présente à chaque phase de la séquence ERC**. Elle est la principale raison de la mise en place de ratios dans le dimensionnement de la compensation. L'incertitude **devrait être fondée sur une approche probabiliste, en se basant sur des données d'actions de restauration déjà effectuées sur des milieux comparables**. La méthode UMAM va dans ce sens, et définit un « risk-factor » calculé sur la base d'expérience de création, restauration ou réhabilitation de zones humides. Dans les faits, on dispose rarement de telles données, mais donne un argument à **l'importance des suivis liés à la mise en place de compensations, et, surtout, à la bancarisation de ces suivis**.

Une autre façon d'exprimer l'incertitude est la prospective, en mettant en œuvre des scénarii extrêmes et intermédiaires. Cette approche est particulièrement recommandée pour les plans et programmes (documents d'urbanisme par exemple).

Enfin, quel que soit le choix retenu pour prendre en compte l'incertitude, il est essentiel de prévoir des solutions et des sites de compensation adaptatifs, en lien avec des suivis adéquats, afin de s'assurer d'une contribution à long terme aux objectifs de conservation définis.

### 2.8.2 - Vers une typologie des méthodes

À ce stade, une typologie autour de quatre méthodes contrastées de dimensionnement des mesures compensatoires peuvent être définies, toutes sont **fondées sur la détermination des gains et pertes pour des éléments de biodiversité** préalablement définis.

#### 2.8.2.a - La méthode circonstanciée<sup>2</sup>

La première de ces méthodes serait une méthode circonstanciée et adaptée au projet, laissant le libre choix de la définition ou de l'utilisation d'indicateurs et de méthodes de calcul, mais avec une argumentation claire et bien construite (données de références, paramètres et détails des modèles utilisés, données terrain...).

Cette méthode serait **parfaitement adaptée aux impacts sur les espèces rares et menacées, sur des habitats prioritaires, ou en première approche avant la standardisation d'une méthode plus adaptée**.

😊 Elle présente plusieurs avantages, notamment le fait de pouvoir être dimensionnée pour des contextes écologiques particuliers, ou lorsque des sources de données très hétérogènes doivent être utilisées. Elle peut également permettre de répliquer une expertise locale s'il manque de données homogènes ou quantitatives. Enfin, elle permet l'innovation.

😞 A contrario, cette méthode est bien plus délicate à appréhender pour les autorités, et à communiquer

<sup>2</sup> Ausgleich, Natura 2000, USA Bio-Banking

pour les porteurs de projet. Elle nécessite des développements méthodologiques parfois coûteux. Elles ne font donc pas évoluer positivement les compétences collectives autour des mesures compensatoires.

### **2.8.2.b - La méthode de calcul standardisée<sup>3</sup>**

Cette méthode serait, pour caricaturer, à comparer avec le dimensionnement d'ouvrage en ingénierie. Elle fournit des indicateurs et des méthodes de calcul prédéfinis, pour des impacts sur des espèces, des habitats ou des services écosystémiques bien ciblés, avec une recherche de l'équivalence écologique « pure ». La validité et la reproductibilité des calculs peut être facilement mise en place, et ils peuvent être modulés par des coefficients prenant en compte le contexte local, les incertitudes ou les impacts cumulés.

Cette méthode, de fait, est **adaptée à des milieux ou espèces souffrant d'impacts récurrents (les zones humides par exemple), et sur lesquels l'autorité administrative voudrait mettre à disposition des porteurs de projets une marche à suivre bien claire** afin de s'assurer d'une protection a minima de ces cibles.

😊 Évidemment, cette méthode est transparente, simple, permet de comparer les projets entre eux, apporte un maximum de sécurité juridique, et assure de pouvoir écarter les projets incompatibles dans les toutes premières phase de dimensionnement.

😞 À l'inverse, elle nécessite la mise en place d'un consensus avec les porteurs de projet, et la mise en place d'une documentation fournie. Elle limite évidemment le choix d'indicateurs, et peut en imposer certains complètement inadaptés au contexte. En quelque sorte, elle enferme le porteur de projet, mais aussi l'autorité administrative, notamment pour la modulation de la compensation, dans le moins disant mais aussi le mieux disant environnemental.

### **2.8.2.c - La méthode de calcul standardisée avec hiérarchisation et correspondance<sup>4</sup>**

Cette méthode, dérivée de la première, vise clairement l'additionnalité, et met en place une hiérarchisation et une priorisation entre les différentes cibles de biodiversité sur lesquelles porte l'équivalence.

Elle **se prête particulièrement à la « biodiversité ordinaire »** sur laquelle la compensation est tout de même requise, **ou bien sur des espèces et habitats faisant déjà l'objet de programmes de protection importants et pour lesquels la recherche de correspondance est pertinente**. À cet effet, il est donc nécessaire de mettre en place une table de correspondance - adaptée au contexte local - et une unité de valeur commune entre les cibles de biodiversité visées (espèces, habitats, milieux, services...). Ainsi, la perte d'une espèce, d'un habitat ou d'un service non prioritaire peut être compensée par des gains écologiques sur une cible à valeur patrimoniale ou fonctionnelle plus forte.

😊 Cette méthode possède les mêmes avantages que la méthode précédente, et permet également la « compensation par recherche d'équivalent ou d'échange »<sup>5</sup>, offrant de la souplesse dans le dimensionnement de la compensation tout en étant lisible et assise sur des critères précis.

Évidemment, le préalable à la mise en place d'une méthode de ce type est la détermination d'une échelle de correspondance solide et partagée, et adaptée au contexte local et à l'échelle des projets.

### **2.8.2.d - La méthode des ratios, ou compenser quand les gains sont peu probables**

Certaines composantes de la biodiversité ne peuvent de toute évidence que très difficilement être créées, restaurées ou réhabilitées, comme les forêts primaires, les tourbières, ou les espèces à croissance lente (par exemple celles des grands fonds marins). Il subsistera pour autant toujours des projets ou programmes où le choix sociétal sera fait de perdre ces aspects du vivant.

<sup>3</sup> UMAM, wetland mitigation, Habitats-Hectare

<sup>4</sup> Biotopwertverfahren

<sup>5</sup> Libre traduction de « like-for-similar offsetting and trading-up » et « out of kind offset »

Pour l'auteur, c'est dans ce **cas, ou l'absence de perte nette de biodiversité ne peut être atteinte**, que devraient être mis en place des ratios de compensation, ces derniers permettant de déterminer la taille de sites de compensation nécessaires et à biodiversité similaire au site impacté.

Néanmoins, ces ratios sont très couramment utilisés (France, Afrique du Sud, Brésil, biobanking en Australie ou aux USA), car ils permettent aussi de définir des pertes acceptables en termes de surface : par exemple, un ratio établi de 3 ha d'habitats de compensation pour 1 ha détruit se traduit par une perte maximale acceptable de 25 % pour cet habitat. Afficher cette conséquence clairement permet de démontrer que certains écosystèmes sont une ressource non-renouvelable qui se doit d'être gérée sur le long terme, mais aussi de mettre en évidence la contrainte de disponibilité des sites de compensation, et donc de rationaliser l'usage des sols. Ainsi, les ratios peuvent être définis pour une région ou un ensemble de sites.

La méthode des ratios peut aussi se combiner avec l'une des trois méthodes précédentes afin de déterminer des fourchettes hautes et basses de compensation.

😊 Les principaux avantages de la méthode des ratios est de pouvoir standardiser et réduire la complexité de la détermination de l'équivalence écologique, mais aussi de pouvoir hiérarchiser et comparer les différents projets ou scénarios d'un projet dans une approche prospective.

😞 À l'inverse, les ratios sont difficiles à justifier d'un point de vue écologique et conduisent souvent à des approches simplistes. Le risque est également grand, sur le moyen terme, d'avoir la tentation de les revoir à la baisse en cas de manque de sites de compensation disponibles.

## 2.9 - Ce qu'il faut retenir

L'un des points clés pour rendre l'équivalence écologique efficiente, est avant tout de **bien se conformer à l'approche ERC**. La compensation n'est bien qu'un moyen final et ultime de l'atteindre, quand les autres solutions ont toutes été écartées.

Le second est de garder à l'esprit que **les caractéristiques biotiques, abiotiques, les conditions temporelles de mise en place de la biodiversité impactée sont à chaque fois uniques et non répliquables**. Néanmoins, en identifiant précisément et de façon segmentée des cibles de biodiversité impactées (comme des espèces, des habitats ou des services), on peut mieux cerner les conséquences de son projet ou programme. C'est alors, une fois le regroupement effectué, qu'il devient possible d'approcher l'équivalence écologique.

Dans cette partie, différentes méthodes de détermination de l'équivalence écologique ont été brièvement passées en revue, afin d'en dégager les idées clés. Elles ont été ensuite comparées selon une grille de lecture unique, pour pouvoir établir une typologie en 4 postes, afin d'améliorer la compréhension de cette thématique :

- **La méthode circonstanciée**
- **La méthode de calcul standardisée**
- **La méthode de calcul standardisée avec hiérarchisation et correspondance**
- **La méthode des ratios**

Toutes ces méthodes se doivent d'être améliorées, testées, combinées, adaptées aux projets ou programmes, au contexte local, vérifiées par des campagnes de terrain, et enfin **bancarisées afin de pouvoir faire progresser** à la fois les porteurs de projets, les autorités, et les écologues. Le défi est ambitieux, mais c'est à ce titre seulement que la compensation pourra devenir un instrument crédible de préservation de la biodiversité.

### 3 - De la théorie à la pratique, étude de cas

Dans cette partie, nous nous proposons d'aborder quatre méthodes citées dans la bibliographie comme originales ou considérées comme intéressantes dans leur approches. Cet exposé n'a pas pour but l'exhaustivité, mais d'illustrer dans quel esprit ces méthodes « référentes » peuvent être élaborées.

#### 3.1 - Méthode ECO-MED

La démarche de cette méthode proposée par le bureau d'étude ECO-MED consiste à prendre en compte un grand nombre de variables ou de critères pour dimensionner au mieux les mesures de compensation de manière à atteindre l'équivalence écologique.

Pour chacune de ces variables, des coefficients pouvant aller de 1 à 7 sont attribués afin de chiffrer et hiérarchiser les critères ; plus la valeur est élevée plus l'impact est important. L'étendue des coefficients possibles diffère selon les variables.

Le tableau suivant présente les différentes variables et le nombre de catégories ou de valeurs chiffrées que l'on peut y attribuer.

#### Variables de dimensionnement des mesures compensatoires et nombre de valeurs attribuables

(source : Mikaël Erreca, CETE SO)

Variable	Valeurs possibles
Enjeu local de conservation (F1)	1 à 3
Capacité de reconquête (F2)	1 à 3
Nature de l'impact (F3)	1 à 7
Surface impactée / nombre d'individus (F4)	1 à 5
Efficacité d'une mesure (F5)	1 à 3
Equivalence temporelle (F6)	1 à 3
Equivalence écologique (F7)	1 à 3
Equivalence géographique (F8)	1 à 3

Cette démarche est à **appliquer pour chacune des espèces** en fonction du contexte local.

1. Une note globale est attribuée pour chaque espèce selon le mode de calcul suivant :

$$\text{Note globale par espèce} = F1 * F3 * (F2 + F4 + F5 + F6 + F7 + F8)$$

2. Le nombre obtenu pour chaque espèce est ensuite ramené à une **échelle de compensation (ratio)** entre 1 et 10, selon le tableau ci-contre.

Association des modalités	Traduction en ratio de compensation
6	1 pour 1
30	2 pour 1
70	3 pour 1
100	4 pour 1
150	5 pour 1
200	6 pour 1
230	7 pour 1
250	8 pour 1
300	9 pour 1
330	10 pour 1

3. Le ratio obtenu par espèce est appliqué aux surfaces d'habitat impactées pour obtenir les **surfaces à compenser par espèce**.

Exemple : sur l'exemple suivant, le projet devra faire l'objet d'une surface de compensation totale de 2,49 ha :

Espèce	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	Calcul	Ratio	Surface impactée	Surface à compenser
Diane	2	2	7	2	2	1	1	1	126	4,33	0,39	1,69
Agrion de Mercure	2	2	7	2	2	1	1	1	126	4,33	0,23	1,00
Triton palmé	2	1	7	2	2	1	1	1	112	3,94	0,23	0,91
Couleuvre de Montpellier	1	1	7	1	1	1	1	1	42	2,00	0,4	0,80
Lézard des murailles	1	1	7	1	1	1	1	1	42	2,00	0,4	0,80

Cette méthode à dire d'expert est **assez facile à mettre en place**, avec une approche à l'espèce. Elle **permet d'argumenter le choix des ratios** mis en place par une standardisation des paramètres à étudier et des valeurs possibles.

Pour aller plus loin :

ECO-MED – intervention groupe de travail « impacts sur la biodiversité », DREAL Languedoc Roussillon, 26 avril 2013

[http://www.languedoc-roussillon.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/1\\_ECOMED\\_GT\\_Impacts\\_DrealLR\\_26avril2013\\_cle012ed9.pdf](http://www.languedoc-roussillon.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/1_ECOMED_GT_Impacts_DrealLR_26avril2013_cle012ed9.pdf)

### 3.2 - Matrice écologique du Port Autonome du Marseille (PAM)

Une démarche d'évaluation globale des enjeux faunistiques et floristiques à l'échelle de la zone industrielle et portuaire (ZIP) a été menée par le Port Autonome de Marseille afin d'**instaurer une stratégie de compensation des atteintes aux espèces et habitats protégés (qui ne réponde plus à une logique du coup par coup)**, selon la destination pré-supposée des zones identifiées. Cette évaluation vise à **établir une méthodologie compensatoire commune à l'ensemble des porteurs de projet de la ZIP** afin de favoriser des mesures compensatoires efficaces et cohérentes. Cette étude complète le Plan d'Aménagement et de Développement Durable (PADD), qui pose des principes de développement durable auxquels tout projet doit se conformer, et le Plan de Gestion des Espaces Naturels (PGEN) adopté en 2007, qui vise à développer une politique de gestion et de mise en valeur des espaces naturels de la ZIP.

La méthodologie globale de compensation repose sur une base scientifique claire d'équivalence.

Dans ce cadre, **une matrice écologique a été créée afin d'identifier et de cartographier les espèces faunistiques et floristiques protégées ainsi que leurs habitats**. L'objectif est de définir précisément les enjeux de conservation sur l'ensemble du PAM. L'évaluation des niveaux d'enjeux intègre des critères liés :

- aux espèces et habitats ;
- à la distribution et aux fonctionnements de ces espèces ;
- et à la qualité du milieu.



Cette analyse globale a conduit à la **construction d'une grille d'équivalence permettant de définir les mesures compensatoires adaptées aux impacts**. Cinq zones ont été identifiées et cartographiées présentant des niveaux d'enjeux de conservation différents :



## Les différents niveaux d'enjeux – Approche zonale – Port autonome de Marseille

(source : les mesures compensatoires pour la biodiversité : stratégie de la DIREN PACA)

Niveaux d'enjeux de conservation	Espèces en présence	Mesures compensatoires et ratios prévus Cumulables et non définitifs
Zones à enjeux rédhibitoires	Populations d'espèces à enjeu majeur, particulièrement sensibles aux impacts	Enjeux de conservation incompatibles avec des projets d'aménagements. Solutions alternatives à rechercher.
Zones à enjeux majeurs	Espèces à enjeu majeur en effectifs élevés et dans des habitats typiques	-Maîtrise foncière : acquisition avec ratio de 1/10 ; acquisition puis restauration ou récréation d'habitats favorables avec ratio de 1/5 -Déplacement des espèces impactées -Engagement sur trente ans -Financement de programmes de recherche
Zones à enjeux forts	Espèces à enjeu fort ou présence sporadique d'espèces à enjeu majeur	-Maîtrise foncière : acquisition avec ratio de 1/5 ; acquisition puis restauration ou récréation avec ratio de 1/3 ; acquisition de terrains à niveau d'enjeu majeur avec ratio de 1/3 -Déplacement des espèces impactées -Engagement sur trente ans -Financement de programmes de recherche
Zones à enjeux moyens	Sites très altérés dans lesquels la présence d'espèces patrimoniales est possible Sites dépourvus d'espèces patrimoniales mais jouant un rôle dans la conservation d'espèces présentes sur des territoires contigus	-Maîtrise foncière : acquisition avec ratio de 1/3 ; acquisition puis restauration ou récréation avec ratio de 1/1 ; acquisition de terrains à niveau d'enjeu majeur avec ratio de 1/1 -Déplacement des espèces impactées -Engagement sur trente ans
Zones à enjeux nuls	Espaces totalement artificialisés sans rôle fonctionnel et absence d'espèces patrimoniales	

👉 Cela ne dispense pas le maître d'ouvrage de réaliser de ses obligations, à savoir les études préalables nécessaires, la définition de mesures d'évitement et de réduction visant à maintenir les fonctionnalités écologiques, et enfin la proposition de mesures compensatoires (qui devront désormais s'inspirer de la méthodologie du PAM). Seules les études préalables pourront permettre une appréciation fine et exacte des enjeux. La matrice écologique propose un cadrage général permettant d'apprécier les impacts globaux à l'échelle de la ZIP et fixe les ambitions en termes de ratios de compensation.

Ce projet de matrice écologique, encouragé par la DREAL PACA, est qualifié d'innovant au sens où il propose une **méthodologie de compensation, basée sur une grille d'équivalence, à l'échelle d'un périmètre déterminé.**

Même si l'approche est essentiellement surfacique, la méthode est à assimiler à un calcul standardisé avec hiérarchisation et correspondance.

Pour aller plus loin :

Les mesures compensatoires pour la biodiversité : stratégie de la DIREN PACA, 2009

[http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide\\_mesures\\_compensatoires\\_fev\\_09\\_V1\\_cle5adb51.pdf](http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_mesures_compensatoires_fev_09_V1_cle5adb51.pdf)



### 3.3 - Méthode Miroir : Biotope

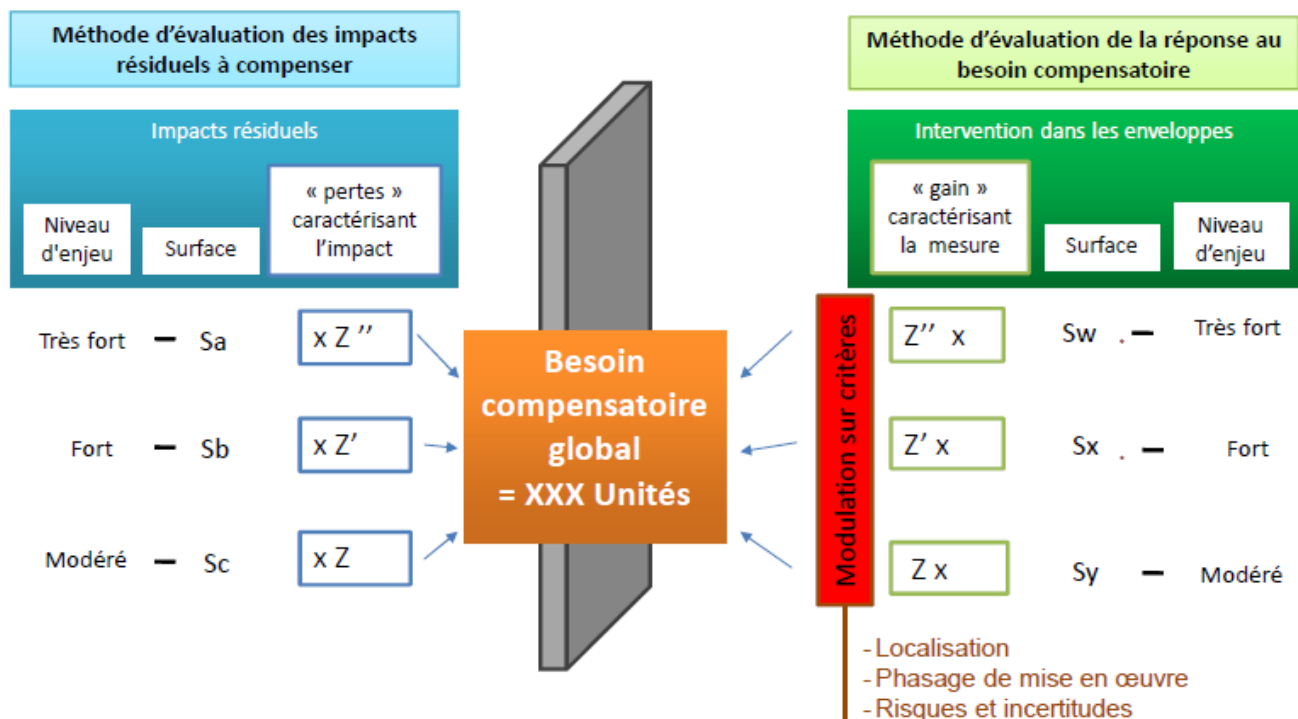
L'objectif de cette méthode est de **comparer directement les pertes écologiques** dues aux impacts résiduels **et les gains écologiques** liés à la mise en place des mesures de compensation, afin de mettre en évidence l'additionnalité. Cette méthode dite « miroir » a été mise en œuvre pour le projet d'aéroport de Notre Dame des Landes et le contournement LGV Nîmes-Montpellier.

On ne raisonne pas en surface mais **en unités de compensations d'habitat, par hectare et par enjeu**.

1. Les impacts résiduels sont d'abord caractérisés par : le niveau d'enjeu, la surface concernée et l'attribution d'un coefficient qui qualifie l'impact et les hiérarchise ( $Z'' > Z' > Z$ ).
2. Les actions de compensation sont ensuite caractérisées par : le niveau d'enjeu (très fort : grande plus-value écologique), la surface de compensation et l'attribution d'un coefficient qui qualifie le gain de la mesure ( $Z'' > Z' > Z$ ).
3. Cette double caractérisation permet d'obtenir le **besoin compensatoire en unités de compensation (UC), qui permet de vérifier le bon dimensionnement des actions de compensation au regard de celui des impacts**.

#### La méthode miroir - Biotope

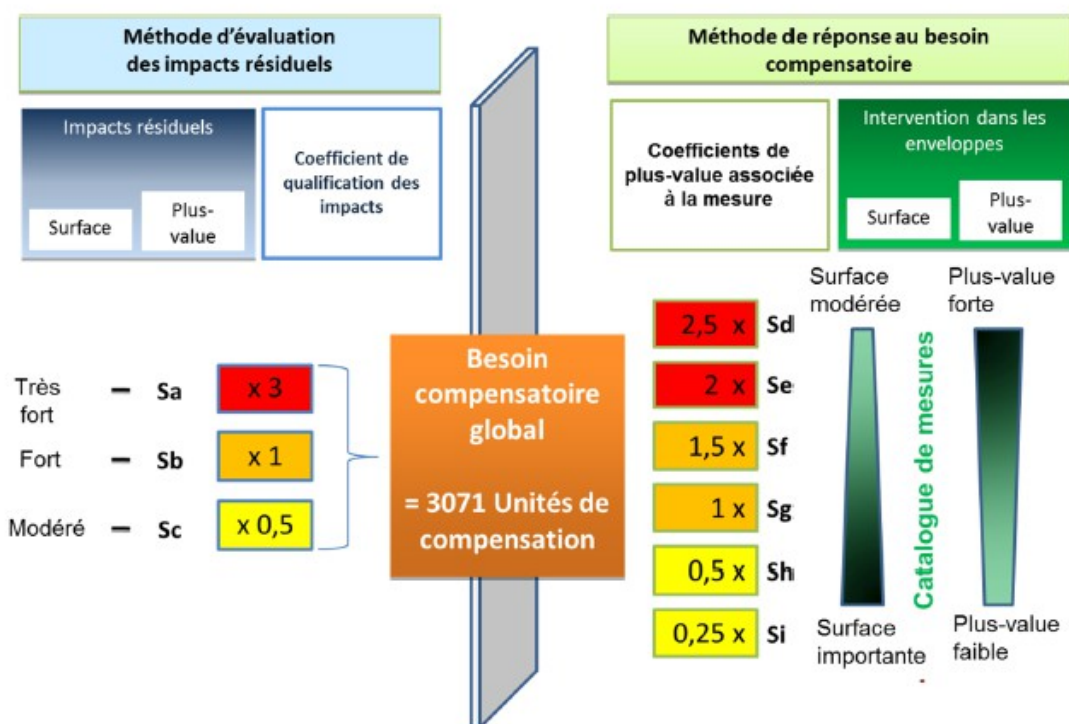
(source : Biotope, présentation DREAL LR)



Exemple de l'outarde et du contournement ferroviaire Nîmes-Montpellier : le résultat du calcul se détaille de la façon suivante :

**Projet de contournement ferroviaire Nîmes-Montpellier**  
**Évaluation du besoin compensatoire de l'outarde (en unités de compensation)**

(source : ???)



Cette méthode **permet une compensation mesurable et traçable**, en mettant en place des indicateurs comparables du côté des impacts et du côté des compensations.

*Pour aller plus loin :*

Biotope – intervention groupe de travail « impacts sur la biodiversité », DREAL Languedoc Roussillon, 26 avril 2013

[http://www.languedoc-roussillon.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/3\\_Biotope\\_GT\\_Impacts\\_DrealLR\\_26avril2013\\_cle7db125.pdf](http://www.languedoc-roussillon.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/3_Biotope_GT_Impacts_DrealLR_26avril2013_cle7db125.pdf)

### 3.4 - La compensation par la continuité écologique (pelouses calcaires suisses)

La loi Suisse permet, **pour certains habitats, la compensation par l'amélioration de la connectivité**. Dans un article de 2012<sup>6</sup>, Dalang et al. démontrent que la perte de surface ou de qualité d'un habitat peut être compensée par ce biais. L'article prend le cas des pelouses calcaires suisses, qui représentent une très faible surface du territoire et nécessitent un temps long pour retrouver leur pleine fonctionnalité. Par la théorie des graphes et la théorie de Markov pour décrire l'état futur des populations, les auteurs **combinent pertes et gains localisés et non localisés** selon quatre scénarios :

- scénario 1 : diminution de la surface totale des réservoirs, compensation par une augmentation globale de la connectivité ;
- scénario 2 : un réservoir est partiellement détruit, compensation par une augmentation globale de la connectivité ;
- scénario 3 : diminution de la surface totale des réservoirs, compensation par une amélioration de la connectivité entre deux réservoirs seulement ;
- scénario 4 : un réservoir est partiellement détruite, compensation par une amélioration de la connectivité entre deux réservoirs seulement.

L'originalité de l'article est de **prendre en compte un réseau réel de pelouses dans la modélisation** mise en place. Si l'**approche mathématique est complexe**, elle ouvre néanmoins **une voie nouvelle et originale à l'approche de l'équivalence par l'écologie du paysage**. En effet, les auteurs peuvent affirmer que l'amélioration générale des corridors écologiques ou des améliorations localisées permettent le renforcement ou l'installation des populations au sein des réservoirs constitués par les pelouses existantes.

*Pour aller plus loin :*

Analyse de l'article « Trading connectivity improvement for area loss in patch-based biodiversity reserve networks », Thomas DALANG et Anna HERSPERGER, Sylvie Vanpeene, Irstea, 2013

[http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/analyses\\_articles/analyse\\_article\\_dalang\\_trading\\_connectivity\\_improvement\\_for\\_area\\_loss\\_2012\\_0.pdf](http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/analyses_articles/analyse_article_dalang_trading_connectivity_improvement_for_area_loss_2012_0.pdf)

<sup>6</sup> Trading connectivity improvement for area loss in patch-based biodiversity reserve networks, Dalang et al., Biological Conservation, 2012, 148 : 116-125

## 4 - Conclusion générale


La détermination de l'équivalence écologique est complexe. Elle requiert de travailler avec méthode, de justifier les choix, de fixer des indicateurs de mesure précis. Dans l'idéal, les indicateurs d'évaluation des impacts devront être identiques, ou tout du moins comparables, à ceux retenus pour l'évaluation des actions de compensations. Cela permettra une justification de la compensation et des suivis de mesures compensatoires facilités.

S'il faut reconnaître certains progrès ces dernières années dans la prise en compte du *no-net-loss* (pas de perte nette) par les autorités et les porteurs de projet, ils restent encore beaucoup de chemin à parcourir pour arriver à faire de la compensation une technique fiable, partagée, suivie, argumentée et efficace pour la préservation de la biodiversité.

Nous avons vu que les **principales pistes à explorer sont la prise en compte de l'écologie du paysage, de la temporalité et de l'incertitude**. Pour la France en particulier, **l'enjeu principal serait de réfléchir à des méthodes standardisées adaptées à des cibles prédéfinies**, afin de dépasser l'approche circonstanciée par ratios employée de façon systématique.

## Références Bibliographiques

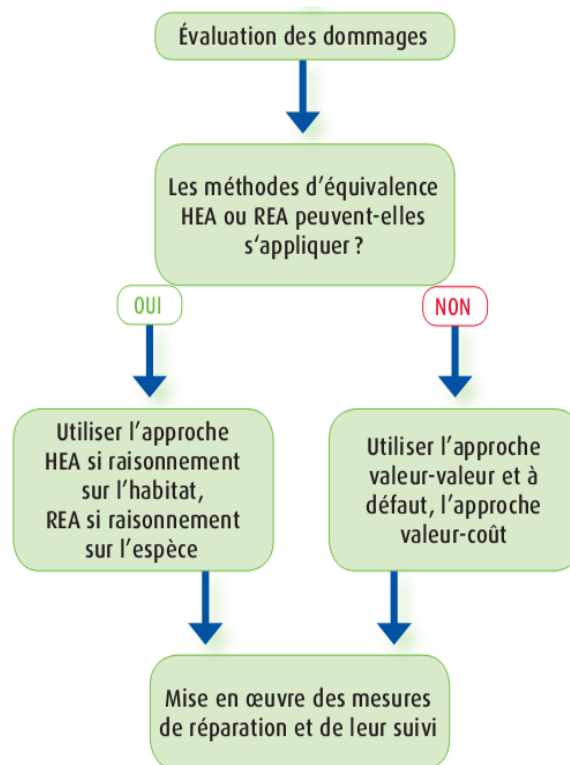
1. Direction régionale de l'environnement Provence – Alpes – Côte d'Azur – Février 2009 – Les mesures compensatoires pour la biodiversité, principes et projet de mise en œuvre en Région PACA
2. Direction régionale de l'environnement Provence – Alpes – Côte d'Azur – Septembre 2008 – Les mesures compensatoires pour la biodiversité : la stratégie de la DIREN PACA , principes de mise en œuvre, actions régionales et nouvelles perspectives – Jennifer ROSSETI
3. Ecologie médiation (ECO-MED) – Evaluation des incidences, espèces protégées et évaluations environnementales : Evolution réglementaires et prise en compte de la biodiversité – Proposition d'une méthode de calcul du ratio de compensation
4. EnviroScop, SOGREAH, CERE (cabinet d'études et de recherches en environnement), IN VIVO – Juin 2010 – Analyse de mesures compensatoires aux atteintes au patrimoine naturel, recueil et analyse de cas
5. IFREMER, Université de Bretagne Occidentale (UBO) – Juin 2013 – Selecting ecological indicators to compare maintenance costs related to the compensation of damaged ecosystem services – Anne Charlotte VAISSIERRE, Harold LEVREL, Christian HILY, Damien LE GUYADER
6. Laboratoire d'Ecologie Alpine - Assessing ecological equivalence in biodiversity offset schemes : Key issues and solutions – Fabien QUETIER et Sandra LAVOREL
7. Laboratoire d'écologie Alpine – mars 2011 – Communications scientifiques et techniques, les enjeux de l'équivalence écologique – Fabien QUETIER
8. Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (CETE de Lyon) – Juin 2010 – Mesures compensatoires en faveur de la biodiversité, état des lieux – Delphine MORANDEAU et Virginie BILLON
9. Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer (service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable du CGDD) – Août 2012 – La compensation des atteintes à la biodiversité à l'étranger, étude de parangonnage (Etudes et documents N°68) – Delphine MORANDEAU et Delphine VILAYSACK
10. Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer (service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable du CGDD) – Avril 2010 – La directive « responsabilité environnementale » et l'application des méthodes d'équivalence (Etudes et documents N°19) – Adeline BAS et Hélène GAUBERT
11. Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (Commissariat Général au Développement Durable en partenariat avec le CETE de Lyon et la Direction de l'Eau et de la Biodiversité) – Octobre 2013 – Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels – Séverine HUBERT, Delphine MORANDEAU, Charlotte LE BRIS, Marc LANSIART, Elen LEMAÎTRE-CURRI

- 
12. Ministère de l'Ecologie du Développement durable et de l'Energie (service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable) et CETE de Lyon (DETC) – Juillet 2012 – La loi responsabilité environnementale et ses méthodes d'équivalence, guide méthodologique – Hélène GAUBERT et Séverine HUBERT
  13. MNHN (service du patrimoine naturel) et ONEMA – Septembre 2011 – Mesures compensatoires et correctives liées à la destruction de zones humides, revue bibliographiques et analyse critique des méthodes, rapport final – Geneviève BARNAUD, Bastien COÏC
  14. School of Economic and Management, Sichuan Agricultural University – Avril 2012 – Analysis on Cross – Regional Land Ecological Compensation – Lijuan ZHOU et Ruiping RAN
  15. Swiss Federal Research Institute – Avril 2010 – How much compensation do we need ? Replacement ratio estimates for Swiss dry grassland biotopes – Thomas DALANG et Anna HERSPERGER
  16. UICN France – 2011 – La compensation écologique : Etat des lieux et recommandations – Hélène Soyer et Marie AURENCHE
  17. Université Pierre et Marie Curie – Septembre 2013 – Les mesures compensatoires pour la biodiversité, conception et perspectives d'application – Thèse de Batiste REGNERY
  18. Université Pierre et Marie Curie – Avril 2013 – Rapport du collège d'experts scientifiques relatif à l'évaluation de la méthode de compensation des incidences sur les zones humides – Ghislain de MARSILY (président du collège d'experts)

## Annexes :

### Compléments au §2.3 : Méthodes préconisées par la Directive Responsabilité Environnementale (DRE) :

L'ensemble de cette démarche fait suite à une évaluation précise des dommages environnementaux causés aux espèces ou aux habitats naturels protégées couvert par la Loi responsabilité environnementale (LRE) issue de la Directive responsabilité environnementale (DRE). Il s'agit de définir une approche adaptée au contexte environnementale et d'instaurer et mettre en œuvre des mesures de réparation visant à compenser les dommages causés à l'environnement. Plus précisément, elle vise à compenser les pertes intermédiaires, c'est-à-dire les pertes par année durant toute la période d'impact.



(source : La loi responsabilité environnementale et ses méthodes d'équivalence, guide méthodologique – juillet 2012)



## 1. Méthodes de calcul HEA :

- Calcul des pertes intermédiaires :

$$\sum_{t=0}^{t=n} (A_t * d_t) * 1/(1+r)^{(t-T)}$$

- t = 0 : année où débutent les pertes
- t = n : année où finissent les pertes
- A<sub>t</sub> : surface (en ha par exemple) endommagée à l'année t
- d<sub>t</sub> : % de services perdus à l'année t par rapport à l'état initial du milieu
- r : taux d'actualisation (4 %)
- 1/(1+r)<sup>(t-T)</sup> : facteur d'actualisation
- T : année de référence pour l'actualisation (souvent T = t<sub>0</sub>) correspondant à l'année du dommage

- Calcul des gains découlant du projet de restauration :

$$\sum_{t=0}^{t=n} (1 * b_t) * 1/(1+r)^{(t-T)}$$

- t = 0 est l'année où le projet commence à fournir des gains de restauration
- t = n est l'année où le projet ne fournit plus de gains de restauration
- 1 est l'unité de restauration (ex. : 1 hectare)
- b<sub>t</sub> représente le niveau de services (en %) gagnés grâce au projet par rapport à l'état initial du milieu
- r : taux d'actualisation (4 %)
- 1/(1+r)<sup>(t-T)</sup> : facteur d'actualisation
- T : année de référence pour l'actualisation (souvent T = t<sub>0</sub>) correspondant à l'année du dommage

## 2. Méthodes de calcul REA :

- Calcul des pertes intermédiaires :

$$\sum_{t=0}^{t=n} (R_t * d_t) * 1/(1+r)^{(t-T)}$$

- t = 0 : année où débutent les pertes
- t = n : année où finissent les pertes
- R<sub>t</sub> : paramètre de la ressource endommagée à l'année t
- d<sub>t</sub> : perte liée au paramètre de la ressource endommagée à l'année t par rapport à l'état initial du milieu
- r : taux d'actualisation (4 %)
- 1/(1+r)<sup>(t-T)</sup> : facteur d'actualisation
- T : année de référence pour l'actualisation (souvent T = t<sub>0</sub>) correspondant à l'année du dommage

- Calcul des gains découlant du projet de restauration :

$$\sum_{t=0}^{t=n} (1 * b_t) * 1/(1+r)^{(t-T)}$$

- t = 0 est l'année où le projet commence à fournir des gains de restauration
- t = n est l'année où le projet ne fournit plus de gains de restauration
- 1 est l'unité de restauration (ex. : 1 ressource)
- b<sub>t</sub> représente le nombre d'unités de ressources gagnées grâce au projet par rapport à l'état initial du milieu
- r : taux d'actualisation (4 %)
- 1/(1+r)<sup>(t-T)</sup> : facteur d'actualisation
- T : année de référence pour l'actualisation (souvent T = t<sub>0</sub>) correspondant à l'année du dommage

### 3. Les approches par la valeur (valeur – valeur / valeur – coût):

Selon la LRE, ces approches ne doivent être utilisés seulement par défaut. En effet, ces approches ne permettent de revenir qu'à des services et / ou ressources comparables (en termes de nature, qualité et quantité) à ceux initialement fournis par le milieu. Dans les approches par la valeur, les méthodes conduisent à une évaluation des pertes de bien – être ressenti par la société (basées sur les préférences des individus).

On distingue également deux méthodes :

- méthode valeur – valeur : le projet de restauration doit apporter un équilibre entre les pertes de bien – être subies par la population touchée par le dommage et les gains de bien-être issus du projet. Elle est préconisée par la LRE.
- méthode valeur – coût : il s'agit d'une évaluation monétaire (en euros) des pertes de bien – être. Cette somme correspond au coût du projet de restauration .

## Méthode valeur – valeur :

Calcul des pertes intermédiaires :

Dans ce cas, il s'agit de pertes de bien-être. Elles sont liées notamment aux services récréatifs (par exemple une perte d'accès à la plage, forêt ou cours d'eau). Ces pertes peuvent s'exprimer soit en unité de bien être perdues (par exemple partie de pêche perdue) ou en unité monétaire si le bien est estimé par la méthode de consentement à payer.

*Formule mathématique :*

$$\sum_{t=0}^{t=n} [(Qn_t * V_{qn}) + (Ql_t * V_{ql})] * 1/(1+r)^{(t-T)}$$

- t = 0 : année où débutent les pertes
- t = n : année où finissent les pertes
- Qn<sub>t</sub> : nombre d'unités de ressources et/ou de services perdus. Cette perte est associée aux pertes de valeur d'usage et de non-usage de la population touchée par le dommage
- V<sub>qn</sub> est la valeur de la ressource ou du service
- Ql<sub>t</sub> : nombre d'unités de ressources et/ou de services utilisés par la population touchée par le dommage dont la qualité est réduite. Ql<sub>t</sub> représente les pertes partielles de valeur d'usage et de non-usage puisque les individus continuent à utiliser les ressources ou services dont la qualité s'est dégradée.
- V<sub>ql</sub> correspond à la valeur associée aux ressources et/ou services dont la qualité s'est dégradée
- r : taux d'actualisation (4 %)
- 1/(1+r)<sup>(t-T)</sup> : facteur d'actualisation
- T : année de référence pour l'actualisation (souvent T = t<sub>0</sub>) correspondant à l'année du dommage

(source : La loi responsabilité environnementale et ses méthodes d'équivalence, guide méthodologique – juillet 2012)

Calcul des gains découlant du projet de restauration :

Les gains obtenus correspondent à un nombre d'unités de loisirs fournies par le projet de restauration ou la valeur monétaire associée.

*Formule mathématique :*

$$\sum_{t=0}^{t=n} (1 * q_t * V_t) * 1/(1+r)^{(t-T)}$$

- t = 0 est l'année où le projet commence à fournir des gains de restauration
- t<sub>n</sub> est l'année où le projet ne fournit plus de gains de restauration
- 1 est l'unité de restauration (ex. : une activité récréative)
- q<sub>t</sub> représente le degré d'amélioration du bien-être retiré d'une unité de restauration par rapport à l'état initial
- V<sub>t</sub> est l'augmentation de la valeur (en termes de bien-être) liée au degré d'amélioration du bien-être d'une unité de restauration
- r : taux d'actualisation (4 %)
- 1/(1+r)<sup>(t-T)</sup> : facteur d'actualisation
- T : année de référence pour l'actualisation (souvent T = t<sub>0</sub>) correspondant à l'année du dommage

(source : La loi responsabilité environnementale et ses méthodes d'équivalence, guide méthodologique – juillet 2012)

Calcul de l'équivalence :

L'équivalence est calculée par le ratio entre les pertes de bien être et le gain de bien être.

• Méthode valeur – coût :

Dans le cas de l'approche valeur – coût, il ne s'agit pas de faire en sorte que les pertes de bien être soient compensées par les gains de bien être, mais que la valeur monétaire des pertes de bien être soit égale au coût du projet de restauration. Ainsi, le dimensionnement est défini par cette valeur monétaire. Il n'existe aucune garantie pour que le projet de restauration compense exactement les pertes de bien être. Cette approche est à appliquer uniquement en dernier recours.

