

ÉTUDE SUR LA VALEUR NON MARCHANDE DES ESPACES NATURELS, AGRICOLES ET FORESTIERS – DEFINITION D'INDICATEURS

Note technique



Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

Auvergne-Rhône-Alpes

L'objectif de cette note technique est de fournir une vision d'ensemble et actualisée de la méthodologie proposée pour chaque indicateur/service ainsi que d'explicitier les points forts et les limites de la méthodologie, enfin de faciliter l'application des méthodes, expliciter les conditions d'utilisation et d'évaluer la pertinence des résultats obtenus.

Ce document est structuré selon une approche par service et présente trois niveaux de lecture répondant chacun à des questions spécifiques :

Niveau 1 : Points essentiels sur les indicateurs

- Quels sont les services évalués (définition) ?
- Quels impacts d'aménagement sont attendus ?
- Quels grands types d'indicateurs sont mobilisés ?
- Quels sont les messages clés généraux (caractère lisible/peu lisible d'un indicateur, etc.) ?
- Quels sont les limites des indicateurs proposées (sources d'incertitudes) ?

Niveau 2 : « Précautions d'emploi » dans l'usage et la lecture des indicateurs/résultats

- Quels sont les principes généraux de la méthodologie mise en œuvre (qualitative, valeurs de référence, calculs spatialisés) ?
- Quelles sont les principales hypothèses prise en compte dans le calcul des indicateurs ?

Niveau 3 : Méthodologie détaillée pour la mise en œuvre des indicateurs

Quelles sont les « briques de base » des indicateurs (variables, formules, paramètres, données et références)

PRODUCTION DE BIENS AGRICOLES (IMPACTS DIRECTS)	
NIVEAU 1 Points essentiels sur les indicateurs	<p>DEFINITION :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Production de biens végétaux à production de biens agricoles (impacts directs) partir de plantes cultivées ; - Production de fourrages par les surfaces en herbe ; - Production de biens animaux. <p>IMPACTS POTENTIELS D'AMENAGEMENT : L'aménagement de surfaces agricoles conduit à la perte totale du service de production de biens agricoles sur ces surfaces, ce qui peut se traduire en perte de valeur ajoutée, d'exploitations, de production de fourrage/d'alimentation et/ou d'emplois.</p> <p>INDICATEURS DEVELOPPES :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Indicateurs biophysiques de production annuelle (tonnes de matière sèche, matières azotée, calories); - Indicateurs d'autonomie alimentaire/nutrition animale (équivalent annuel personnes nourries/bétail nourri); - Indicateurs socio-économiques : <ul style="list-style-type: none"> o Valeur ajoutée annuelle ; o Equivalent exploitations ; o Equivalent emplois agricoles ; - Part de la surface agricole du territoire <p>MESSAGES CLES :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les indicateurs biophysiques sont robustes et représentent bien la contribution du capital naturel à la production de biens agricoles, mais ils sont peu lisibles pour les acteurs. Le développement d'indicateurs « d'équivalents » en termes plus concrets, tels que le nombre de personnes nourries ou l'équivalent bétail nourri, a permis de répondre à cette limite ; - Les indicateurs économiques sont faciles à comprendre, mais leur calcul est basé sur des données agrégées au niveau national ; - Accès à des données économiques locales souhaitable afin d'aboutir à des résultats plus proches des spécificités du territoire ; - La prise en compte de la valeur ajoutée permet de ne prendre en compte que la production agricole apportée par les facteurs de production locaux (travail, connaissance, terre) : elle prend donc mieux en compte la fourniture de services que d'autres indicateurs économiques dépendants de facteurs de production extérieurs (e.g. EBE, produit brut, etc.). <p>LIMITES DES INDICATEURS PROPOSEES :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les indicateurs biophysiques négligent les surfaces qui ne sont ni des terres labourables, ni des prairies. Ils sont difficilement utilisables sur des territoires fortement marqués par les cultures permanentes (vigne, arboriculture) ; - La valeur ajoutée n'est pas l'indicateur économique le plus utilisé dans le milieu agricole : il conviendra de s'assurer que cet indicateur est bien compris.

PRODUCTION DE BIENS AGRICOLES (IMPACTS DIRECTS)	
NIVEAU 2 La méthodologie	<p>METHODE D'EVALUATION : L'approche distingue les indicateurs biophysiques qui évaluent la capacité des écosystèmes à délivrer des services de production agricole et les indicateurs de valeur économique qui évaluent la valorisation de la production agricole par les sociétés humaines.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les indicateurs biophysiques sont issus du travail effectué par l'équipe EFESE écosystèmes agricoles. Ils ne nécessitent pas de construction supplémentaire. Ces indicateurs peuvent être convertis en indicateurs d'autonomie alimentaire/nutrition animale à partir de valeurs moyennes de consommation énergétique ou de matière sèche par individu (ANSES et institut de l'élevage); - Les indicateurs socio-économiques sont construits à partir du croisement des données existantes sur l'agriculture au niveau communal (orientation technico économique- OTE-, surface agricole utile- SAU-, nombre d'exploitations) et de données disponibles au niveau régional sur les exploitations (valeur ajoutée par orientation technico-économique, surface par type d'exploitation). Cette démarche permet de calculer une valeur économique par hectare ou par exploitation. <p>L'ensemble de ces indicateurs sont calculés à partir d'une donnée de surface et peuvent être exprimés en termes absolus ou relatifs (ex : part de la valeur ajoutée agricole dégagée par la surface considérée par rapport à la valeur ajoutée agricole du territoire).</p>
	<p>HYPOTHESES DE CALCULS :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le calcul des indicateurs de valeur économique est basé sur l'hypothèse de l'uniformité des exploitations sur une commune donnée, donc (1) Toutes les exploitations d'une même commune ont la même OTE que la commune ; et (2) Toutes les exploitations d'une même commune ont la même SAU que la commune ; - Les exploitations agricoles de la zone étudiée ont les mêmes caractéristiques que la moyenne nationale pour une orientation technico-économique (OTE) donnée (i.e., elles produisent la même valeur ajoutée); - Si non spécifié, toute la surface du scénario d'aménagement est considérée comme de la surface agricole.

PRODUCTION DE BIENS AGRICOLES (IMPACTS DIRECTS)			
	VARIABLES :	DESCRIPTION :	UNITES :
NIVEAU 3 DETAILS	MS_{GC_p}	Potentiel de production agricole des surfaces en grandes cultures de la zone impactée par le projet	Tonnes de matière sèche par an
	MA_{GC_p}	Potentiel de production agricole des surfaces en grandes cultures de la zone impactée par le projet	Tonnes de matière azotée par an
	NRJ_{GC_p}	Potentiel de production agricole des surfaces en grandes cultures de la zone impactée par le projet	Milliers de mégacalories par an
	MS_{STH_p}	Potentiel de production agricole des surfaces en prairie de la zone impactée par le projet	Tonnes de matière sèche par an
	MA_{STH_p}	Potentiel de production agricole des surfaces en prairie de la zone impactée par le projet	Tonnes de matière azotée par an
	VA_p	Valeur ajoutée de la SAU impactée par le projet	Milliers d'euros par an
	VA_c	Valeur ajoutée générée par les exploitations de la zone étudiée	Milliers d'euros par an
	VA_{SAU}	Valeur ajoutée annuelle de la production par hectare par OTE	Milliers d'euros par hectare/an
	E_p	Nombre d'exploitations affectées par le projet d'aménagement sur la zone d'étude	Nombre d'exploitations

Emp_p	Nombre d'emplois directs affectés par le projet d'aménagement sur la zone d'étude	Nombre d'emplois agricoles
$PSAU_p$	Part de la surface agricole de la zone étudiée perdue suite à l'aménagement	Pourcentage de la zone étudiée
PVA_p	Part de la valeur ajoutée des surfaces aménagées dans la SAU totale de la commune	Pourcent de la zone étudiée ou commune
$alim_p$	Perte de capacité de production alimentaire	Nombre d'habitants nourris par an
$alim_A$	Perte de capacité d'alimentation animale	Nombre de tête de bétail nourries par an
FORMULES :		
$MS_{GC_p} = \frac{MS_{GC_{PRA}}}{GC_{PRA}} \times GC_p \quad (1)$		$E_p = \frac{SAU_p}{SAU_c} \quad (8)$
$MA_{GC_p} = \frac{MT_{GC_{PRA}}}{GC_{PRA}} \times GC_p \quad (2)$		$Emp_p = Emp_E \times E_p \quad (9)$
$NRJ_{GC_p} = \frac{NRJ_{GC_{PRA}}}{GC_{PRA}} \times GC_p \quad (3)$		$PSAU_p = \frac{SAU_p}{SAU_c} \quad (10)$
$MS_{STH_p} = \frac{MS_{STH_{PRA}}}{STH_{PRA}} \times STH_p \quad (4)$		$PVA_p = \frac{VA_p}{VA_c} \quad (11)$

$MA_{STH_p} = \frac{MT_{STH_{PRA}}}{STH_{PRA}} \times STH_p \quad (5)$		$alim_p = \frac{NRJ_{GC_p}}{NRJ_{alim}} \quad (12)$	
$VA_p = VA_{SAU} \times SAU_p \quad (6)$		$alim_A = \frac{MS_{STH_p}}{NRJ_{betail}} \quad (13)$	
$VA_c = VA_{SAU} \times SAU_c \quad (7)$		$VA_{SAU} = \frac{VA_e}{SAU_e} \quad (14)$	
PARAMETRES :	DESPRIPTION :	UNITES :	REFERENCES :
$MS_{GC_{PRA}}$	Potentiel de production agricole annuel de matière sèche des surfaces en grandes cultures de la petite région agricole	Tonnes de matière sèche/an	EFESE écosystèmes agricoles
$MA_{GC_{PRA}}$	Potentiel de production agricole annuel de matière azotée des surfaces en grandes cultures de la petite région agricole	Tonnes de matière azotée/an	EFESE écosystèmes agricoles
$NRJ_{GC_{PRA}}$	Equivalent énergétique du potentiel de production agricole annuel des surfaces en grandes cultures de la petite région agricole	Milliers de mégacalories/an	EFESE écosystèmes agricoles
$MS_{STH_{PRA}}$	Potentiel de production agricole annuel de matière sèche des surfaces toujours en herbe de la petite région agricole	Tonnes de matière sèche/an	EFESE écosystèmes agricoles
$MA_{STH_{PRA}}$	Potentiel de production agricole annuel de matière azotée des surfaces toujours en herbe de la petite région agricole	Tonnes de matière azotée/an	EFESE écosystèmes agricoles

NRJ_{alim}	Besoin alimentaires moyens annuels d'une personne (2350 kcal x 365 jours)	Kilocalories	ANSES 2017
NRJ_{betail}	Besoin alimentaires moyens annuels d'une tête de bétail	Tonnes de matière sèche/an	Institut de l'élevage
VA_e	Valeur ajoutée annuelle de la production par exploitation par OTE	Milliers d'euros/an	RICA 2018
SAU_e	Surface moyenne des exploitations par OTE	Hectares	RICA 2018
<p>BIBLIOGRAPHIE : Therond, Olivier, Anaïs Tibi, et Muriel Tichit. « Volet “écosystèmes agricoles” de l’Evaluation Française des Ecosystèmes et des Services Ecosystémiques ». Rapport d’étude. INRA, 2017. https://inra-dam-front-resources-cdn.brainsonic.com/ressources/afile/419236-fe1dc-resource-efese-services-ecosystemiques-rendus-par-les-ecosystemes-agricoles-rapport-complet.pdf.</p>			

SEQUESTRATION DU CARBONE

NIVEAU 1 POINTS ESSENTIELS SUR LES INDICATEURS	<p>DEFINITION : La séquestration du carbone est un processus biochimique par lequel le carbone atmosphérique est absorbé par la biomasse vivante (arbres, cultures), le bois mort, les sols, et les sédiments avec le potentiel de réduire le niveau de dioxyde de carbone dans l'atmosphère et enfin de réduire les coûts/dommages liés au changement climatique.</p> <p>IMPACTS POTENTIELS D'AMENAGEMENT : L'aménagement des sols conduit à la réémission d'une partie des stocks de carbone dans l'atmosphère et la perte des flux de séquestration futurs.</p> <p>INDICATEURS DEVELOPPES :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perte de capacité de stockage et de flux de séquestration (tCO_{2e}); - Perte de valeur économique (€). 	<p>MESSAGES CLES : Evaluation monétaire, simple et unifiée que permet d'éclairer les impacts des projets d'aménagement au regard de l'objectif d'atteindre la neutralité carbone au niveau régional et national.</p> <p>Méthode basée sur des valeurs de référence nationales récentes approuvés par un conseil scientifique et le comité national des parties prenantes de L'EFESE.</p> <p>LIMITES DES INDICATEURS PROPOSEES : Les valeurs de référence reposent sur des hypothèses et des données incertaines. Les principales sources de d'incertitude sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les stocks actuels de carbone au sein des écosystèmes et leurs évolutions actuelles (les flux); - L'évolution des stocks et flux à long terme sous influence du changement climatique; - Les croyances sur l'impact du changement climatique sur l'économie.
---	--	---

SERVICE : SEQUESTRATION DU CARBONE	
NIVEAU 2 LA METHODOLOGIE	<p>METHODE D'EVALUATION :</p> <p>Des valeurs de référence biophysiques et monétaires ont été utilisée pour évaluer les effets de projets susceptibles d'affecter les perspectives de séquestration du carbone par les écosystèmes :</p> <ul style="list-style-type: none">- Stock actuel moyen de carbone ;- Capacité à séquestrer du carbone additionnel à long terme ;- Valeur monétaire. <p>Les valeurs de référence sont disponibles pour différents types d'écosystèmes et différent type de gestion. L'évaluation repose sur la représentation des impacts d'un projet d'aménagement par un changement de type d'écosystème (par exemple le changement de prairies permanentes vers des terres imperméabilisées).</p>
	<p>HYPOTHESES DE CALCULS :</p> <p>Les valeurs de référence nationale formulées sont appliquées au niveau régional/local.</p>

SERVICE : SEQUESTRATION DU CARBONE			
NIVEAU 3 Détails	VARIABLES :	DESCRIPTION :	UNITES :
	PCS	Perte de capacité de stockage	tCO _{2e}
	VM _{tot}	Valeur monétaire totale	€ ₂₀₁₇ (valeur actuelle nette)
	VM _a	Valeur monétaire annualisée	€ ₂₀₁₇ /an
	FORMULES :		
	$PCS = \sum_{e=1}^E (S_e^{initial} - S_e^{final}) (ST_e^{final} - ST_e^{initial}) \quad (1)$		
	$VM_{tot} = \sum_{e=1}^E (S_e^{initial} - S_e^{final}) (VRM_e^{final} - VRM_e^{initial}) \quad (2)$		
	$VM_a = \frac{VM_{tot}}{\partial} \quad (3)$		

PARAMETRES :	DESPRIPTION :	UNITES :	REFERENCES :
S	Surface	ha	Donnée d'entrée
e	Type d'écosystème $e \in [1; E]$	-	EFESE, (2019)
ST	Stock de référence	tCO ₂ e/ha	EFESE, (2019)
VRM	Valeur monétaire de référence	€ ₂₀₁₇ /ha	EFESE, (2019)
δ	Taux d'annualisation	%	EFESE, (2019)
<p>BIBLIOGRAPHIE : Commissariat général du développement durable (2019). EFESE - La séquestration de carbone par les écosystèmes en France. La Documentation Française (ed.). Collection Théma Analyse, e-publication.</p>			

POLLINISATION DES ESPECES CULTIVEES	
NIVEAU 1 Points essentiels sur les indicateurs	<p>DEFINITION : La pollinisation contribue à la production des cultures basées sur des espèces de plantes à fleurs, et désigne ainsi le processus par lequel le pollen est déplacé entre les fleurs. La pollinisation est un service écosystémique dont les exploitants agricoles retirent un avantage.</p> <p>IMPACTS POTENTIELS D'AMENAGEMENT : La perte de terres (semi-) naturelles, et la dégradation des sols de haute qualité ont des conséquences sur différentes fonctions écologiques essentielles à la pollinisation. Une mauvaise pollinisation entraîne une baisse de rendement ou de la qualité de récolte.</p> <p>INDICATEURS DEVELOPPES :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Richesse des pollinisateurs (nombre/ha) ; - Valeur économique du service de pollinisation (€) ; - Indice de vulnérabilité (ratio).
	<p>MESSAGES CLES : L'évaluation du service de pollinisation pour la production agricole permet de bien préciser la dépendance (en termes économiques) de la production agricole aux insectes pollinisateurs.</p> <p>La méthode utilisée est simple, répliquable et peu coûteuse.</p> <p>LIMITES DES INICATEURS PROPOSEES : Les indicateurs montrent des valeurs potentiellement à risque reposant sur l'hypothèse de disparition totale de pollinisateurs.</p> <p>Les indicateurs proposés constitue un minorant de la valeur de service de pollinisation puisqu'ils ne prennent pas en compte certains aspects liés à la biodiversité, le paysage, la santé humaine, et la qualité de vie.</p>

POLLINISATION DES ESPECES CULTIVEES	
NIVEAU 2 La méthodologie	<p>METHODE D’EVALUATION :</p> <p>L’évaluation de richesse de pollinisateurs est basée sur des valeurs de référence disponible à l’échelle d’une Petite Région Agricole. Les valeurs sont directement extraites de la base de données EFESE.</p> <p>La valeur économique du service de pollinisation s’appuie sur la méthode de la fonction de production. La valeur a été mesurée par la contribution des insectes pollinisateurs à la valeur de la production végétale directement destinée à l’alimentation humaine. La dépendance des cultures de la production agricole aux insectes pollinisateurs est caractérisée par un ratio de dépendance des espèces vis-à-vis des pollinisateurs. Ce ratio reflète une mesure de la perte relative de production agricole qui serait induit par la disparition des pollinisateurs.</p>
	<p>HYPOTHESES DE CALCULS :</p> <p>La valeur de production représente la valeur économique du service. Idéalement cet indicateur devrait être exprimé en termes de perte de surplus de consommateurs due à un déclin des pollinisateurs. En effet, la perte de surplus de consommateur intègre l’impacts à la hausse d’une chute de la production des cultures sur leur prix.</p>

POLLINISATION DES ESPECES CULTIVEES

NIVEAU 3 Détails	VARIABLES :	DESCRIPTION :	UNITES :	REFERENCES :
	RM _j	Richesse de pollinisateurs dans une Petite Région Agricole	nombre	EFESE, (2016)
	VMSP	Valeur monétaire du service de pollinisation	€	
	IV	Indice de vulnérabilité	ratio	
FORMULES:				
	$VMSP = \sum_{i=1}^I (P_i * Q_i * D_i)$		(1)	
	$IV = \frac{VMSP}{VP}$		(2)	
	$VP = \sum_{i=1}^I (P_i * Q_i)$		(3)	

PARAMETRES :	DESPRIPTION :	UNITES :	REFERENCES :
P	Prix de production	€/tonne	Eurostat
i	Culture $i \in [1; I]$		RPG
Q	Quantité de production	Tonnes	AGRESTRE, FAO
D	Ratio de dépendance	Ratio	Klein et al, (2007)

BIBLIOGRAPHIE :

- EFESE (2016). Le service de pollinisation.
- Klein, A-M., Vaissières B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Tschardtke, T (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the Royal Society B, vol. 274, issue 1608, 303-313.

BIODIVERSITE		
NIVEAU 1 Points essentiels sur les indicateurs	<p>DEFINITION :</p> <p>La notion de biodiversité comprend trois niveaux interdépendants : la diversité écosystémique (des habitats), la diversité spécifique (des espèces) et la diversité génétique. Nous ne considérons pas la biodiversité comme un service écosystémique mais comme le déterminant biophysique centrale à l'expression des services écosystémiques. Les services écosystémiques sont en effet délivrés par l'écosystème qui, dans la perspective de l'évaluation de services écosystémiques, peut être assimilé à l'enveloppe de sol, roche et eau mais inclut également la diversité animale et végétale circulant dans cet espace (Therond et al., 2017). Le fonctionnement de l'écosystème détermine les flux d'énergie et de matière, ainsi que l'évolution des paysages et les processus écologiques qui en dépendent. Les éléments biophysiques qui fournissent un service écosystémique se caractérisent avant tout par des processus, dans une perspective dynamique (par exemple fixation de carbone, production d'eau) mais pour certains services tels que les activités récréatives, c'est la structure même de l'écosystème, statique, qui fournit le service (par exemple, formation géologique pour l'escalade) (Therond et al., 2017 ; Chevassus-au-louis et al., 2009).</p> <p>INDICATEURS DEVELOPPES :</p> <p>La biodiversité est abordée au travers de deux indicateurs, le premier se concentrant sur les milieux agricoles et le second sur</p>	<p>MESSAGES CLES :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'observatoire nationale de la biodiversité propose des indicateurs traduisant : 1) l'état de la biodiversité sur le territoire ; 2) les pressions exercées sur la biodiversité ; 3) les réponses apportées à ces pressions en termes de politiques publiques. - L'état de la biodiversité est mesuré notamment au travers de la diversité de espèces d'arbres. Mais les données ne sont aujourd'hui pas suffisantes pour mesurer l'état de la biodiversité sur l'ensemble des espèces et habitats (données non représentatives ou non disponibles au niveau local : infra-régional, ex. abondance des oiseaux communs spécialistes, habitats écologiquement fonctionnels). Cependant, la construction de pôles de connaissance (vertébrés, invertébrés, flore-habitats) et, plus généralement, la mise en place de l'observatoire régional de la biodiversité permettra de renforcer les mesures et indicateurs de biodiversité. - Les indicateurs de pression sont présentés au travers des mesures de l'artificialisation ou encore du niveau de pression agricole (indicateur HNV), deux des pressions vecteurs d'érosion de la biodiversité. L'indicateur HNV est validé par 1) une confrontation quantitative à des données locales sur la biodiversité ; 2) des dires d'experts (DREAL AURA) confrontant la spatialisation de l'indicateur à leur connaissance du territoire.

	<p>les milieux forestiers, tous deux supports importants de biodiversité.</p> <ul style="list-style-type: none">- Haute valeur naturelle de l'agriculture (HNV)- Diversité des espèces d'arbres	<ul style="list-style-type: none">- Les indicateurs de réponses sont représentés cartographiquement au travers des espaces naturels protégés. <p>LIMITES DES INDICATEURS PROPOSES :</p> <p>Au-delà de la mesure des pressions d'artificialisation et des mesures de protection, les deux indicateurs proposés sont des indicateurs composites donc nécessitant un grand nombre de données pour être calculés. A noter cependant, une mise à jour régulière de l'indicateur HNV par le centre commun de recherche (JRC) de la commission européenne qui permet un suivi.</p>
--	--	---

BIODIVERSITE	
NIVEAU 2 La méthodologie	<p>METHODE D'EVALUATION :</p> <p>1- Haute valeur naturelle de l'agriculture : L'approche retenue par le Centre commun de recherche de la Commission Européenne (JRC) et présentée ici adopte une orientation cartographique et statistique s'appuyant sur les recensements et enquêtes agricoles (RGA, RPG...), ainsi que divers inventaires (Inventaire des zones humides, inventaire des prairies...). L'indicateur qui en résulte est constitué de trois composantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La diversité d'assolement. - L'extensivité des pratiques qui prend en considération l'intensité du niveau de fertilisation minérale azotée apportée aux prairies, ainsi que des espèces cultivées et des rendements moyens obtenus. - Les éléments naturels et paysagers (infrastructure agro-écologiques) qui comprennent les lisières de voies, les haies, les vergers traditionnels, les étangs piscicoles et les prairies humides. <p>Ces trois composantes renforcent la biodiversité, elles interagissent entre elles et se cumulent. Ainsi, la diversité d'assolement génère une diversité d'habitats et d'espèces et améliore la qualité du fonctionnement de l'écosystème, de même que la présence d'éléments paysagers. Mais cette biodiversité ne peut être riche que si elle n'est pas menacée par trop de pesticides et d'engrais chimiques.</p> <p>2- Diversité des espèces d'arbres :</p> <p>La mesure de la biodiversité forestière est réalisée à partir d'un indicateur mesurant la diversité des espèces d'arbres (de Rigo, 2016 ; projet de recherche Pegasus), à l'aide de leur probabilité relative de présence. Cet indicateur mesure donc l'une des composantes de la diversité des forêts (centrée sur les arbres) mais peut, indirectement, renseigner sur la diversité d'autres compartiments de la biodiversité : la richesse locale en essences influençant en général positivement la diversité locale d'autres groupes taxinomiques (IGN, inventaire forestier).</p> <hr/> <p>HYPOTHESES DE CALCULS :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diversité d'assolement : à partir du RGA, calcul de la diversité d'assolement pour chaque ferme puis chaque commune. - Pratiques culturales : prise en compte de l'intensité du niveau de fertilisation minérale azotée apportée aux prairies, ainsi que des espèces cultivées et des rendements moyens obtenus. - Eléments paysagers : identification de la présence d'éléments fixes du paysage dont la liste dépend des informations statistiquement disponibles : lisières de bois, haies, vergers traditionnels, étangs piscicoles et prairies humides.

BIODIVERSITE

NIVEAU 3 Détails

BIBLIOGRAPHIE :

- De Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., & San-Miguel-Ayanz, J. (2016). The European Atlas of Forest Tree Species: modelling, data and information on forest tree species. European Atlas of Forest Tree Species, e01aa69+.
- Pointereau, P., Paracchini, M. L., Terres, J. M., Jiguet, F., Bas, Y., & Biala, K. (2007). Identification of High Nature Value farmland in France through statistical information and farm practice surveys. *JRC Scientific and Technical Reports. EUR, 22786, 76.*
- Pointereau, P., Coulon, F., Jiguet, F., Doxa, A., Paracchini, M. L., & Terres, J. M. (2010). Les systèmes agricoles à haute valeur naturelle en France métropolitaine.
- Pointereau, P., Coulon, F., Doxa, A., Jiguet, F., & Paracchini, M. L. (2010). Location of HNV farmland area in France and links between changes in high nature value farmland areas and changes in birds population. *JRC Scientific and Technical Reports.*

REGULATION DE LA QUALITE DE L'EAU		
NIVEAU 1 POINTS ESSENTIELS SUR LES INDICATEURS	<p>DEFINITION :</p> <p>Les écosystèmes agricoles, prairiaux et forestiers contribuent à la régulation de la qualité de la ressource en eau en réduisant – par leur capacité de rétention – les quantités de divers polluants d'origine humaine (nitrates, phosphates, pesticides, etc.) contenues dans les eaux souterraines et de surface. La société en dérive plusieurs avantages, une eau de qualité étant nécessaire à de nombreuses activités (fourniture d'eau potable, activités nautiques récréatives, pêche, etc.)</p>	<p>MESSAGES CLES :</p> <p>Méthode basée sur des valeurs de référence établies et validées par des groupes de travail nationaux (CAS, CGDD et EFESE)</p> <p>Evaluation monétaire robuste, simple et unifiée grâce à la méthode du transfert de valeur pour les écosystèmes forestiers. L'évaluation économique du service est plus difficile pour les autres types d'écosystèmes (prairiaux et agricoles) notamment car elle nécessiterait de définir des hypothèses fortes.</p>
	<p>IMPACTS POTENTIELS D'AMENAGEMENT :</p> <p>Un changement d'usage des sols est susceptible de modifier la capacité de régulation de la qualité de l'eau du milieu (e.g., déforestation suivie d'une mise en culture) ou d'entraîner la perte de la fourniture du service (e.g., artificialisation). La fourniture d'une eau de mauvaise qualité par le milieu (en cas de perte de service), nécessite la mise en place de traitements.</p> <p>INDICATEURS DEVELOPPES :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quantité d'eau purifiée par le milieu (m³/an) - Proportion d'azote non lixivié (écosystèmes agricoles, en %) - Valeur économique du service rendu par le milieu (écosystèmes forestiers) (€/an) 	<p>LIMITES DES INDICATEURS PROPOSEES :</p> <p>Les indicateurs de quantité d'eau purifiée et de valeur économique reposent sur les hypothèses suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Il y a perte totale du service en cas de changement d'usage du sol (en particulier artificialisation). - L'eau purifiée par l'écosystème est de bonne qualité <p>L'indicateur de quantité d'eau purifiée ne permet pas de quantifier la variation du niveau de de service fourni dans le cas d'un changement d'usage du sol entre les trois types d'écosystèmes considérés.</p> <p>L'indicateur de proportion d'azote non lixivié décrit la part d'azote minéral apportée qui est retenue par l'écosystème et non pas la quantité d'eau de qualité produite par celui-ci. Cette part dépend notamment et de façon importante des cultures et pratiques agricoles.</p>

SERVICE : REGULATION DE LA QUALITE DE L'EAU

NIVEAU 2 LA METHODOLOGIE

METHODE D'EVALUATION :

Les indicateurs de quantité d'eau purifiée par l'écosystème (rendement en eau) et de proportion d'azote non lixivié sont basés sur des valeurs de référence biophysiques disponibles à l'échelle d'une Unité Pédoclimatique (UPC). Les valeurs sont directement extraites de la base de données EFESE.

L'indicateur de valeur économique du service de régulation de la qualité de l'eau rendu par les forêts est basé sur une valeur de référence définie pour l'ensemble de la France et directement extraite du rapport du Centre d'Analyse Stratégique (Chevassus-au-Louis et al., 2009)

HYPOTHESES DE CALCULS :

La quantité d'eau purifiée par l'écosystème (en m³/ha x an), déterminée à partir du rendement en eau (établi pour les grandes cultures), est considérée identique pour les trois types d'écosystèmes considérés au sein d'un même UPC.

Le calcul de la quantité d'eau purifiée par l'écosystème fait l'hypothèse que la totalité du rendement en eau est purifiée (pas de distinction entre les différents types de ruissellement plus ou moins rapides).

La valeur de référence définie à l'échelle nationale pour la valeur monétaire du service rendu par les forêts est appliquée à l'échelle régionale/locale.

SERVICE : REGULATION DE LA QUALITE DE L'EAU			
NIVEAU 3 Détails	VARIABLES :	DESCRIPTION :	UNITES :
	QP_{tot}	Quantité d'eau purifiée par le milieu	m ³ /an
	VM_{tot}	Valeur économique du service rendu par le milieu	€/an
	FORMULES :		
	$QP_{tot} = \delta \sum_1^E A_e \times R_e$	(1)	
	$VM_{tot} = A_e \times v_e$	(2) ¹	
PARAMETRES :	DESCRIPTION :	UNITES :	REFERENCES :
A	Surface	ha	Donnée d'entrée
e	Type d'écosystème $e \in [1; E]$	-	Bansept (2013)

¹ Valable uniquement pour les écosystèmes forestiers.

R	Rendement en eau	mm/an	EFESE (2017)
δ	Facteur de conversion entre mm et m ³ /ha	-	-
<i>vm</i>	Valeur monétaire du service de régulation de la qualité de l'eau pour un hectare	€/ha	CAS (2009)
<i>Az</i>	Proportion d'azote non lixivié	%	EFESE (2017)
<p>BIBLIOGRAPHIE :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bansept A., (2013). Eau et Forêt, Première partie : l'influence des arbres sur la quantité des eaux, <i>Revue forestière française</i>. - Chevassus-au-Louis B., Salles J-M., Pujol J-L. (2009). Approche économique de la biodiversité et des services rendus par les écosystèmes. Contribution à la décision publique Centre d'analyse stratégique, La Documentation française - Therond O. (coord.), Tichit M. (coord.), Tibi A. (coord.), Accatino F., Biju-Duval L., Bockstaller C., Bohan D., Bonaudo T., Boval M., Cahuzac E., Casellas E., Chauvel B., Choler P., Constantin J., Cousin I., Daroussin J., David M., Delacote P., Derocles S., De Sousa L., Domingues Santos J.P., Dross C., Duru M., Eugène M., Fontaine C., Garcia B., Geijzendorffer I., Girardin A., Graux A-I., Jouven M., Langlois B., Le Bas C., Le Bissonnais Y., Lelièvre V., Lifran R., Maigné E., Martin G., Martin R., Martin-Laurent F., Martinet V., McLaughlin O., Meillet A., Mignolet C., Mouchet M., Nozières-Petit M-O., Ostermann O.P., Paracchini M.L., Pellerin S., Peyraud J-L., Petit-Michaut S., Picaud C., Plantureux S., Poméon T., Porcher E., Puech T., Puillet L., Rambonilaza T., Raynal H., Resmond R., Ripoche D., Ruget F., Rulleau B., Rusch A., Salles J-M., Sauvart D., Schott C., Tardieu L. (2017). Volet "écosystèmes agricoles" de l'Evaluation Française des Ecosystèmes et des Services Ecosystémiques. Rapport d'étude, Inra (France), 966 pages - Tibi A., Therond O. (2017). Evaluation des services écosystémiques rendus par les écosystèmes agricoles. Une contribution au programme EFESE. Synthèse du rapport d'étude, Inra (France), 118 pages. 			

REGULATION DES FLUX D'EAU LIQUIDE

NIVEAU 1
POINTS ESSENTIELS SUR LES INDICATEURS

DEFINITION :

Via leur capacité de stockage de l'eau issue des précipitations par le couvert et le sol, les espaces naturels, agricoles et forestiers fournissent un service de régulation des flux d'eau liquide. Cette eau stockée est restituée d'une part à la végétation, contribuant ainsi à la production sylvicole ou agricole, et d'autre part aux eaux souterraines et de surface. Cette capacité de rétention permet également de stocker de l'eau en période d'excès d'eau et de la remobiliser pendant des périodes de sécheresse.

IMPACTS POTENTIELS D'AMENAGEMENT :

Les changements d'usage du sol, en particulier l'urbanisation et l'artificialisation qui l'accompagne, entraînent une modification du cycle de l'eau à l'échelle locale : le ruissellement est accru et le stockage de l'eau par l'écosystème est moindre, ce qui peut nécessiter d'investir dans des installations artificielles de stockage.

INDICATEURS DEVELOPPES :

- Capacité annuelle de stockage en eau du milieu (m³/an)
- Quantité d'eau stockée par le milieu restituée à la nappe phréatique (m³/an)
- Coût de remplacement de la capacité de stockage annualisé (€/an)

MESSAGES CLES :

Les indicateurs de coût de remplacement sont basés sur une méthodologie simple et facilement répliquable qui permet – grâce aux valeurs de référence de l'EFESE – de prendre en compte la variabilité spatiale de la fourniture du service. Ce sont des indicateurs facilement appréhendables et appropriables pour les acteurs à l'échelle locale en lien notamment avec la compétence communale GEMAPI.

LIMITES DES INDICATEURS PROPOSEES :

L'indicateur de capacité annuelle de stockage en eau ne permet de quantifier que partiellement la variation du niveau de de service fourni dans le cas d'un changement d'usage du sol entre les trois types d'écosystèmes considérés, le rendement en eau étant considéré identique pour ces derniers.

Les indicateurs de capacité annuelle de stockage et de quantité d'eau restituée à la nappe phréatique requièrent la détermination d'un coefficient d'infiltration. Cette détermination est très coûteuse en temps et savoir-faire.

REGULATION DES FLUX D'EAU LIQUIDE	
NIVEAU 2 LA METHODOLOGIE	<p>METHODE D'EVALUATION :</p> <p>Les indicateurs d'eau transpirée² et de rendement en eau sont basés sur des valeurs de référence biophysiques (établies pour les grandes cultures) disponibles à l'échelle d'une Unité Pédoclimatique (UPC). Les valeurs sont directement extraites de la base de données EFESE.</p> <p>La quantité d'eau restituée annuellement à la nappe par l'écosystème est déterminée à partir du rendement en eau et du taux d'infiltration de celui-ci dans la nappe. Ce taux d'infiltration est déterminé à partir de l'IDPR (Indice de Développement et de Persistance des Réseaux, BRGM) moyen calculé par UPC par interpolation SIG et du tableau de correspondance entre IDPR et taux d'infiltration établi par Caballero et al. (2016).</p> <p>Le coût de remplacement de la capacité de stockage annualisé prend en compte la capacité de stockage à remplacer, le coût de référence d'un bassin de stockage de temps de pluie déterminé par l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse ainsi que la durée de vie de l'équipement.</p>
	<p>HYPOTHESES DE CALCULS :</p> <p>Le rendement en eau (en m³/ha x an et établi pour les grandes cultures) est considéré identique pour les trois types d'écosystèmes considérés au sein d'un même UPC.</p> <p>L'indicateur d'eau transpirée par la végétation est calculé pour les écosystèmes prairiaux et forestiers à partir de la valeur définie par EFESE-écosystèmes agricoles et des facteurs de conversion issus de Bansept (2013).</p>

² Quantité d'eau transpirée par la culture de rente pendant sa période de croissance.

REGULATION DES FLUX D'EAU LIQUIDE				
NIVEAU 3 Détails	VARIABLES :	DESCRIPTION :	UNITES :	
	S_{tot}	Capacité annuelle de stockage en eau du milieu	m ³ /an	
	N_{tot}	Quantité d'eau stockée par le milieu restituée à la nappe phréatique	m ³ /an	
	C_{tot}	Coût total de remplacement de la capacité de stockage annualisé	€/an	
	FORMULES :			
	$S_{tot} = \sum_1^E A_e \times (R_e \times I + T_e) \quad (1)$			
	$N_{tot} = \delta \sum_1^E A_e \times R_e \times I \quad (2)$			
	$C_{tot} = N_{tot} \times c \quad (3)$			
	PARAMETRES :	DESCRIPTION :	UNITES :	REFERENCES :
	A	Surface	ha	Donnée d'entrée
	e	Type d'écosystème $e \in [1; E]$	-	Bansept (2013)
	R	Rendement en eau	mm/an	EFESE (2017)

T	Quantité d'eau transpirée par la culture de rente pendant sa période de croissance	mm/an	EFESE (2017)
I	Taux d'infiltration	%	BRGM
δ	Facteur de conversion entre mm et m ³ /ha	-	-
c	Coût de référence d'un bassin de stockage de temps de pluie	€/m ³	Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse (2008)
<p>BIBLIOGRAPHIE :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse (2008). Étude – bassins de stockage de temps de pluie - Bansept A., (2013). Eau et Forêt, Première partie : l'influence des arbres sur la quantité des eaux, <i>Revue forestière française</i>. - Caballero Y., Lanini, S. L. Zerouali, V. Bailly-Comte (2016) Caractérisation de la recharge des aquifères et évolution future en contexte de changement climatique. Application au bassin Rhône-Méditerranée Corse. Rapport final. BRGM/RP-65807-FR, 188p., 159 ill., 3CD. - Therond O. (coord.), Tichit M. (coord.), Tibi A. (coord.), Accatino F., Biju-Duval L., Bockstaller C., Bohan D., Bonaudo T., Boval M., Cahuzac E., Casellas E., Chauvel B., Choler P., Constantin J., Cousin I., Daroussin J., David M., Delacote P., Derocles S., De Sousa L., Domingues Santos J.P., Dross C., Duru M., Eugène M., Fontaine C., Garcia B., Geijzendorffer I., Girardin A., Graux A-I., Jouven M., Langlois B., Le Bas C., Le Bissonnais Y., Lelièvre V., Lifran R., Maigné E., Martin G., Martin R., Martin-Laurent F., Martinet V., McLaughlin O., Meillet A., Mignolet C., Mouchet M., Nozières-Petit M-O., Ostermann O.P., Paracchini M.L., Pellerin S., Peyraud J-L., Petit-Michaut S., Picaud C., Plantureux S., Poméon T., Porcher E., Puech T., Puillet L., Rambonilaza T., Raynal H., Resmond R., Ripoche D., Ruget F., Rulleau B., Rusch A., Salles J-M., Sauvant D., Schott C., Tardieu L. (2017). Volet "écosystèmes agricoles" de l'Evaluation Française des Ecosystèmes et des Services Ecosystémiques. Rapport d'étude, Inra (France), 966 pages - Tibi A., Therond O. (2017). Evaluation des services écosystémiques rendus par les écosystèmes agricoles. Une contribution au programme EFESE. Synthèse du rapport d'étude, Inra (France), 118 pages. 			

SERVICE RECREATIVES ET TOURISTIQUES	
NIVEAU 1 Points essentiels sur les indicateurs	<p>DEFINITION :</p> <p>Les espaces naturels, agricoles et forestiers concourent au cadre de vie et offrent des possibilités récréatives variées, contribuant au développement d'activités sportives ou de loisirs de plein air et d'activités touristiques proches de la nature.</p> <p>IMPACTS POTENTIELS D'AMENAGEMENT :</p> <p>La conversion des espaces (déforestation, urbanisation, infrastructures de transport, etc.) et la modification des pratiques de gestion ou d'exploitation des milieux naturels, forestiers et agricoles (intensification agricole, abandon de terres, etc.) transforment les structures paysagères et impactent la fourniture de services culturels et récréatifs associés. On peut citer deux catégories de transformation: la modification du paysage qui s'offre à la vue (fermeture du paysage, homogénéisation, banalisation, etc.) et la fragmentation (perforation, rognage, morcellement) qui peut aller jusqu'à la coupure ou l'ablation des milieux.</p> <p>INDICATEURS DEVELOPPES :</p> <p>Indicateur de potentiel récréatif construit en distinguant l'offre récréative potentielle et la demande récréative potentielle</p>
	<p>MESSAGES CLES :</p> <p>Les liens entre usages récréatifs et les composantes biophysiques et anthropiques des écosystèmes passent par le paysage. Le potentiel d'attraction récréatif ou touristique d'un lieu ou d'une destination est déterminé, avant tout, par la variété et surtout la qualité esthétique ou naturelle de ses paysages. La présence de « spots » de pratiques sportives ou de loisirs, combinant des caractéristiques biophysiques (topographie, rivière, etc.) et un aménagement permettant la pratique, est également source potentielle d'attraction.</p> <p>LIMITES DES VALEURS PROPOSEES :</p> <p>En l'absence de données de fréquentation collectées systématiquement sur les territoires, on utilise une approximation basée sur le nombre de visiteurs potentiels (résidents permanents et touristes) pouvant fréquenter les sites d'intérêt dans la journée (dans un rayon de 100 km).</p>

SERVICE RECREATIVES ET TOURISTIQUES

NIVEAU 2 La méthodologie

METHODE D'EVALUATION :

L'offre récréative potentielle est un indicateur composite basé sur :

- Une mesure de l'impact humain sur la flore et la végétation, soit une estimation de l'intégrité biophysique d'un milieu. Cette mesure utilise le concept d'hémérobie qui rend compte du degré de dégradation du milieu naturel. Plus précisément, on estime l'écart entre la végétation dans son état actuel et la « végétation naturelle potentielle » du milieu, la dégradation étant causée par l'ensemble des activités humaines qui ont un impact plus ou moins fort sur le milieu naturel. Une carte européenne a été établie par Paracchini et Capitani (2011) en attribuant aux classes de la couverture CORINE land cover (CLC) un indice hémérobie à partir d'informations bibliographiques, de données de gestions agricoles (apports azotés et densité du bétail – modèle CAPRI) et de données sur les espèces d'arbres tirées de la base européenne AFOLU (Portail des émissions de gaz à effet de serre dans l'agriculture, la sylviculture et autres utilisations des sols).
- Les aires récréatives naturelles cartographiées en utilisant la base Natura 2000 et les autres sites protégés dans le cadre d'une législation nationale, en excluant les réserves naturelles intégrales non accessibles à des fins récréatives.
- L'attractivité des étendues d'eaux et des milieux aquatiques.

La demande potentielle de services récréatifs correspond à la pression touristique sur les espaces agricoles, forestiers et naturels. Elle est mesurée à partir du nombre de visiteurs potentiels localisés dans un rayon de 100 km. Sont pris en compte comme visiteurs potentiels : la population résidente ainsi que les touristes pouvant être logés dans les différents hébergements touristiques relevant du secteur marchand (nombre de lits dans les hôtels, campings, résidences de vacances, résidences secondaires, etc.).

HYPOTHESES DE CALCULS :

L'estimation de la capacité d'hébergement touristique est calculée en utilisant les coefficients préconisés dans l'article R133-33 du Code du tourisme. A savoir :

- nombre de chambres en hôtellerie classée et non classée multiplié par deux ;
- nombre de lits en résidence de tourisme répondant à des critères déterminés par décret ;
- nombre de logements meublés multiplié par quatre ;
- nombre d'emplacements situés en terrain de camping multiplié par trois ;
- nombre de lits en village de vacances et maisons familiales de vacances ;

- nombre de résidences secondaires multiplié par cinq ;
- nombre de chambres d'hôtes multiplié par deux ;
- nombre d'anneaux de plaisance dans les ports de plaisance multiplié par quatre.

SERVICE RECREATIVES ET TOURISTIQUES					
NIVEAU 3 Détails	VARIABLES :	DESCRIPTION :	UNITES :	REFERENCES :	
	HTCH19	Nombre de chambres dans les hôtels en 2019	Chambres	INSEE	
	CPGE19	Nombre d'emplacements de camping en 2019	Emplacements	INSEE	
	VVLIT19	Nombre total de places lit dans les Villages vacances - Maisons familiales en 2019	Lits	INSEE	
	RTLIT19	Nombre total de places lit dans les résidences de tourisme et hébergements assimilés en 2019	Lits	INSEE	
	AJCSLIT19	Nombre total de places lit dans les auberges de jeunesse - Centres internationaux de séjour et centres sportifs en 2019	Lits	INSEE	
	P15_RSECOCC	Nombre de résidences secondaires et logements occasionnels en 2015	Logements	INSEE	
	FORMULES:				
	CPGE19LITS = CPGE19*3		(1)		
	NBLITS19=HTCH19*2+CPGE19*3+VVLIT19+RTLIT19+AJCSLIT19+P15_RSECOCC*5		(2)		
PARAMETRES :	DESCRIPTION :	UNITES :	REFERENCES :		
CPGE19LITS	Capacité d'accueil en campings	Lits	Ministère du tourisme		
NBLITS19	Capacité d'accueil total	Lits	Ministère du tourisme		

BIBLIOGRAPHIE :

- Paracchini, M. L., & Capitani, C. (2011). Implementation of a EU wide indicator for the rural-agrarian landscape. In JRC Scientific and Technical Reports. <https://doi.org/10.2788/26827>
- Paracchini, M. L., Zulian, G., Kopperoinen, L., Maes, J., Schägner, J. P., Termansen, M., ... Bidoglio, G. (2014). Mapping cultural ecosystem services: A framework to assess the potential for outdoor recreation across the EU. *Ecological Indicators*, 45(2014), 371–385. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.04.018>
- Article [R133-33](#) du Code du tourisme