



**HAL**  
open science

## Evaluation des capacités de charge - Cadres analytiques fréquemment employés pour la gestion de l'environnement

Eric Le Gentil

► **To cite this version:**

Eric Le Gentil. Evaluation des capacités de charge - Cadres analytiques fréquemment employés pour la gestion de l'environnement. Journées Scientifiques de l'Université de Toulon, Université de Toulon, Apr 2017, Toulon, France. hal-04630076

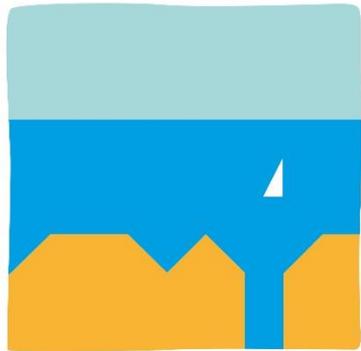
**HAL Id: hal-04630076**

**<https://hal.science/hal-04630076>**

Submitted on 1 Jul 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**HomMer**

Groupement d'Intérêt Scientifique

# Evaluation des capacités de charge

## Cadres analytiques fréquemment employés pour la gestion de l'environnement

Journées Scientifiques de l'Université de Toulon  
Séminaire : Capacité de charge  
25 avril 2017

Eric Le Gentil (GIS HomMer)

AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ

Établissement public du ministère de l'Environnement



ESPACE  
DEV



AMURE  
UMA  
CENTRE DE DROIT ET D'ECONOMIE DE LA MER

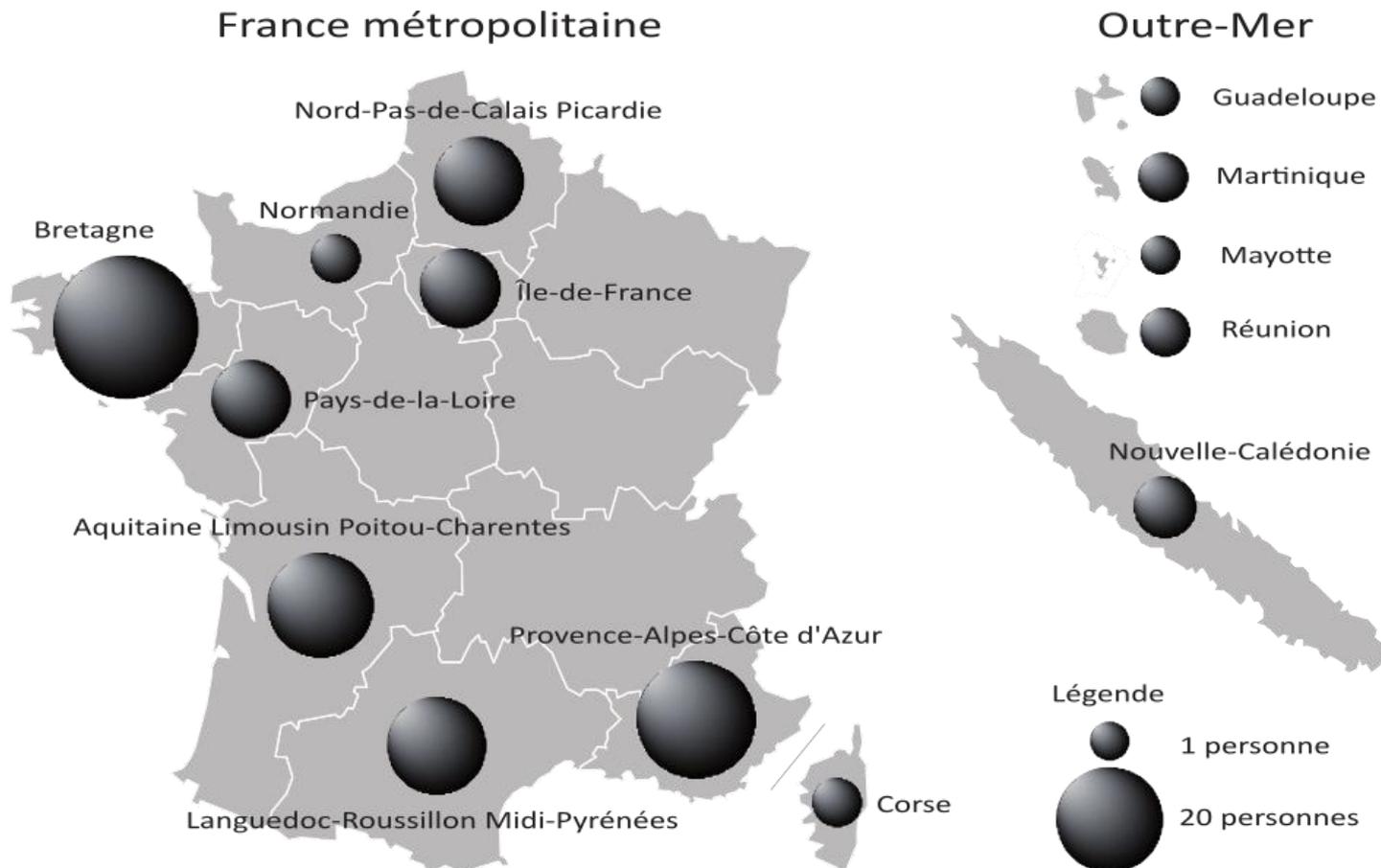
PALOC  
PATRIMOINES LOCAUX



Forum  
des gestionnaires  
d'aires marines protégées

# GIS HomMer

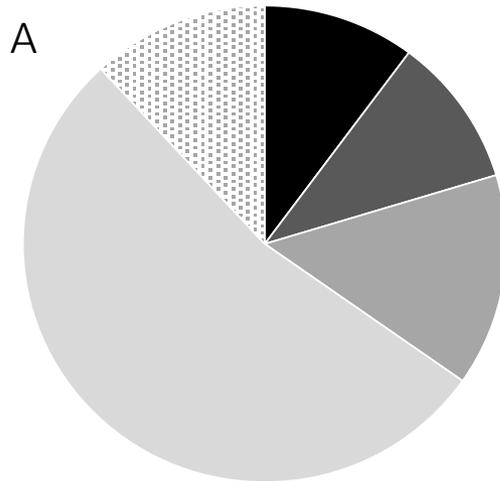
Réseau de recherche collaborative SHS – Gestion  
≈ 160 membres (30/09/2016)



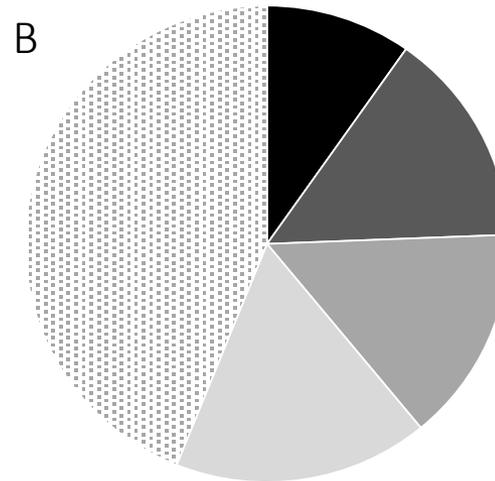
# GIS HomMer

Réseau représentatif des ≠ problématiques scientifiques : AMP, périphéries

Chercheurs



Gestionnaires



- Droit, sciences politiques, histoire
- Anthropologie, ethnologie, sociologie, psychologie
- Economie
- Géographie
- ⊞ Autres (Modélisation, écologie, etc.)

- Réserves naturelles
- Parcs nationaux
- Autres gestionnaires
- AAMP (Parcs naturels marins)
- ⊞ AAMP (autres)

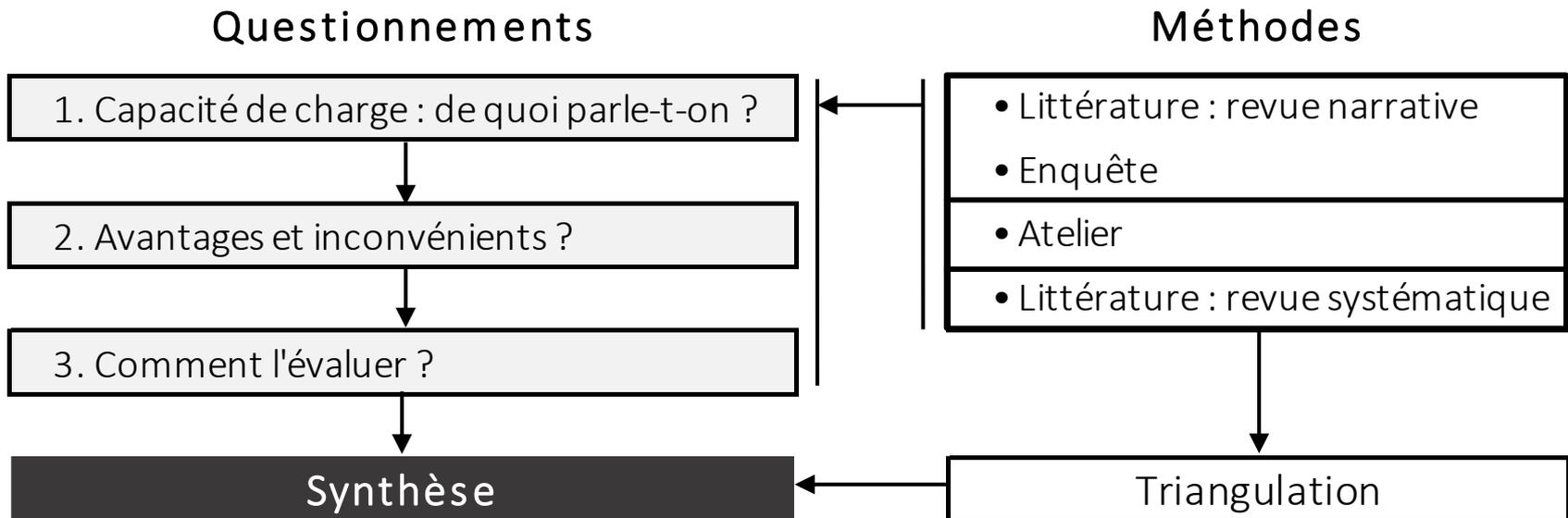
Thème : usages, usagers – environnement litt. et marin – action publique  
 Animer des réflexions collectives : 3 actions prioritaires

## Capacité(s) de charge

Contexte (janvier 2015, séminaire de lancement du GIS HomMer) :

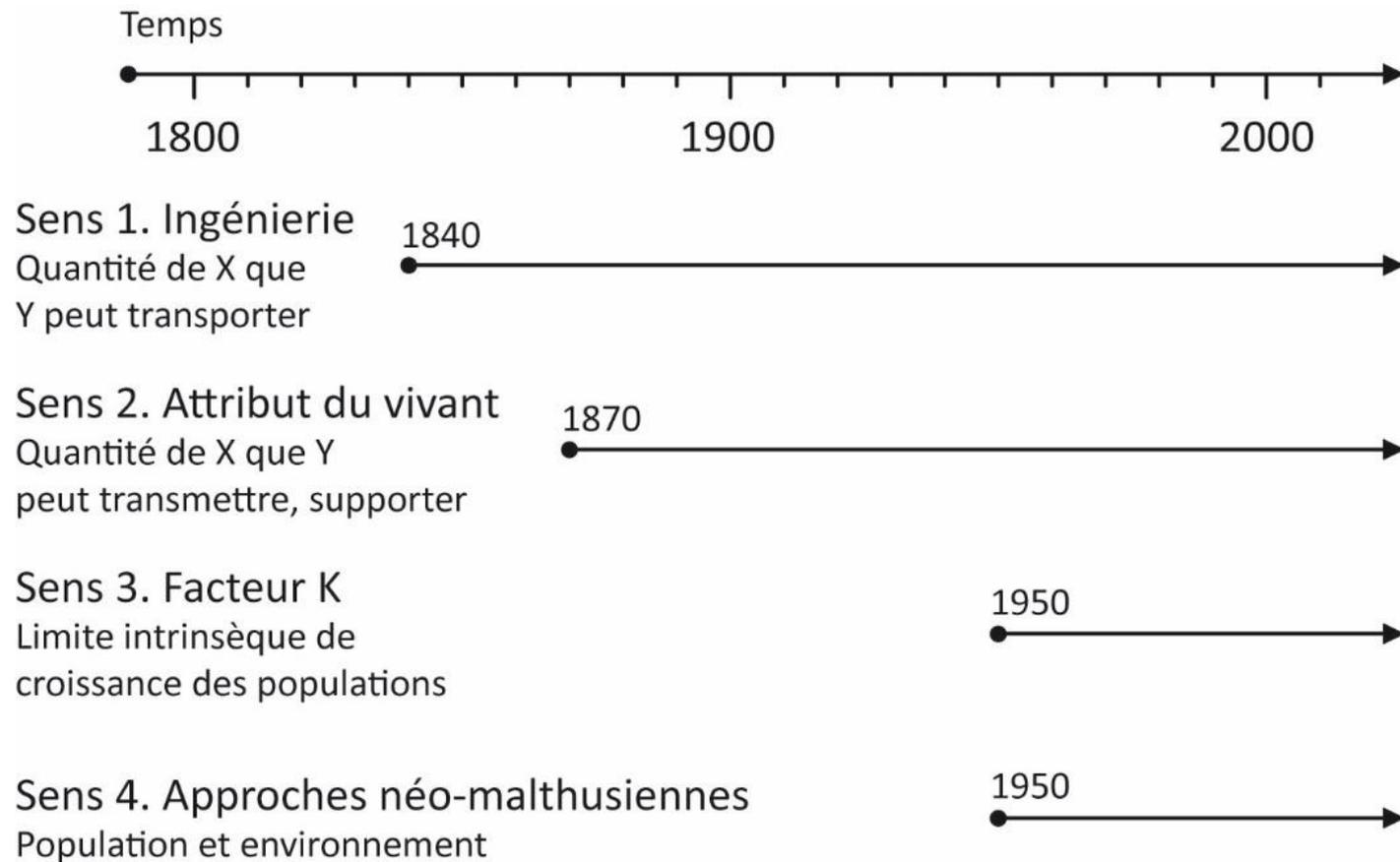
Capacité de charge : « *initier une réflexion collective (...) pour en préciser les contours, dans une double dimension biologique et SHS, et en délimiter le champ au moyen de l'identification des critères à considérer pour envisager son applicabilité potentielle en termes d'aide à la gestion des AMP* »

## Objectifs et méthodes



# Capacité(s) de charge : de quoi parle t'on ?

Une notion, ≠ sens (revue nar.) → ingénierie



D'après Sayre, 2008

# Capacité(s) de charge : de quoi parle t'on ?

## Une notion, ≠ sens, ≠ dimensions (revue nar.) → gestion envt

---

### Dimension physique

“Physical carrying capacity is concerned with the maximum number of use units (...) which can be physically accommodated in an area (...)” (Sowman, 1987).

---

### Dimension économique

“The ability to absorb tourism activities without displacing or disrupting desirable local activities” (Hunter, 1995).

---

### Dimension sociale, culturelle, psychologique

“(...) the level of tolerance of the host population for the presence and behaviour of tourists in the destination area” (Hunter, 1995).

“(...) the degree of crowding users (tourists) are prepared to accept by others (other tourists)” (Hunter, 1995).

“The lowest degree of enjoyment tourists are prepared to accept before they start seeking alternative destinations” (Hunter, 1995).

---

### Dimension écologique

“Ecological carrying capacity (...) is concerned with the maximum level of (...) use, in terms of numbers and activities, that can be accommodated by an area or an ecosystem before an unacceptable or irreversible decline in ecological values occurs” (Pigram, 1983).

---

### Dimension biologique

“The carrying capacity of a habitat for a species is a dynamic property with the point of equilibrium shifting in relation to the changing environment and structure of the biological community” (Parrish *et al.*, 2012)

---

# Capacité(s) de charge : de quoi parle t'on ?

Une notion, ≠ sens, ≠ dimensions (revue nar.) → gestion envt

---

## Définitions généralistes

### Développement durable

“(…) the integrated carrying capacity (ICC), which is a comprehensive capacity measure, is calculated in given space and time frames to support the evaluation of long-term sustainable regional economic development. Combined with the conceptual mode of “driving force - pressure - state - response - control” (D-PSR-C), the ICC reveals the loading capacity between human activity and the ecosystem” (Wei *et al.*, 2014).

### Activités récréatives et touristiques

“The (...) carrying capacity can be defined as the maximum number of people that can visit a tourist destination at the same time, without causing destruction of the physical, economic, and socio-cultural environment and an unacceptable decrease in the quality of visitors’ satisfaction” (McCool et Lime, 2001 ; Lawson *et al.*, 2003; Newman *et al.*, 2005 in Yang *et al.*, 2014).

---

## Mais une interprétation commune.

En général, la CC formalise un processus → effet(s) de seuil :

- un référentiel théo. (statiq. ou dynamiq., à atteindre ou ne pas dépasser),
- exprimé sous forme de valeur(s) numérique(s) (seuil(s), voire optimum),
- et au-delà duquel/desquels se manifeste(nt) un/plusieurs phénomène(s).

## Capacité(s) de charge : avantages, inconvénients

	Littérature (revue nar.)	Enquête et/ou atelier
<b>Avantages, utilité</b>		
Un concept intégrateur (gestionnaires, chercheurs) (SVT, SHS)		✓
Un concept intuitif, aisé à concevoir, synthétique → des qualités pédagogiques (parties prenantes)	✓	✓
Un concept politique qui interroge la notion de croissance et son corollaire	✓	✓
<b>Inconvénients, difficultés</b>		
Absence de validation empirique de la CC au niveau global (population-développement-environnement, K)	✓	
L'application en SHS d'un concept provenant des SVT → spécificités des sociétés peu/mal prises en compte	✓	
De nombreuses définitions, souvent imprécises → pas de méthode d'éval. standardisée	✓	
Les jugements de valeurs font partie intégrante de cette notion → ≠ définitions	✓	✓
L'existence de seuil(s) → leur identification	✓	✓
La CC = une mesure « idéale », statique et quantitative → fluctuations (espace-temps ; individus-groupes)	✓	✓
La CC = de nombreuses dimensions au sein d'un même espace (≠ seuils) → laquelle faire prévaloir ?	✓	✓
La CC globale (indicateur synthétique) est difficilement mesurable	✓	
Certaines dimensions de la CC (CC écolo.) + difficiles à évaluer que d'autres		✓
La CC est exprimée en termes d'intensité/pressions (usage, pop.) sans tenir compte des ≠ pratiques	✓	✓
La CC est exprimée en termes d'intensité/pressions (usage, pop.) → référentiels de gestion exprimés ≠	✓	✓
Les interactions usages-environnement → peu comprises, difficilement mesurables	✓	✓

## Capacité(s) de charge : avantages, inconvénients

Recommandations	Littérature (revue nar.)	Enquête et/ou atelier
Ne pas considérer la CC comme une valeur absolue, objective et scientifique	√	
Changer de perspective : “how many is too many?” → “what are the appropriate or acceptable condition?”	√	
Evaluer la CC au regard d’objectifs de gestion clairement exprimés	√	
Mener l’évaluation dans un cadre partenarial → intégrer les parties prenantes	√	√
Privilégier les approches locales de la CC	√	√
Privilégier plutôt des approches centrées sur peu de dimensions à la fois		√
Approche multi-enjeux → évaluation de la CC au moyen d’analyse multi-critères		√

Enquête, atelier : 31 répondants (Tx de réponse : 96,8 %), 32 participants  
 Profils : chercheurs (57 %, SHS principalement), gestionnaires (43 %, RN, PN, PNM, AAMP)

CC = « succès » → intuitive, synthétique (≈ 2 600 ref. dans SCOPUS)

De nombreuses interrogations = évaluations CC → ≠ pratiques

## Capacité(s) de charge : comment l'évaluer ?

### Revue systématique : ≠ pratiques scientifiques

*Comment la capacité de charge est-elle évaluée, par la communauté scientifique, pour l'aide à la gestion de l'environnement en mer et/ou sur le littoral et/ou dans les espaces protégés ?*

#### 3 étapes

- 1) Application d'un protocole de recherche et de sélection des études
- 2) Une analyse du contenu des évaluations retenues → ≠ caractéristiques
- 3) Elaboration d'une typologie (CAH) → ≠ pratiques existantes

#### Matériel considéré

- BD SCOPUS et BD ISIWEB → 13 requêtes distinctes (articles, éval., titres)
- Recherche documentaire → 244 articles
- Critères d'inclusion/d'exclusion → 61 articles, 67 évaluations de la CC

# Capacité(s) de charge : comment l'évaluer ?

## Evaluer la CC : pour quelles finalités ? Avec quelles méthodo. ?

	Mesurer l'état de conservation de la nature voire maximiser son potentiel (CAH : C_1, n = 22)	Mesurer les dégradations environnementales liées aux usages (CAH : C_2, n = 30)	Mesurer le bien-être des usagers (CAH : C_3, n = 10)	Mesurer le niveau de durabilité des territoires (CAH : C_4, n = 5)
Interactions (CAH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Interactions environnementales</li> <li>(2) Environnement et gestion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Usage(s) et environnement</li> <li>(2) Usage(s), environnement et gestion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Usage(s) et bien-être</li> <li>(2) Usage(s), bien-être et gestion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Usage(s), bien-être, environnement et gestion</b></li> </ul>
Cadres analytiques (CAH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>CC comme attribut des organismes vivants</b> (<i>K, habitat CC, nutri. CC, prod.</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <i>Reference Points</i></li> <li>(2) <i>Physical, real and effective CC</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Limits of Acceptable Change</b> (LAC : VERP, WTSM, VCC, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Pressure-State-Response</b> et assimilés (PSR, DPSIR, etc.)</li> </ul>
Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Diagnostic</li> <li>(2) <i>Analyse ex post</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Diagnostic</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Diagnostic</li> <li>(2) <i>Analyse ex ante</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Diagnostic</b></li> </ul>
Référentiels	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Référentiel à atteindre</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Référentiel à ne pas dépasser</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Référentiel à ne pas dépasser</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Référentiel à ne pas dépasser</b></li> </ul>
Résultats (expression)	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Taille(s) de pop.(s) animale(s) ou végétale(s)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Niveau(x) d'usage(s)</li> <li>(2) <i>Avis (qualitatif)</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Niveau(x) d'usage(s)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Ratio (pn/cn)</b></li> </ul>
Résultats (interpréta.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) La CC comme référentiel théorique comparé à des métriques similaires</li> <li>(2) Absence de comparaison</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>La CC comme référentiel théorique comparé à des métriques similaires</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Absence de comparaison</li> <li>(2) La CC comme référentiel théorique comparé à des métriques similaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>Non applicable</u></li> </ul>

# Capacité(s) de charge : comment l'évaluer ?

## Evaluer la CC : dans quel contexte ?

	Mesurer l'état de conservation de la nature voire maximiser son potentiel (CAH : C_1, n = 22)	Mesurer les dégradations environnementales liées aux usages (CAH : C_2, n = 30)	Mesurer le bien-être des usagers (CAH : C_3, n = 10)	Mesurer le niveau de durabilité des territoires (CAH : C_4, n = 5)
Période de publication	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 2008-2015</li> <li>(2) 2000-2007</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>2008-2015</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 2008-2015</li> <li>(2) 2000-2007</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 2008-2015</li> <li>(2) 2000-2007</li> </ul>
Situation de la Z.E.	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Mer et/ou littoral</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Mer et/ou littoral</li> <li>(2) Terre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Mer et/ou littoral</li> <li>(2) Terre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Mer et/ou littoral</b></li> </ul>
Superficie de la Z.E.	<u>Pas de prédominance</u> (≠ entre valeurs max. et min. ≤ 10 %)	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 0-9,9 km<sup>2</sup></li> <li>(2) 10-99 km<sup>2</sup></li> <li>(2) 100-999 km<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>0-9,9 km<sup>2</sup></b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) ≥ 1 000 km<sup>2</sup></li> <li>(2) 100-999 km<sup>2</sup></li> <li>(3) 10-99 km<sup>2</sup></li> </ul>
Morphologie de la Z.E.	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Zone(s)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Zone(s)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Zone(s)</li> <li>(2) Itinéraire(s)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Zone(s)</b></li> </ul>
Statut de la Z.E.	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Espace protégé</li> <li>(2) Espace non protégé</li> </ul>	<u>Pas de prédominance</u> (≠ entre valeurs max. et min. ≤ 10 %)	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Espace protégé</li> <li>(2) Espace non protégé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Espace non protégé</b></li> </ul>
Usage(s) probléma.(s) dans la Z.E.	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Aucun en particulier</li> <li>(2) Aquaculture</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Tourisme, activités récréatives</li> <li>(2) Aquaculture</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Tourisme, activités récréatives</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) <b>Artificialisation</b></li> </ul>

**Légende :** les modalités très majoritaires figurent en noir et en gras (modalités dont l'emploi est ≥ 80 % par variable et par catégorie, rang 1) ; les modalités majoritaires figurent en noir (50-79,9 %, rang 1) ; les modalités de moindre importance figurent en gris (< 50 % : rang 1, rang 2).

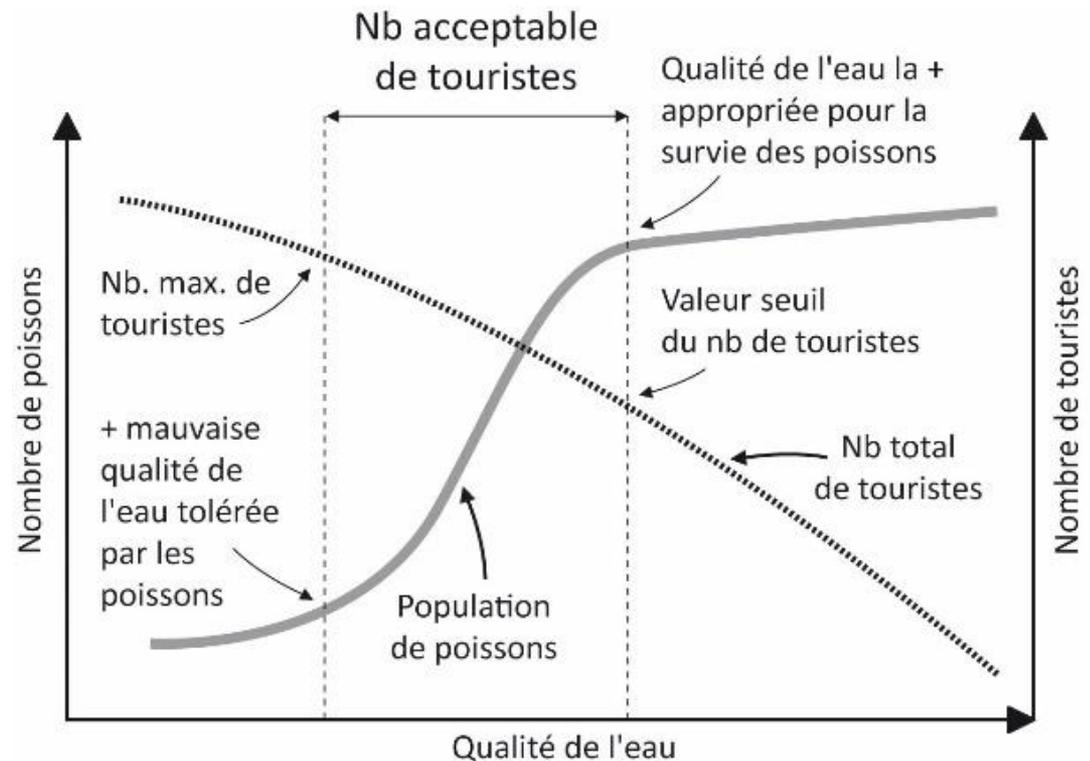
## Capacité(s) de charge : comment l'évaluer ?

### Evaluer la CC, ex. 1 : *Reference points limits*

Catégorie : C\_2

Mesurer les dégradations environnementales liées aux usages

Ex. de résultat : *"In order to maintain suitable water quality for the survival of Varicorhinus barbatulus, Candidia barbatus, and Acrossocheilus paradoxus, the threshold number of tourists at the study site is 3,000–3,600 people per week"*  
(Lee et Chang, 2015).



Reference points : seuil et nombre max. (Lee et Chang, 2015)

## Capacité(s) de charge : comment l'évaluer ?

### Evaluer la CC, ex. 2 : *Physical, real and effective CC*

Catégorie : C\_2

Mesurer les dégradations  
environnementales liées  
aux usages

3 CC ≠

$PCC \geq RCC \geq ECC$

Capacité de charge physique (PCC)

La capacité de charge physique correspond au nombre maximum de plongées qui peuvent être effectuées sur un site d'une superficie donnée pendant un temps déterminé.

$$PCC = \left( \frac{S}{SP} \right) \times NV$$

ou S est la surface totale de l'itinéraire considéré et SP la surface utilisée par chaque usager. NV est le nombre de fois que la visite peut être répétée par jour (fréquence de rotation).

NV est évalué au moyen de la formule suivante :

$$NV = \left( \frac{Vt}{Tv} \right)$$

ou Vt est le temps de plongée disponible dans une journée (en fonction des horaires de lever et de coucher du soleil par ex.) et Tv est la durée moyenne d'une plongée.

## Capacité(s) de charge : comment l'évaluer ?

### Evaluer la CC, ex. 2 : *Physical, real and effective CC*

Catégorie : C\_2

Mesurer les dégradations  
environnementales liées  
aux usages

#### Capacité de charge réelle (RCC)

La RCC fait intervenir des facteurs de corrections spécifiques à la zone d'étude pour pondérer la capacité de charge physique du site. Pour estimer la RCC, les facteurs de correction employés dans cette étude sont les suivants : sécurité-dérangement (CFsoc : taille maximale des groupes de plongeurs, distance minimale entre chaque groupe, etc.), fragilité (CFfg : proportion de coraux fragilisés à l'échelle du site), dommages (CFdt : fréquence de touchers de coraux par type de plongeur) et force du vent (CFwind : nombre de jours de vent fort limitant la pratique de la plongée).

Ces facteurs sont individuellement calculés à l'aide de la formule suivante :

$$CF_x = 1 - \frac{L_{mx}}{T_{mx}}$$

ou  $CF_x$  est le facteur de correction pour la variable  $x$ ,  $L_{mx}$  est la valeur de la variable  $x$  estimée pour le site considéré, et  $T_{mx}$  est l'amplitude totale de la variable  $x$ .

La RCC est ensuite évaluée au moyen de la formule suivante :

$$RCC = PCC \times CF_{soc} \times CF_{fg} \times CF_{dt} \times CF_{wind}$$

## Capacité(s) de charge : comment l'évaluer ?

Evaluer la CC, ex. 2 : *Physical, real and effective CC*

Catégorie : C\_2

Mesurer les dégradations  
environnementales liées  
aux usages

Capacité de charge effective (ECC)

Enfin la capacité de charge effective (ou autorisée) dépend de la capacité de gestion (MC) de l'espace considéré. La MC est appréciée dans le cas présent par inventaire, en considérant trois critères (qualité des infrastructures, niveau d'équipement, disponibilité et compétences professionnelles du personnel), et ce, au regard d'une situation dite optimale.

$$ECC = RCC \times MC$$

Ex. de résultat : *“The TCC values ranged between 1,252 and 1,642 dives/year/trail, with a total of 8,597 dives/year for all six trails. Although these numbers are higher than the actual number of recreational visitors to the island ( $\approx$  1,000 dives per year), there is a need for adequate preventive management if the diving sites are to maintain their esthetic appeal and biological characteristics.”* (Rios-Jara et al., 2013).

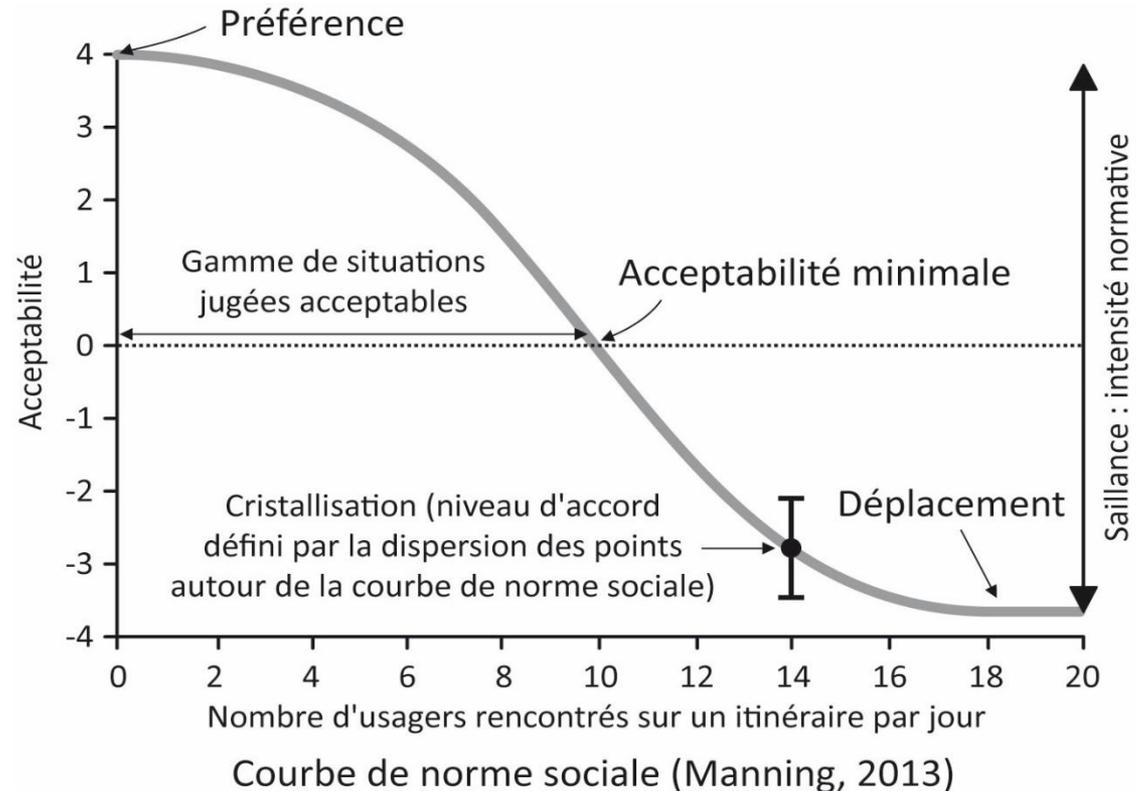
## Capacité(s) de charge : comment l'évaluer ?

### Evaluer la CC, ex. 3 : *Limits of Acceptable Change (LAC)*

Catégorie : C\_3

Mesurer le bien-être des usagers

Ex. de résultat : *“Results of this study suggest that the number of boats present at one time at Molokini should not exceed (...) 15 or 16 at one time. Minimum acceptable conditions would fall to just 12 boats if only large vessels are present at the site at one time, or rise to 17 boats if only small vessels are present.”* (Needham et al., 2011).



## Capacité(s) de charge : comment l'évaluer ?

### Evaluer la CC, ex. 4 : *Ecological footprint index (EFI)*

Catégorie : C\_4

Mesurer le niveau de durabilité d'un territoire

#### Indice d'empreinte écologique (EFI)

L'offre de biens et de services issus de la biosphère est appelé la biocapacité (BC). La demande de biens et services par les sociétés est appelé l'empreinte écologique (EF).

C'est le rapport entre ces deux mesures exprimées dans une unité commune, l'hectare global, qui indique la soutenabilité ou la non-soutenabilité du développement du point de vue de l'environnement.

L'EFI est évaluée au moyen de la formule suivante :

$$EFI = \frac{EF}{BC}$$

Où BC représente la biocapacité et EF l'empreinte écologique.

Description de l'indice d'intensité d'empreinte écologique

Rang	Statut	Indice : étendue
1	Bon	EFI < 0,5
2	Acceptable	EFI = 0,5 - 0,8
3	Insuffisant	EFI = 0,8 - 1,0
4	Mauvais	EFI > 1,0

Chen et al., 2014

## Capacité(s) de charge : comment l'évaluer ?

Evaluer la CC, ex. 4 : *Ecological footprint intensity index (EFI)*

Catégorie : C\_4

Mesurer le niveau de durabilité d'un territoire

Ex. de résultat : *“Evaluation of the ecological footprint intensity index reveals that the park has maintained a level 1 status, the highest ecological security level; (2) Linear estimation undertaken in the study predicts that when the ecological footprint intensity index reaches 0.5—when the ecological security level falls from level 1 (good) to level 2 (fair)—the critical tourist-carrying capacity would be 3,380,351 visitors per year, or 1.18 times the number of tourists in 2011.”* (Chen et al., 2014)

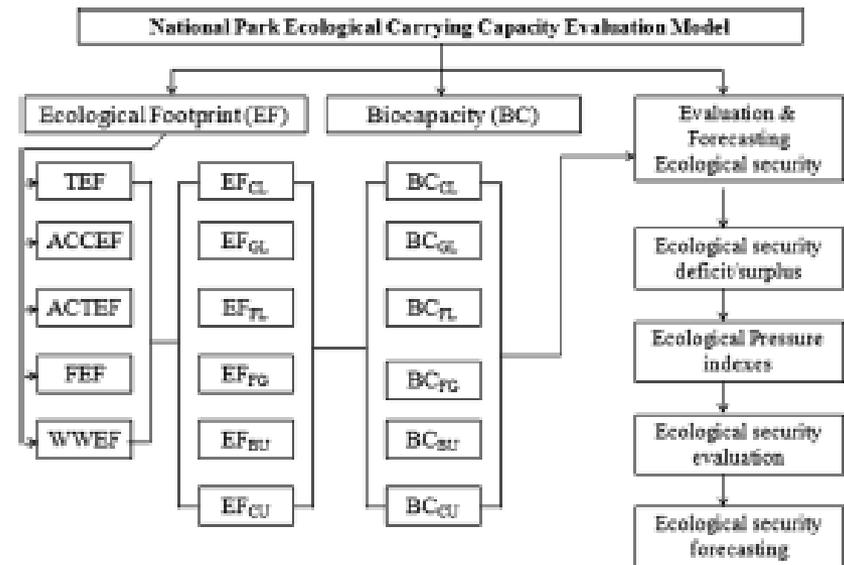


Fig. 1 Research framework. TEF transport EF, ACCEF accommodation EF, ACTEF activities EF, FEF food and fiber consumption EF, WWEF wastewater treatment EF, CL crop land, GL grazing land, FL forest land, FG fishing ground, BU built-up land, CU carbon uptake land

## Conclusion

- CC = une notion → de nombreuses définitions
- CC = une notion intuitive → « succès »
- CC = une notion synthétique → métrique unique = risques
  - indice global → pb. d'agrégation (pondération, etc.)
  - indices spécifiques (≠ dimensions) → pb. de comparaison, prévalence
- CC = une terminologie subjective → ≠ dimensions
- Evaluer la CC = exprimer une préférence → intégration des parties prenantes
- Evaluer la CC = enjeux ↗ → complexité ↗ → connaissances limitées (pb. : pressions-états-impacts)
- Evaluer la CC, multi-enjeux → analyse multi-critères (théorie de la viabilité : optimum)

# Merci de votre attention !

[eric.legentil@univ-brest.fr](mailto:eric.legentil@univ-brest.fr)

Site Internet : [www.gis-hommer.org](http://www.gis-hommer.org)

Crédit : M. de Cacqueray



Crédit : L. Corsi



Crédit : S. Robert



Crédit : A. Lemahieu

