



**HAL**  
open science

# Le changement de niveau d'organisation dans l'évaluation de la durabilité des systèmes et territoires agricoles: Contribution à l'élaboration d'un guide méthodologique

Christian Bockstaller, Maïwenn Gilbert

## ► To cite this version:

Christian Bockstaller, Maïwenn Gilbert. Le changement de niveau d'organisation dans l'évaluation de la durabilité des systèmes et territoires agricoles: Contribution à l'élaboration d'un guide méthodologique. 2019. hal-03966463

**HAL Id: hal-03966463**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03966463>**

Submitted on 31 Jan 2023

**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.

# Le changement de niveau d'organisation dans l'évaluation de la durabilité des systèmes et territoires agricoles:

## Contribution à l'élaboration d'un guide méthodologique



Février-Juillet 2019  
Christian Bockstaller  
Maiwenn Gilbert

Dans l'évaluation de la durabilité des systèmes et territoires agricoles, il est nécessaire, dans de nombreux cas, de passer du niveau de la parcelle ou de l'exploitation agricole à celui du territoire. Dans le cadre d'un stage du GIS-GC HP2E et du RMT Erytage, nous avons fait un point méthodologique sur la prise en compte du changement de niveau d'organisation dans le calcul des indicateurs de durabilité. Une option est la création d'un indicateur spécifique à un niveau supérieur, mais celui-ci ne permet pas de faire le lien avec le niveau inférieur. Nous nous sommes donc intéressés à la question de l'agrégation et aux possibilités d'aller plus loin qu'un simple calcul de moyenne. Des règles de décision ont été proposées en fonction du taux de couverture du territoire, de la résolution, de l'étendue et du niveau pertinent de calcul, pour sélectionner une méthode adéquate. Parmi les méthodes possibles, l'agrégation hiérarchique repose sur une prise en compte des processus externes (par ex. connectivité) et va plus loin qu'un calcul de moyenne au prorata des surfaces. Sa mise en œuvre dépendra de la disponibilité des données et est possible lorsque l'étendue de l'étude a une réalité fonctionnelle pour l'enjeu étudié (p.ex. bassin versant pour qualité de l'eau).

## Introduction

Depuis la fin de la seconde guerre mondiale, le développement de l'économie et notamment de l'agriculture, a permis un formidable accroissement de la production. Cependant, il s'est accompagné d'effets secondaires, de par ses impacts environnementaux, ce qui a conduit à l'émergence du concept de développement durable et de sa traduction agricole d'agriculture durable comme nouveau cadre devant orienter son futur. De nombreuses propositions de nouvelles formes d'agriculture ont été ainsi faites pour répondre à cette demande. De fait, il n'existe pas de consensus aujourd'hui sur la définition et la transposition pratique de ce concept fédérateur.—Néanmoins, les différents acteurs s'accordent sur la nécessité de disposer de méthodes d'évaluation de la durabilité, sous forme généralement d'une liste d'indicateurs plus ou moins structurés dans un cadre conceptuel explicite. Ceci a conduit à un foisonnement de méthodes et d'indicateurs (Lairez et al., 2015), foisonnement que le groupe de travail du GIS GC HP2E « évaluation des performances » a appréhendé au travers de la base INDIC<sup>1</sup> qui, à l'échelle mondiale en recense un grand nombre de méthodes et d'indicateurs. De même, le RMT Erytage a développé sur son site une aide au choix des méthodes en fonction des conditions d'usage.

De ces synthèses, il ressort que la majorité des indicateurs sont calculés au niveau de la parcelle ou de l'exploitation agricole, échelles sur lesquelles les agriculteurs ont une prise directe. Cependant, de nombreux enjeux de durabilité portent sur des niveaux supérieurs, du territoire local au du bassin versant et jusqu'à la planète. Par exemple, les pratiques sur une parcelle peuvent présenter un risque important, mais cela ne signifie pas que la qualité de l'eau au niveau de l'exutoire du bassin versant en soit affectée.

Or, c'est à ce niveau que les gestionnaires de l'eau interviennent avec des indicateurs basés sur des mesures de qualité de l'eau. Pour remonter aux causes et mettre en œuvre un plan action, il faut bien revenir au niveau des parcelles. Par ailleurs, les agronomes travaillant à l'amélioration des pratiques au niveau parcellaires doivent s'interroger sur les impacts au niveau supérieur. Ils peuvent utiliser des indicateurs de qualité de l'eau, mais le lien avec les pratiques est rarement direct. Ceci pose donc la question du changement du niveau d'organisation dans le calcul d'indicateurs environnementaux, ou plus généralement de durabilité. Comme illustré par l'exemple précédent, cette problématique s'observe quand il existe un décalage entre le niveau d'observation des causes et celui des effets et des impacts.

L'approche la plus intuitive est de traiter ce changement de niveau par une agrégation par calcul de somme ou de moyenne, pondérée par les surfaces des entités au niveau inférieur. Cependant, un tel calcul suppose une linéarité des processus qui n'est pas toujours prouvée et pose des problèmes de compensation (Ewert et al., 2011 ; Lairez et al., 2015). Deux questions ressortent en particulier : celle la prise en compte de processus au niveau supérieur et celle de la gestion des données (accessibilité à un niveau supérieur plus étendu, échantillonnage). Ce changement de niveau d'organisation n'est pas trivial et a conduit le GIS GC HP2E à soutenir un stage, en collaboration avec le RMT Erytage, sur la prise en compte des processus supplémentaires dans le calcul d'indicateurs à des niveaux supérieurs à ceux habituellement étudiés. La question de l'accessibilité des données nécessaires aux calculs étant une problématique en soi, n'a donc pas été abordée dans ce stage



## Quelques définitions

Les concepts suivants sont nécessaires pour comprendre ce qui va être présenté par la suite :

**L'échelle** : en cartographie, elle représente un rapport entre la distance cartographiée et la distance réelle. Plus généralement, elle représente le degré de **résolution** spatiale de l'étude c.-à-d. l'unité d'espace choisie pour observer ou expérimenter un phénomène.

**Le niveau d'organisation** : il porte sur une fraction de l'espace dotée d'une structure et de principes d'organisation qui créent une dynamique et une interaction de systèmes.

**L'étendue**: c'est l'espace total ou la période de temps pour lequel les observations, les calculs sont réalisés.

**La résolution** (ou grain) : c'est l'échelle la plus fine à laquelle les observations ou les calculs sont effectivement réalisés.

**Le degré ou taux de couverture** : c'est le ratio : surface observée à une résolution donnée / surface de l'étendue

**Les processus** : On peut distinguer deux types de processus :

- les processus internes à la résolution
- les processus externes ou latéraux entre les niveaux de résolution

De plus, on peut citer différents types de processus :

- les transferts physiques (d'eau, d'éléments polluants)
- ceux liés aux éléments latéraux amplificateurs (thalweg, par exemple)
- ceux liés aux éléments latéraux compensateurs (zones de dilution, de dégradation).

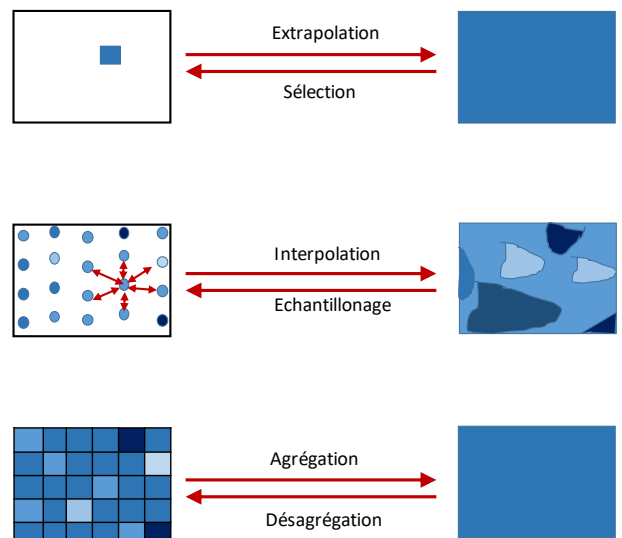
Enfin, nous avons ajouté un concept spécifique **de niveau pertinent** comme le niveau d'organisation spatial où se déterminent les impacts c.-à-d. l'échelle/niveau spatial où l'enjeu fait

## Le changement de niveau d'organisation

Le « changement d'échelle » correspond le plus souvent à un changement de niveau d'organisation : par exemple, de la parcelle à l'exploitation agricole, de la parcelle à un territoire ou bassin versant. De même, au sein d'un niveau d'organisation, un changement d'échelle est possible en augmentant la zone d'étude au sein d'un territoire.

Un changement d'échelle ou de niveau d'organisation est un processus de transfert de données et d'information entre différentes échelles ou niveaux d'organisation. Il peut se faire à la fois dans le sens ascendant, qui nous intéresse en particulier, que dans le sens descendant.

La **Figure 1** présente les opérations de base d'un changement d'échelle qui peut porter sur un changement d'étendue, de taux de couverture ou de résolution. Le changement d'étendue par extrapolation est certainement l'opération la plus simple mais semble entachée de beaucoup d'incertitude et n'a pas été retenue. Le changement du taux de couverture se fait par une interpolation qui permet d'appréhender la variabilité sur un ensemble du territoire à partir d'un échantillon d'un point. Cette opération ne permet pas d'aboutir à une valeur unique d'indicateur à un niveau supérieur. Reste alors l'agrégation des valeurs à un niveau inférieur à un niveau supérieur.



**Figure 1** : Opérations de base pour un changement d'échelle impliquant soit l'étendue, le degré de couverture et la résolution (d'après Faivre et al. (2004) dans Bockstaller et al., 2018).

## Un cadre méthodologique

A partir d'éléments issus d'un séminaire du RMT Erytage (Bockstaller et al., 2018), de la bibliographie (Ewert et al., 2011) et de la consultation d'un expert (O. Therond, LAE, INRA) nous avons construit un cadre méthodologique sous forme d'arbre de décision (**Figure 2**).

**Étape 1** : Le point de départ est la problématique portant sur un enjeu donné, qui conduit à la définition d'un ou plusieurs indicateurs (p.ex. un solde azoté pour la teneur de l'eau en nitrate) et un niveau pertinent (bassin versant pour la qualité de l'eau).

**Étape 2** : Le calcul de l'indicateur se fera à un degré de résolution donné (p.ex. la parcelle ou l'exploitation); et à une étendue donnée (p.ex. le bassin versant).

**Étape 3** : La surface du nombre de parcelles du bassin pour lesquelles l'indicateur a été calculé permettra de déterminer le taux de couverture. Si celui-ci est faible (<50 %), la question de la représentativité de l'échantillon se pose. Si le taux de couverture est élevé on peut passer aux cas 1, 2, 3 (**étape 6**) concernant le positionnement de la résolution par rapport au niveau pertinent.

**Étape 4** : Si l'échantillon est représentatif, on peut passer aux cas 1, 2, 3 (**étape 6**) sinon, il faut soit procéder à des extrapolations : p.ex. on donne la même valeur de l'indicateur aux exploitations de même type, ou aux parcelles ayant le même sol et système de culture. L'autre approche consiste à procéder à des interpolations en connaissant la variabilité de certaines variables explicatives (type de sol et système, ...).

**Étape 5** : S'il y a une étape d'extrapolation ou d'interpolation, il est possible de passer aux cas 1, 2, 3 (**étape 6**). Dans le cas contraire toute agrégation sera déconseillée.

# Un cadre méthodologique (suite)

**Étape 6 :** Le taux de couverture ayant été pris en compte, il nous faut en venir à la résolution. Les cas 1, 2 et 3 sont distingués sur la **Figure 2** :

**Cas 1 :** Si la résolution est au niveau du bassin versant (p.ex. pour un calcul d'un bilan d'azote), il n'y a pas de changement de niveau d'organisation à mettre œuvre.

**Cas 2 :** Si la résolution est à un niveau supérieur au niveau pertinent (p.ex. calcul d'un solde azoté régional), un changement par voie descendante est à réaliser par échantillonnage ou désagrégation, si cela est réalisable avec les données disponibles.

**Cas 3 :** Si la résolution est inférieure au niveau pertinent, il est possible de précéder à un changement par voie ascendante, par agrégation.

**Étape 7 :** Le choix d'une méthode d'agrégation se fera en fonction de la comparaison de l'étendue au niveau pertinent pour un indicateur donné.

Si l'étendue est égale au niveau pertinent, l'évaluateur devra décider s'il prend en compte ou non les processus externes au niveau inférieur. Dans l'exemple du bassin versant pour la qualité de l'eau, il s'agira de prendre en compte les processus de dégradation (zone dénitrifiante) ou les zones de compensation à très faible perte de nitrate. Le choix des acteurs dépendra de leurs objectifs et contraintes de disponibilité de données.

Si l'étendue est inférieure au niveau pertinent, il faut dis-

tinguer le cas où cette étendue a une réalité fonctionnelle de celui où elle n'en a pas. Dans l'exemple sur la qualité de l'eau, le premier cas peut concerner un sous-bassin d'un bassin versant donné. Nous renvoyons alors au cas où l'étendue est égale au niveau pertinent.

Le dernier cas est celui où l'étendue est supérieure au niveau pertinent. Cela peut se produire dans le cas d'un passage à un niveau régional, d'une grande région qui englobe plusieurs bassins versants.

**Étape 8 :** En fonction des différents cas de l'étape 7, nous proposons des méthodes d'agrégation adaptées. L'agrégation hiérarchique permet de prendre en compte des processus externes, mais elle n'a pas toujours de sens ou n'est pas possible pour les acteurs.

Étendue = niveau pertinent	Prise en compte des processus externes	Agrégation hiérarchique
Étendue = réalité fonctionnelle	Prise en compte des processus externes	Agrégation hiérarchique
Étendue > niveau pertinent	Indifférent	Agrégations statistiques
Autre cas	Indifférent	Agrégation linéaire

Tableau 1 : Méthode d'agrégation en fonction de l'étendue, du niveau pertinent, et de la prise en compte des processus (cf. Figure 2)

## L'arbre de décision général

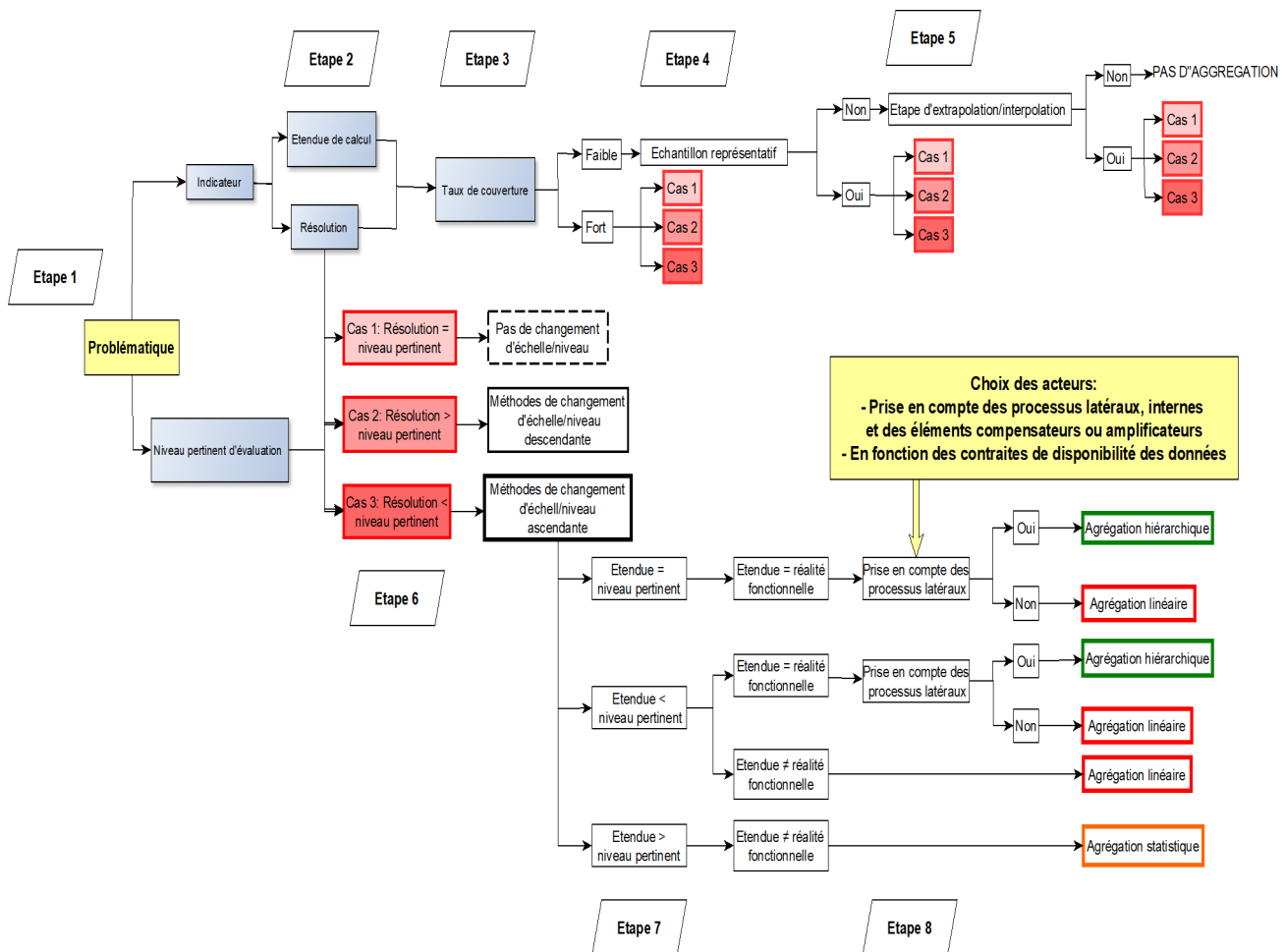


Figure 2 : Arbre de décision pour la mise en place de la méthode de changement de niveaux d'organisation la plus adaptée

# Des méthodes d'agrégation

Pour agréger des valeurs d'indicateurs  $I_i$  pour l'entité  $i$  (parcelle, exploitation) d'un niveau inférieur, en un indicateur  $I$  au niveau supérieur, nous proposons trois méthodes pour différentes situations (**Tableau 1, Figure 2**) :

## Agrégation linéaire\*

Agrégation basée sur la somme d'indicateurs ou une moyenne au prorata des surfaces.

$$I = \sum I_i$$

## Agrégation hiérarchique\*

Prise en compte des processus latéraux de type transport, ou  $d$

$$I = \sum I_i * f(d_i)$$

avec  $d_i$  : distance de l'entité  $i$  à un point pertinent (p. ex. une usine de traitement)

$$I = \sum I_i * c_i / \sum c_i$$

avec  $c_i$  : coefficient de connectivité de l'entité  $i$  à un point pertinent (réseau hydrographique, « hot spot » biodiversité, ...)

## Agrégation statistique

Quand une agrégation linéaire ou hiérarchique n'a pas de sens (Tableau 2, cas où l'étendue est supérieure au niveau pertinent) nous proposons alors une agrégation statistique avec des descripteurs du type:

$$I = \text{nombre de cas ou \% surface avec } I_i > \text{ ou } < \text{seuil}$$

\*Pondération des équations possible en plus par la surface des entités

# Application à des indicateurs

14 fiches ont été rédigées et ont couvert l'ensemble des critères environnementaux de la base INDIC<sup>1</sup>. Le Tableau 2 présente uniquement des possibilités d'agrégation hiérarchique.

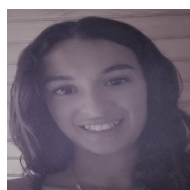
Indicateur	Changement de niveau	Type d'agrégation hiérarchique
Fertilité des sols	Parcelle - territoire	Agrégation statistique (niveau pertinent parcelle)
Érosion	Parcelle - territoire	Moyenne pondérée au prorata d'un coefficient prenant en compte position parcelle (amont > 0 et aval < 1)
Qualité de l'eau	Parcelle - bassin versant	Moyenne pondérée au prorata d'un coefficient de connectivité (fonction zone tampon, de dégradation, distance au réseau)
Solde azoté	Parcelle - bassin versant	Idem à qualité de l'eau Les soldes négatifs sont ramenés à 0 (pas « d'anti-nitrate »)
Gaz à effet de serre	Exploitation - Pays	Agrégation linéaire
Biodiversité	Parcelle - bassin versant	Moyenne pondérée au prorata d'un coefficient de connectivité écologique, de distance à une zone « hot spot »
Quantité de déchets	Exploitation - zone collecte	Moyenne pondérée au prorata d'un coefficient fonction de la distance à l'unité de collecte

Tableau 2 : Exemple d'application à des indicateurs

## Les auteurs



**Christian Bockstaller**, agronome de formation, a fait toute sa carrière à l'INRA de Colmar (UMR LAE). Il est l'un des concepteurs de la méthode INDIGO et a aussi mené des travaux sur des questions méthodologiques autour de l'évaluation multicritère (validation, comparaison des indicateurs, etc.) Impliqué dans de nombreux projets (p.ex. H2020 DiverImpacts), il coanime aussi le RMT Erytage (Evaluation de la durabilité des Systèmes et Territoires AGricolEs).



**Maiwenn Gilbert**, étudiante en Master 2 Biologie Agrosciences, option fonctionnement et gestion des agrosystèmes, à Agrocampus-Ouest, Rennes.

## Remerciements

Aux membres du comité de suivi du stage : F. Angevin (INRA), C. Leclercq (UniLaSalle), E. Emonet (ACTA), V. Leveau (Arvalis-Institut du Végétal), F. Macary (IRSTEA), A. Michel (CER France).

## Soutien financier

Ce travail a été possible grâce au soutien financier apporté par le GIS GC HP2E



## En savoir plus

Bockstaller, C., Macary, F., Marraccini, E., Alaphilippe, A., Bessou, C., Botreau, R., Emonet, E., Leclercq, C., Angevin, F., 2018. Des éléments de réflexions sur le changement d'échelle. Doc. Trav. du RMT Erytage 1-11.

Ewert, F., van Ittersum, M.K., Heckeley, T., Therond, O., Bezlepina, I., Andersen, E., 2011. Scale changes and model linking methods for integrated assessment of agri-environmental systems. Agriculture Ecosystems and Environment 142, 6-17. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.05.016>

Lairez, J., Feschet, P., Aubin, J., Bockstaller, C., Bouvarel, I., 2015. Agriculture et développement durable, Guide pour l'évaluation multicritère, Educagri et Quae eds.

<sup>1</sup> <https://www.gchp2e.fr/Actions-thematiques/Connaissance-des-pratiques-pour-l-evaluation-des-performances/INDIC-R-Une-base-de-donnees-telechargeable-sur-le-site-du-GIS-GC-HP2E>