Des éléments de réflexions sur le changement d'échelle

Christian Bockstaller

▶ **To cite this version:**

Christian Bockstaller. Des éléments de réflexions sur le changement d'échelle. [0] 2018. hal-02786149

HAL Id: hal-02786149
https://hal.inrae.fr/hal-02786149

Submitted on 4 Jun 2020

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.

Copyright

7ème réunion de l'axe 1 du Réseau Mixte Technologique (RMT)

ERYTAGE

Des éléments de réflexions sur le changement d'échelle

s

Avant propos :

Ce document résulte des présentations et discussions d'une réunion de travail de l'axe 1 (question méthodologiques) du RMT sur le changement d'échelle. Cette réunion a eu lieu le mardi 23 janvier 2018 matin au siège de l'INRA 147 rue de l'université 75007 Paris. Que tous les participants[1] soient encore remerciés pour leurs contributions, participation aux discussions.*

C.Bockstaller

*

Pour citer ce document :

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. Document de travail du RMT Erytage, 11 pages.

[1] *Aude Alaphilippe (INRA, Angevin Frédérique (INRA), Bessou Cécile (CIRAD), Bockstaller Christian (INRA), Botreau Raphaëlle (INRA), Emonet Emeric (ACTA), Leclercq Christine (UNILASSALLE), Macary Francis (IRSTEA), Marraccini Elisa (UNILASSALLE)*

1. Introduction, concept de bases autour du changement d'échelle[2]

- Un constat général est que les agronomes (et beaucoup de gens) utilisent le terme d'échelle différemment que les géographes et écologues du paysage et ce, de façon mal appropriée.
- Un enjeu est pour les agronomes le changement d'échelle de la parcelle/exploitation au territoire.

1.1. Le territoire

La notion de territoire fait l'objet de discussion entre disciplines (FA). EM propose deux définitions

- Définition de géographe : un espace géré et approprié (représentation) par des acteurs (en simplifiant Di Méo)

- Définition d'agronome : Une portion, continue ou non de l'espace, dont les limites sont définies par l'activité qu'exerce un acteur individuel ou un collectif (M. Benoit et al., 2006)

1.2. Echelles – niveau d'organisation

- **Échelle spatiale** :
    - représente le degré de résolution spatiale de l'étude = l'unité d'espace choisie pour observer ou expérimenter un phénomène
    - un rapport entre la distance cartographiée et la distance réelle

- **Niveau d'organisation spatiale**
    - = une fraction de l'espace dotée d'une structure et de principes d'organisation qui créent une dynamique et une interaction de systèmes : référence aux niveaux d'observation avec changement dans la nature des phénomènes et des variables de contrôle.
    - qualification spatiale d'un objet / processus.
- **Notions complémentaires** :
    - « **l'étendue** », l'espace total ou la période de temps pour lequel les observations, les calculs sont réalisés. Le niveau d'observation d'un phénomène fait référence à l'extension de l'aire d'étude ou l'étendue. Il peut se faire à plusieurs échelles spatiales (par ex 1/5 000, 1/25000 …).
    - « **la résolution** » ou le « grain » (support en anglais) : qui concerne l'échelle la plus fine à laquelle les observations ou les calculs sont effectivement réalisés. En SIG, elle correspond

[2] Issus notamment du travail de thèse de F. Macary (IRSTEA), soutenue en 2013 suite à des travaux qui ont commencé à l'IRSTEA-Bordeaux (alors Cemagref) dans les années 2004-2005, complétés par un travail biblio d'un CDD en 2009, pour les 3 sites IRSTEA : Bordeaux, Clermont-ferrand, Grenoble. Emeric Emonet (ACTA) et Christian Bockstaller à partir de son HDR 2013 ont complété l'exposé.

à la maille (zone homogène, recevant des informations d'ordre physique, biochimique ou socio-économiques). On peut distinguer la résolution spatiale, temporelle ou encore thématique (précision dans une classification comme dans Corine LandCover : agricole vs. urbain, culture vs prairies vs forêt, etc. (voir Bailey et al. 2007).

- le « **degré de couverture** » est le ratio de la résolution par l'étendue.

On peut distinguer 3 niveaux d'organisation spatiale :

- **global** qui porte sur des petites échelles (> 1/100000) : celle du climat et des grands systèmes (atmosphère, océans, continents). La maille de description = au moins une centaine de kilomètres carré.
- **local** qui porte sur de grandes échelles (< 1/10000): celle du processus, qui peut être biologique, (la fertilisation d'une plante, sa croissance) ou bien physico-chimique (transfert de contaminants / produits phytosanitaires, nitrates,…) dans le sol et les eaux.
- **intermédiaire** : dite des territoires = échelle régionale qui permet de tenir compte des interactions entre l'homme et l'environnement => niveau auquel sont analysées les problématiques agro-environnementales.

On peut distinguer 4 types d'organisation spatiale dans les approches agro-environnementales :

- L'organisation des **activités agricoles** (parcelles agricoles et entités spatiales gérées par les agriculteurs, exploitations agricoles) : niveau générateur des risques et impacts agro-environnementaux,
- L'organisation **écologique** (bassins versants, écosystème) : niveau de perception de ces risques et des conséquences environnementales des transferts de contaminants sur des espaces à enjeux.
- L'organisation du **territoire local**, support d'une identité collective / une zone d'action d'une organisation économique (coopérative agricole, association d'agriculteurs).
- L'organisation a**dministrative** (entités administratives des collectivités territoriales, de l'Etat, des Agences de l'eau,…).

L'échelle correspond donc à une donnée quantitative avec une définition précise en géographie alors que le niveau d'organisation comprend des aspects descriptifs qualitatifs d'interactions entre systèmes. Les agronomes devraient utiliser de préférence le terme de niveau d'organisation quand ils font référence aux aspects spatiaux, ce qui permet d'éviter de mal utiliser les qualificatifs de « grandes » et « petites échelles » dont l'utilisation appropriée (voir plus haut) est contre-intuitive.

1.3. Emboîtement-enchâssement

- L'**emboîtement** traduit l'imbrication des niveaux, l'un dans l'autre, à la manière des poupées russes :
  - parcelle -> exploitation agricole, -> territoire rural

- BV d'ordre élémentaire -> BV intermédiaire (zone hydrographique) -> un bassin hydrographique
- commune -> canton -> département, …

- L'enchâssement : les niveaux sont partiellement inclus entre eux :
  - une parcelle sur deux bassins versants élémentaires
  - une exploitation sur deux communes, voire deux cantons
  - des espaces en recouvrement

- La figure suivante donne un résumé :

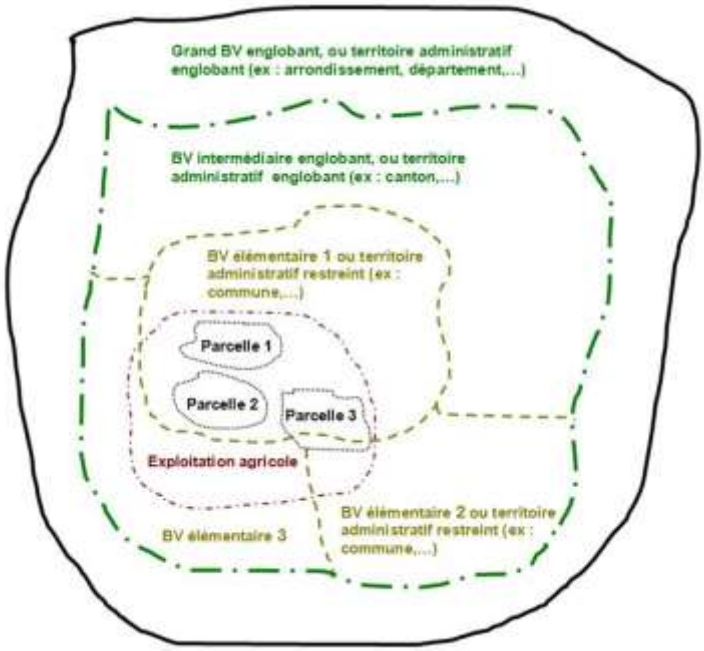


Figure 1 - Différents niveaux d'organisation spatiale (Macary, 2013).

1.4. Le changement d'échelle

- **Le changement d'échelle spatiale est un processus de transfert des données et des informations entre différentes échelles**, aussi bien dans le sens ascendant que descendant. Il vise à prendre en compte les processus inférieurs ou supérieurs d'un phénomène.
- **Le changement d'échelle spatiale n'est pas juste une variation du niveau d'observation ou étendue**. Ainsi, cartographier ou spatialiser les résultats d'un indicateur (par ex. de l'indicateur de risque pesticides Synops) n'est pas un changement d'échelle.
- **Le changement d'échelle est nécessaire** quand il y a décalage entre le niveau où se déterminent (décident), s'observent les causes et le niveau où se déterminent, s'observent, se corrigent les effets. Ceci est typiquement le cas de nombreux impacts environnementaux liés aux pratiques

agricoles, notamment sur l'eau. Les pratiques agricoles se décident à la parcelle ou à l'exploitation agricole tandis que la qualité de l'eau se mesure au niveau du bassin versant.

- Plus précisément on peut différencier différentes méthodes d'après Bierkens et al. (2000) dans Faivre et al., (2004) repris par Bockstaller (2013)°:

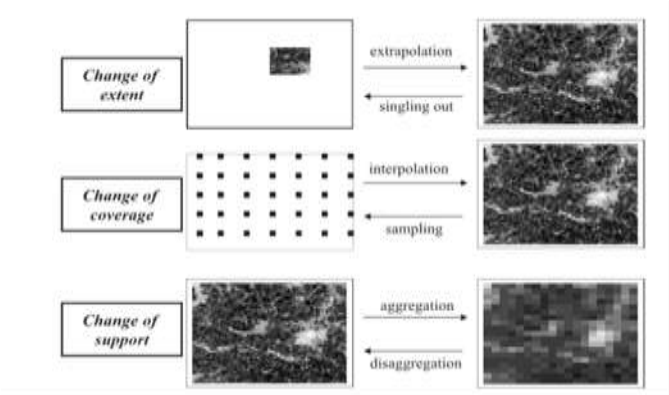


Figure 2 - Opérations de base impliquant l'étendue, le degré de couverture et le support (la résolution), d'après Bierkens et al., (2000, dans Faivre et al. (2004) repris par Bockstaller, 2013).

- Le changement d'échelle nécessite des travaux de deux types (Bockstaller et al. 2015) :
    - Sur l'acquisition des données à un niveau supérieur qui peut devenir trop grand pour acquisition des données sur l'exhaustivité de la surface. Ceci impliquera des procédures d'échantillonnage/interpolation, d'extrapolation, de construction de typologie, des méthodes d'acquisition indirecte (p. ex. télédétection). Il est à noter qu'avec les progrès de la télédétection, cela est de moins en moins vrai si ce n'est pour l'acquisition de données sur les pratiques agricoles.
    - Sur la prise en compte de nouveaux éléments : acteurs hors monde agricole, zones non cultivées, propriétés/processus émergents comme la connectivité (qui porte tant sur les transferts de flux que pour le mouvement des communautés écologiques déterminant de la biodiversité et les régulations biologiques).

1.5. Différentes méthodes d'agrégation

- L'agrégation **linéaire** :
    - Exemple de Dalgaard et al. (2003) pour le calcul de la consommation de gasoil à l'échelle d'une ferme : somme des consommations unitaires par hectare constantes au prorata de la surface : $\mathbf{C_{total} = \Sigma\, C_n \,.\, S_n}$
      avec Cn consommation/ha (constante) et Sn = surface de la parcelle n
    - moyenne pondérée d'un indicateur au prorata de la surface :
      $\mathbf{I = \Sigma\, I_n \,.\, S_n \,/\, \Sigma\, S_n}$
      avec : I_n = indicateur de la parcelle n et Sn = surface de la parcelle n

- L'agrégation **non linéaire**
    - Par rapport à l'exemple précédent, C_n consommation/ha varie en fonction de la surface S_n de chaque parcelle.
    - $I = \Pi (I_n . S_n)^{Sn}$ avec In = indicateur de la parcelle n et Sn = surface de la parcelle n
- L'agrégation **hiérarchique** : prise en compte d'éléments extérieur
    - Par rapport à l'exemple précédent, Cn consommation/ha varie en fonction de la surface Sn et la distance de la parcelle à l'exploitation :
      $Ct_{otal} = \Sigma (C_n . S_n + D_n . (1 + S_n))$
      avec C_n consommation/ha (constante), Sn = surface de la parcelle n, D_n = distance de la parcelle n à l' exploitation
    - **$I = \Sigma I_n . S_n.C_n / \Sigma S_n.C_n$**
      avec : I_n = indicateur de la parcelle n et Sn = surface de la parcelle n, avec C_n = facteur dépendant de la position de la parcelle (p. ex. connectivité)

1.6. La modélisation intégrée

- Une façon plus poussée d'aborder le changement d'échelle ou de niveau d'organisation est le recours à la modélisation spatialement explicite, intégrant différents niveaux (p. ex. parcelle/bassin versant, parcelle-exploitation – territoire, etc.).
- Les systèmes multi-agents en particulier sont « composés de programmes informatiques qui permettent de modéliser l'interaction entre des agents, naturels et/ou artificiels, situés dans un certain environnement, et interagissant selon certaines relations pour produire des comportements. L'apport majeur des SMA réside dans la possibilité de prendre en compte à la fois les dynamiques spatiales et sociales.
- Ils demandent cependant un effort conséquent d'acquisition de données et de paramétrage et sont hors de portée d'une majorité d'utilisateurs hors du domaine de la recherche.
- Un exemple est donné par les travaux d'O. Therond sur la plate-forme MAELIA commencés à l'UMR Agir à Toulouse sur la gestion quantitative de l'eau et poursuivi au LAE Nancy-Colmar sur l'extension à d'autres enjeux de la durabilité. Un tel travail nécessite une co-construction de la représentation du territoire, des systèmes et des scénarios. Dans le cas de la gestion quantitative de l'eau dans le Sud-Ouest le travail a permis de rassembler des acteurs en conflit autour de la table.

2. Exemples de travaux

2.1. Travaux sur les flux de P.Scheurer et Marraccini (2017)

Ce travail a porté de manière complémentaire sur deux niveaux sans réels processus de changement d'échelle.

Ce travail a montré au niveau territorial les principaux flux et le rôle notamment des industries agro-alimentaires et au niveau de l'exploitation agricole la forte variabilité entre et au sein des différents types. Ceci pose question sur le passage du niveau de l'exploitation à celui du territoire via des types. La présence

d'une typologie des exploitations permet de pouvoir procéder à une agrégation linéaire ce qui n'est pas le cas dans tous les territoires. En perspective est prévue une confrontation des résultats de l'agrégation des flux d'exploitation avec la caractérisation territoriale via les acteurs des industries agro-alimentaires ou des organismes collecteurs et stockeurs.

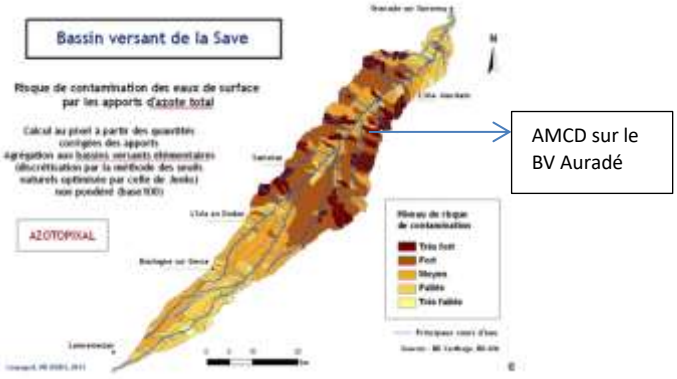
On reste dans ce travail à une caractérisation d'un indicateur à deux niveaux d'organisation différents, dans la problématique de l'acquisition des données si on veut passer à un niveau supérieur.

2.2. Sur bassin versant (Macary 2013)

FM a utilisé dans ses travaux l'agrégation linéaire en raison d'un manque d'accès aux données. Pour évaluer les risques de transferts de contaminants des parcelles vers les eaux de surface (excès azotés, pesticides).

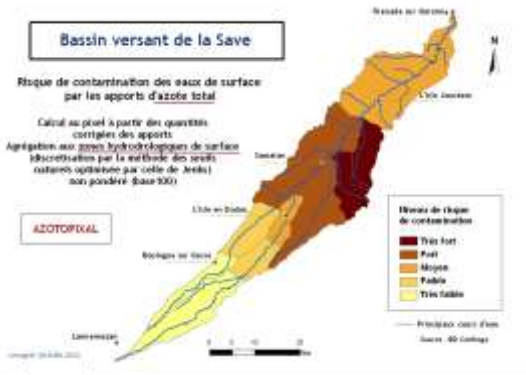
- Calculs au niveau du pixel de l'image satellitale Landsat, de définition 30 m (a)

- Agrégation par BV élémentaire (b)



En parallèle, des travaux de modélisation multicritère (AMCD) couplée à un SIG au niveau d'un BV élémentaire (ex Auradé) visant à évaluer la contribution de chaque parcelle agricole au risque de transfert des contaminants vers les ESU, ont permis d'affiner le paramétrage des indicateurs retenus dans le modèle PIXAL (télédétection) (Macary et al, 2013a) au niveau du BV hydrographique.

- Agrégation par zone hydrologique (c)



- Comme dans toute démarche d'agrégation (spatiale, multicritère), une perte d'information peut être observée, comme entre les niveaux de BV élémentaire (b) et le niveau des zones hydrologiques (c). Il faut toujours considérer l'information agrégée avec celle non-agrégée ou de niveau inférieur pour comprendre, analyser les résultats agrégés (Bockstaller et al., 2015).

2.3. Travaux sur la connectivité des parcelles à l'exutoire

Ces travaux ont porté sur le calcul de l'indicateur I-Phy eau de surface au niveau d'un territoire. Un indice de connectivité hydrologique a été développé avec un nombre de limités de variables accessibles, par expertise (Thiollet, 2004), par métamodélisation (Wohlfahrt, 2008) sur bassins viticoles et par expertise sur bassin de grandes cultures drainé (Pierlot, 2017).

Ces travaux ont porté sur le développement d'une méthode d'agrégation hiérarchique.

2.4. Une tentative de formalisation des règles d'agrégation

Dans le cadre du projet européen Seamless (2005-2009, Ewert et al. 2008), C. Bockstaller a tenté de formaliser des règles d'agrégation (Bockstaller, 2013). Il est parti du niveau pertinent pour calculer et utiliser un indicateur évaluant un enjeu à la fois du point de vue de la connaissance des processus et des porteurs d'enjeux.

- Du point de vue des processus, le niveau pertinent pour la qualité des sols agricoles est la parcelle, pour le revenu agricole l'exploitation agricole, pour la qualité de l'eau la sortie d'un bassin versant, pour les émissions de gaz à effet de serre le pays ou la planète.
- Pour les acteurs, le niveau pertinent est la parcelle/exploitation pour les agriculteurs, la zone de la collectivité locale pour les décideurs locaux, le bassin versant pour les gestionnaires de l'eau.

Deux erreurs sont à éviter :

- Une agrégation à un niveau supérieur non pertinent comme p. ex. un indicateur de lixiviation du nitrate à l'échelle de la France.
- De fournir les résultats aux porteurs d'enjeux des résultats avec une résolution trop fine (cf. calcul au niveau du pixel pour l'exemple (a) en 3.2).

A partir de là, il a formulé deux possibilités pour passer d'un niveau d'organisation à un niveau supérieur dans le cas où il n'est pas possible de prendre en compte de l'information sur des processus émergents :

- Si le niveau de calcul envisagé est supérieur au niveau pertinent, il n'est pas recommandé de procéder à une agrégation mais de développer des indicateurs spécifiques reposant sur des statistiques du type : % de la zone avec un niveau élevé de lixiviation.
- Si le niveau de calcul envisagé est inférieur au niveau pertinent, il est possible de procéder par une agrégation linéaire dans le passage des niveaux inférieurs à ce niveau de calcul. C'est l'exemple des émissions de gaz à effet de serre calculé à l'échelle de l'exploitation puis au niveau d'un territoire local ou d'une région.

3. Conclusions

Ce travail a permis de clarifier certains concepts. Plutôt que de changement d'échelle, il faudrait parler de changement de niveau d'organisation.

Ce changement de niveau d'organisation amène dans tous les cas à relever deux défis :

- L'acquisition, la gestion des données à un niveau supérieur avec une résolution fine, ce qui pose des problèmes en termes quantitatifs mais aussi qualitatifs (incertitude, etc.). Il faut parfois envisager des méthodes indirectes (p. ex. télédétection).
- La prise en compte des processus, d'entités supplémentaires. Il n'existe pas de règles et méthode générique à ce niveau-là mais passe par une bonne connaissance du système à acquérir au cas par cas.

Le RMT pourrait proposer une brochure avec des recommandations sur le changement d'échelle en évaluation multicritère. Cette brochure pourrait contenir :

- Une partie générale sur la base des échanges résumés ci-dessus
- Une partie recommandation par critère de la durabilité : niveau pertinent, quelle méthode d'agrégation, etc.
- Des propositions de démarche pour quelques cas types de changement d'échelle : parcelle-exploitations, etc.

Référence citées

Bailey, D., Herzog, F., Augenstein, I., Aviron, S., Billeter, R., Szerencsits, E., & Baudry, J. (2007). Thematic resolution matters: Indicators of landscape pattern for European agro-ecosystems. Ecological Indicators, 7(3), 692–709. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.08.001

Benoît, M., Deffontaines, J.-P., & Lardon, S. (2006). (2006) Acteurs et territoires locaux : vers une géoagronomie de l'aménagement Paris. INRA-Quae, 174 p.

Bockstaller, C. (2013). Evaluation agri-environnementale des systèmes de production végétale à l'aide d'indicateurs. HDR Université de Lorraine, 232 p.

Bockstaller, C., Feschet, P., & Angevin, F. (2015). Issues in evaluating sustainability of farming systems with indicators. Oléagineux Corps Gras Lipides, 22(1). https://doi.org/10.1051/ocl/2014052

Dalgaard, T., Hutchings, N. J., & Porter, J. R. (2003). Agroecology, scaling and interdisciplinarity. Agriculture Ecosystems and Environment, 100, 39–51.

Ewert, F., van Ittersum, M. K., Bezlepkina, I., Therond, O., Andersen, E., Belhouchette, H., … Wolf, J. (2009). A methodology for integrated assessment of policy impacts in agriculture. Environmental Science and Policy, 12, 546–561.

Macary, F., Leccia, O., Almeida Dias, J., Morin, S., Sanchez-Pérez, J.-M. (2013a) Agro-environmental risk evaluation by a spatialised multi-criteria modelling combined with the PIXAL method - International Journal of Geomatics & Spatial Analysis - Vol. 23, n° 1, pp. 39-70

Macary, F. (2013b). Évaluation des risques de contamination des eaux de surface sur des bassins versants agricoles. Approches multiscalaires par modélisation spatiale et analyse multicritère pour l'aide à la décision. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Environnement (Hydrologie, Hydrochimie, Sol, Environnement), Université de Toulouse - INPT, Toulouse, 277 p + Annexes 44p.

Pierlot, F. (2017). Evaluation des impacts des produits phytosanitaires sur la qualité de l'eau à l'aide d'indicateurs : amélioration et validation d'un indicateur de risque de contamination, application de la parcelle au bassin versant. Thèse de Doctorat en Sciences Agronoimiques, Université de Lorraine.

Thiollet-Scholtus, M. (2004). Construction d'un indicateur de qualité des eaux de surface vis-à-vis des produits phytosanitaires à l'échelle du bassin versant viticole. Thèse de doctorat Institut National Polytechnique de Lorraine, UMR Nancy-Université - INRA 1121, Nancy, 180 p.

Wohlfahrt, J. (2008). Développement d'un indicateur d'exposition des eaux de surface aux pertes de pesticides à l'échelle du bassin versant. Thèse de doctorat INPL. Institut National Polytechnique de Lorraine, UMR Nancy-Université - INRA 1121, Nancy.