



**HAL**  
open science

# L'étude de la Zone Critique à petite et large échelles de temps et d'espace.

Jean Luc Probst

► **To cite this version:**

Jean Luc Probst. L'étude de la Zone Critique à petite et large échelles de temps et d'espace.. *Alters Media*, 2023, Dossier "Zone critique: les sols", 7, pp.112-115. hal-04087082

**HAL Id: hal-04087082**

**<https://hal.science/hal-04087082>**

Submitted on 2 May 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.

# L'étude de la Zone Critique à petite et large échelles de temps et d'espace

- JEAN-LUC PROBST -

**L'analyse des sols demande de prendre de la hauteur, de balayer des échelles temporelles et spatiales allant de la petite à la large échelle, et de développer une approche scientifique sur de nombreux bassins territoriaux, étendus et divers. Un suivi sur de longues périodes de temps est nécessaire pour être en mesure d'apprécier leur évolution en fonction des changements climatiques et des pressions anthropiques.**

**Jean-Luc Probst, ancien Directeur d'une Zone Atelier et d'un site expérimental de l'Observatoire de la Zone Critique montre pourquoi (et comment) on étudie, sur un bassin géographique les interactions entre les systèmes sociaux et les systèmes écologiques, c'est-à-dire leur co-évolution face aux changements globaux (climatiques, changement d'occupation des sols); et quels résultats ont apporté ces quarante ans d'étude.**



**Jean-Luc Probst**  
Directeur de Recherche  
Émérite au CNRS

**Vous avez été Directeur de la Zone Atelier Pyrénées Garonne, et vous étiez en charge du site expérimental du bassin versant (BV) d'Auradé appartenant à l'IR OZCAR.**

**Quels sont les programmes/infrastructures de recherche en France sur la Zone critique et quels sont leurs objectifs ?**

Deux infrastructures de recherche (IR) sont en cours en France pour étudier la Zone critique :

- L'IR OZCAR<sup>1</sup> (Observatoires de la Zone Critique : Applications et Recherche) qui s'appuie sur un réseau de sites expérimentaux comprenant 21 observatoires de recherche, chacun construit sur une question d'importance scientifique et sociétale et comprenant plus de 60 sites instrumentés allant de la parcelle aux plus grands bassins hydrographiques du monde.
- Et l'IR Réseau des Zones Ateliers (RZA)<sup>2</sup> qui regroupe 14 systèmes d'observation et d'expérimentation, chacun sur une maille régionale, et qui se focalisent autour d'un système socio-écologique fonctionnel (un

fleuve et son bassin versant, les paysages - agricoles ou urbains - un territoire à l'interface terre-mer, un massif montagneux...).

## L'Observatoire du bassin versant d'Auradé

Le site expérimental du bassin versant (BV) d'Auradé<sup>3</sup> appartient à l'IR OZCAR. Le site est représentatif des bassins versants des coteaux de Gascogne. Sa surface de 328 ha est drainée par le ruisseau du Montoussé qui est un sous-affluent de la Save (1110 km<sup>2</sup>).

Le BV expérimental d'Auradé est dédié aux observations à long terme des impacts des activités agricoles et des changements climatiques sur la qualité des eaux, des sols, des sédiments et des écosystèmes aquatiques, sur l'altération chimique des roches et l'érosion physique des sols, sur les flux d'eau et de carbone et les transferts de contaminants. Au sein d'OZCAR, on trouve en plus du réseau des bassins versants, des réseaux d'observatoires sur les tourbières, les glaciers, les karsts et les aquifères souterrains et un observatoire spatial régional.

En complément d'une étude directe des profils de sols, on développe une approche indirecte sur l'analyse globale de la dynamique des sols. Cette approche intégrative basée sur la mesure des flux de matières mesurés aux exutoires de certains bassins versants de la Garonne, permet d'appréhender la dynamique globale des sols à une échelle régionale, les vitesses moyennes d'érosion mécanique et chimique des sols et la nature de ces altérations.

## Quels types de sols observez-vous sur ce bassin versant ?

Le substratum géologique commun, la roche mère, sur tout le BV est de la molasse (roche sédimentaire argilo-calcaire) du tertiaire (Miocène) issue de l'érosion des Pyrénées. Les sols comprennent des argiles, du sable, des limons carbonatés (avec apport de matière organique) selon une séquence spatio-temporelle allant de sols calcaires à bruns calcaires (avec apport de matière

## « Nous avons réalisé une cartographie détaillée en 3D, avec des profils verticaux de composition physique et chimique des différents types de sols »

## « les nitrates sont la première source de pollution avec des concentrations largement supérieures à la norme européenne de potabilité de l'eau »

1. ozcar-ri.org/fr/ozcar-observatoires-de-la-zone-critique-applications-et-recherche

2. za-inee.org

3. bvea.sedoo.fr

organique) et bruns calciques puis bruns lessivés (tout le calcaire a été lessivé). Cette évolution dépend de leur situation sur les versants (haut ou bas de versant). Bien sûr pour les agriculteurs, la nature des sols et donc leur positionnement dans cette séquence est importante. Elle dépend aussi de l'impact de l'érosion,

notamment aratoire (ces sols étant labourés depuis le moyen âge). Elle est parfaitement observable dans le paysage avec des taches blanchâtres en proximité du substratum.

Nous suivons sur le long terme les impacts du changement climatique (selon la position et la nature des surfaces, sèches ou humides, qui ne sont pas érodées de la même façon); et les impacts anthropiques essentiellement agricoles (occupation des sols, pratiques agricoles, apports de fertilisants, produits phytosanitaires).

Nous avons réalisé une cartographie détaillée en 3D, avec des profils verticaux de composition physique et chimique des différents types de sols et une distribution spatiale de ces sols. Cette approche permet d'estimer les vitesses moyennes de l'érosion physique et chimique sur la durée et de les comparer à l'érosion actuelle à partir des mesures à l'exutoire. Nous avons ces relevés et ceux sur la qualité des eaux depuis 40 ans. Il s'agissait à l'origine de mesurer les fuites d'azote des sols (entraînant l'eutrophisation des eaux du ruisseau), qui parle à l'agriculteur et dont l'impact économique et sur le rendement est important. Cela l'aide à épandre les engrais, en bonne quantité, au bon endroit et au bon moment, en évitant notamment les périodes de crues.

Dans le ruisseau, les nitrates sont la première source de pollution avec des concentrations largement supérieures à la norme européenne de potabilité de l'eau (50 mg/l, ici les teneurs sont parfois supérieures à 100 mg/l). En plus des nitrates, nous mesurons aussi; les teneurs en pesticides et en métaux lourds (le Cadmium entrant par exemple dans la composition des fertilisants).

### Les changements de pratiques agricoles sont-ils très visibles sur la qualité des eaux et des sols ?

Oui, c'est très net et s'il n'y avait pas ces suivis dans le temps long nous ne connaîtrions pas ces effets. Nous recommandons :

- Des alternances de cultures pour enrichir le sol.
- La mise en place des bandes enherbées, pour réduire le transfert des sols vers les eaux du ruisseau, des nitrates, des matières en suspension et contaminants associés et des phytosanitaires.

Il y a eu des améliorations au début, mais cela stagne

### Les objectifs de l'Observatoire du bassin versant d'Auradé (IR OZCAR)

Les objectifs scientifiques sont a) d'établir des bilans des flux de matières (matières en suspension, éléments majeurs, nutriments et polluants) en réponse aux fluctuations hydro-climatiques et aux pressions anthropiques (pratiques agricoles); b) de comprendre et de modéliser les mécanismes qui contrôlent leur transfert; c) de déterminer l'impact des polluants sur la biologie, en allant des organismes aux communautés.

Les objectifs opérationnels sont a) de suivre l'impact des dispositifs agri-environnementaux sur les mesures prises sur la qualité de l'eau et des écosystèmes aquatiques; b) de mettre en place des scénarios en réponse aux changements climatiques, aux changements d'occupation des sols et aux changements de pratiques agricoles; c) de déterminer des indicateurs biologiques pertinents pour suivre l'état de santé des écosystèmes aquatiques.

L'originalité de ce BV expérimental est le lien fort avec l'association locale des agriculteurs (GAGT) et les interactions nombreuses avec les partenaires socio-économiques (coopératives agricoles, Chambre d'Agriculture, Région Occitanie) et les Agences nationales de l'eau et de la biodiversité (Agence de l'Eau Adour-Garonne, ONEMA). Tous ces partenaires permettent de développer à la fois des recherches fondamentales et du R&D pour une gestion opérationnelle afin d'améliorer la qualité des sols, des sédiments et des eaux et de préserver la santé des écosystèmes.

Vue générale du bassin versant d'Auradé avec au milieu le ruisseau bordé de peupliers et de bandes enherbées

© Anne Probst



Ruisseau du Montoussé qui draine le BV à l'exutoire en période de crue avec les tubes gris correspondant aux dispositifs de mesure en continu.

© Anne Probst

**« À long terme, la solution serait de redonner aux sols leur vie et leur qualité ; ils ont été tués chimiquement, fortement érodés ; [...] revégétaliser et laisser tel quel sur plusieurs années pour que la matière organique se reforme »**

peu à peu car il n'y a pas d'entretien régulier des bandes enherbées. On revient progressivement à des niveaux élevés de teneurs en nitrates.

#### Quels sont les impacts du changement climatique ?

On constate de plus en plus de forts contrastes entre années sèches et humides, des fréquences de crues importantes conduisant à des pertes en terre et des flux de matières beaucoup plus importants (90% des pertes viennent des crues) ; ce n'est pas une évolution continue mais on a vécu trois années exceptionnelles.

**La sécheresse :** des sols pauvres en matière organique et très érodés retiennent très peu l'eau. Il n'y a pas de nappes profondes, mais quelques nappes en surface dans des lentilles sableuses de la molasse. L'effet sécheresse est donc majeur. Il en résulte que le ruisseau est de plus en plus longtemps à sec en période estivale, au point que nous devons sortir nos équipements du bassin. Il n'y a pas beaucoup de solutions locales à court terme car les versants sont pentus et il n'y a pas d'irrigation possible. À long terme, la solution serait de redonner aux sols leur vie et leur qualité ; ils ont été tués chimiquement, fortement érodés ; il faudrait revégétaliser et laisser tel quel sur plusieurs années pour que la matière organique se reforme, que la vie reprenne le dessus et qu'ils puissent enfin mieux retenir l'eau et retrouver leur fertilité et leur qualité agronomique.



Ravine d'érosion qui montre l'ampleur de l'érosion mécanique en période d'orage, avec une mise en affleurement de la roche mère, la molasse.

© Anne Probst

#### Comment s'adapter à ces conditions de changement climatique ?

Les agriculteurs tentent diverses formes d'alternance de cultures sur une même parcelle : Alternance de rangs de cultures différentes (par exemple légumineuse - blé) ce qui favorise la biodiversité et enrichit le sol en azote, détruit les parasites, évite ou réduit les usages de phytosanitaires, engrais chimiques ; alternance dans le temps : après l'été, alors que le sol est nu, on plante de la féverole qui va se développer rapidement, pour protéger et enrichir le sol, puis on la coupe avant de planter les céréales d'hiver.

#### Les Zones Ateliers

##### Quelles sont leurs vocations ?

Les Zones Ateliers (ZA) ont une vocation régionale/territoriale et visent à apporter une compréhension des relations entre la société et l'évolution de l'environnement. Elles réalisent des aller-retours entre la société et le milieu « naturel » avec l'étude des impacts positifs ou négatifs de la société sur les milieux (négatifs comme l'érosion, la pollution, la perte de biodiversité...) et des milieux sur la société (positifs comme les services écosystémiques). À la différence d'OZCAR, les travaux sont menés en partenariats étroits avec la société et ses composantes socio-économiques (Agences de l'Eau, l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, Collectivités territoriales, structures économiques...). La contribution financière du CNRS y est modeste (par exemple 30 à 50k€ pour un

« Les partenaires scientifiques et socio-économiques définissent ensemble les questions scientifiques et techniques et les résultats obtenus sont valorisés par les acteurs »

### Les Zones Ateliers

Ancrées depuis parfois plusieurs décennies au cœur des territoires, les Zones Ateliers effectuent une recherche intégrée sur le temps long. Leurs objectifs sont de répondre à des questions fondamentales d'écologie, mais aussi aux enjeux sociétaux actuels face aux changements globaux.

Constituées en réseau, les ZA ont comme problématique de recherche, de décrire, comprendre et prédire la réponse des socio-écosystèmes au changement global, pour formaliser et théoriser leur fonctionnement, et aider ainsi à leur gestion et à leur gouvernance. C'est le seul outil à ce jour couplant les approches bio-géophysiques, écologiques et sociétales à l'échelle des territoires. Leur spécificité réside dans la taille de l'objet d'étude, qui est de dimension régionale.

Les recherches sont menées sur le temps long (plusieurs décennies) dans le cadre théorique des socio-écosystèmes et des biens communs. Les résultats des recherches alimentent les débats locaux sur la gestion, l'aménagement et l'évaluation des politiques publiques.

budget global d'une ZA de plus d'un M€) mais il permet d'obtenir un label important pour les partenariats. Les partenaires scientifiques et socio-économiques définissent ensemble les questions scientifiques et techniques et les résultats obtenus sont valorisés par les acteurs). Les recherches développées dans les ZA sont plus interdisciplinaires que dans OZCAR, avec notamment une forte implication des sciences de l'homme et de la société.

Dans la Zone Atelier PYGAR<sup>4</sup> (Pyrénées Garonne, la plus récente des ZA), on est en phase de préparation de ces partenariats qui ne sont pas encore tous lancés. Les grandes questions tournent autour de l'adaptation au

changement climatique et de la gestion des ressources (biodiversité, eau, sols). Les recherches couvrent différentes échelles temporelles (du dernier maximum glaciaire (15-20 000 ans) à nos jours) et spatiales (des sites observatoires à l'échelle régionale, grâce à un Observatoire Spatial Régional).

Nous manquons de connaissances fondamentales sur les dynamiques des systèmes à ces diverses échelles. Il faut aussi plus mobiliser la société ce qui représente un très gros travail avec de nombreux messages à faire passer. La dynamique de l'artificialisation des sols est intéressante à étudier : nous avons détruit, en moins de 50 ans, la richesse des sols (leur vie) qui s'étaient formée sur plus de 10 000 ans.

### En conclusion

Le point majeur, c'est d'avoir une vision holistique et sur le long terme : il ne faut pas se contenter de mesures ponctuelles dans le temps et dans l'espace, mais organiser des réseaux de stations de mesure sur le long terme (au moins 10 ans) et à haute fréquence.

De fortes interactions avec la société et les acteurs socio-économiques sont indispensables et permettent aux scientifiques de mieux répondre aux enjeux et aux attentes de la société.

Les IRs OZCAR et RZA sont associés au sein de grands réseaux européens (eLTER), ce qui permet d'augmenter les échanges scientifiques et techniques et de diversifier les approches selon de larges gradients spatiaux, écosystémiques, climatiques et socio-économiques.

▣ **Propos recueillis par Didier Raciné**  
Rédacteur en chef d'Alters Média

4. pygar.omp.eu



Station climatologique du bassin avec le collecteur de précipitations

© Anne Probst