

# Atelier 4 : cycles longs et cycles courts

---

Anicet BEAUVAIS, Dimitri LAGUE, Nicolas FLIPO, Jérôme MOLENAT, Irène SCHIMMELPFENNIG, Guillaume LEDUC, Laurence VIDAL, Vincent GODARD, Hervé Jourde, Jérôme GAILLARDET

Notre perception/appréhension des cycles longs et des cycles courts en géoscience dépend au premier ordre des échelles spatiales et temporelles auxquelles on étudie les différentes composantes des surfaces et interfaces continentales : géologiques, géomorphologiques, biologiques, chimiques et hydrologiques qui sous-tendent/intègrent des échelles de temps et d'espace très différentes. Que l'échelle temporelle des cycles soit longue ( $10^4$  à  $10^7$  a.) ou courte ( $< 10^2$  a.) notre démarche doit être la plus holistique possible afin de prendre en compte la globalité des écosystèmes et des objets étudiés quel que soient leurs tailles. Un défi majeur est l'articulation des études menées sur les géo-écosystèmes aux méso-échelles de temps ( $10^2 - 10^3$  a.). La zone critique (ZC) intègre toutes les composantes et par conséquent les différentes échelles temporelles et spatiales. Le concept ZC peut aussi progresser/évoluer grâce à la modélisation des processus/phénomènes de basse et haute fréquence pour mieux décrypter les interactions et rétroactions entre les différentes composantes géo- bio- hydro et socio-économique des SIC.

Quelles données, séries de données, quels instruments et plate-forme d'instruments, quelles expérimentations, et modélisations intégrant différentes échelles pour mieux contraindre et comprendre les interactions et rétroactions au cœur des systèmes complexes SIC ? Combiner les mesures géochronologiques (ex : thermochronologiques, radiométriques, OSL, nucléides cosmogéniques, thermoluminescence,..), géomorphologiques (reconstructions et modélisations paléo-topographiques et paléo-altimétriques, quantification de l'érosion), et mesures hydro-biogéochimiques, intégrant différentes échelles de temps.

## 1- Cycles longs : processus et phénomènes basses et très basses fréquences

Les surfaces continentales résultent de l'action intégrée d'une grande variété de processus sur différentes échelles de temps, les liens climat/relief sur le long-terme étant portés par ST SYSTER. L'intérêt de la communauté SIC est d'injecter dans la compréhension/modélisation de la dynamique long-terme les mécanismes élémentaires physiques, chimiques et biologiques qui font généralement défaut dans la communauté ST.

Développer des programmes transversaux ST/SIC permettant de mieux cerner les effets des interactions et rétroactions des forçages tectoniques et climatiques sur les reliefs et les surfaces à différentes échelles temporelles ( $10^4$  à  $10^7$  a.) en distinguant les basses fréquences aperiodiques des cycles périodiques sous contrôle orbital (10-100 ka.). Intégrer les facteurs biotiques et abiotiques et les forçages orbitaux dans les modèles de reconstitutions paléo-climatiques globales, pour mieux comprendre la variabilité climatique et hydro biogéochimique des écosystèmes, et des cycles d'érosion à l'échelle des bassins versants incluant les zones humides (lacs et deltas).

Développer des modèles hydrologiques avancés dans l'étude des relations entre érosion et climat (interactions et rétroactions), et le rôle de la composante biotique dans la dynamique des paysages à long-terme, en particulier dans les zones tectoniquement actives (chaînes de montagne) où elle est trop négligée.

## 2- Cycles courts : processus et phénomènes hautes et très hautes fréquences

Enjeu : comprendre les forçages et couplages climatiques et anthropiques, mais aussi tectoniques (sismiques) aux échelles annuelles à pluriannuelles. Quels sont les impacts des évènements très hautes fréquences (ex : hydrologiques..) ou rapides (changement d'occupation du sol) sur les surfaces et les écosystèmes ?...

Parmi les nombreuses questions qui émergent aux frontières entre ST (aléas et risques) et SIC, quels effets ont les évènements tectoniques et hydro-climatiques extrêmes (« hots moments ») sur les surfaces, les écosystèmes, la ZC et l'environnement socio-économique des régions impactées? En particulier dans les zones littorales et les zones de déformation tectonique rapide. Maintenir et/ou développer les programmes intégrateurs permettant de mieux comprendre les échanges hydro-biogéochimiques entre les eaux de surface, les sols et les eaux souterraines au cours de ces évènements intenses de haute fréquence et très haute fréquence, grâce à des monitorings infra-journaliers, journaliers, pluri-journaliers à pluriannuels. Tester le potentiel de filtrage des différentes composantes des géo- et écosystèmes vis à vis de la variabilité haute fréquence des paramètres environnementaux.

Comment et à quelle vitesse les écosystèmes et la ZC répondent-ils à ces évènements haute fréquence ? Quelle est la variabilité des temps de résilience selon les environnements physiographiques (orogéniques versus anorogéniques), biologiques et climatiques (périglaciaires, tempérés, arides, tropicaux) et géologiques (cristallins, sédimentaires, volcaniques).

Les plaines alluviales et les zones littorales qui intègrent les dimensions hydrologiques, sédimentaires, biologiques, et socio-économiques (très fortes pressions anthropiques dans ces zones) sont des écosystèmes de choix (« hot-spots ») pour étudier l'impact des cycles courts (ex : évènements hydro-climatiques de haute fréquence) sur les échanges hydro- biogéochimiques entre les différents compartiments de ces écosystèmes ; variabilité selon les zones climatiques et les densités de population...

## 3- Couplage cycles longs – cycles courts : articulation aux méso-échelles

Enjeu : Développer/implémenter des modèles couplant/imbriquant cycles longs basses fréquences et cycles courts hautes fréquences, permettant de mesurer/calibrer les effets combinés des évènements hydro-climatiques (sécheresses, précipitations, crues) et/ou tectoniques (séismes et éruptions volcaniques) à différentes échelles de temps (séculaire et contemporaine) et des perturbations anthropiques haute fréquence sur les écosystèmes et leurs composantes biotiques et abiotiques.

Comment les phénomènes hydro-climatiques hautes fréquences modifient la réponse temporelle des écosystèmes et géo-systèmes à l'échelle séculaire, caractéristique des enjeux et questions autour du changement climatique, de ses impacts et de leur évolution. La question des rétroactions entre processus à cycle court et à cycle long est également importante, comme par exemple la perturbation du cycle du carbone par le changement climatique et les activités anthropiques, perturbation qui en retour peut se traduire par des augmentations des émissions de CO<sub>2</sub>.

Etudier ou accentuer les études des cycles biogéochimiques du carbone, de l'azote (et du silicium...) dans les sols aux échelles de temps courts (semaine à pluriannuelle) et longs (séculaire à millénaire) notamment lors des changements d'occupation des sols (ex : forêts à cultures ou savanes à sylvicultures) ou d'évènements hydro-climatiques extrêmes en couplant les mesures isotopiques (ex : <sup>13</sup>C-<sup>14</sup>C, <sup>2</sup>H-<sup>3</sup>H, <sup>14</sup>N-<sup>15</sup>N) pour mieux comprendre les interactions et rétroactions biotique - abiotique au cours des changements d'usage des sols, et sous l'effet des aléas hydro-climatiques.

Objets : La ZC au sens large a vertu d'intégration de nombreux objets de différente dimension (bassins versants incluant les sols et les systèmes carbonatés karstiques et lacustres, plaines alluviales, et zones littorales) qui se sont formés et évoluent sur des échelles de temps variables. Besoin d'intégrer les données physico-chimiques et hydro- biogéochimiques et la modélisation des interactions et rétroactions entre variabilité climatique quaternaire et perturbations anthropiques combinées aux changements climatiques (dont évènements hydrologiques extrêmes), et leurs effets sur ces écosystèmes, leur vulnérabilité et leur capacité de résilience (ex : « hot spots » des pourtours de la méditerranée, du Pacifique Sud-Est et Sud-Ouest). Quel est l'impact du vivant sur les temps de résilience des écosystèmes perturbés ?

La dimension et la situation morpho climatique des objets étudiés doivent être adaptées pour mieux formaliser les questions de couplages cycles longs – cycles courts. Choix de bassins versants de taille moyenne ; zones de piémonts, plaines, et littorales (les plus peuplées). Nécessité aussi de cibler des sites permettant de balayer une large gamme de paramètres hydro-climatiques, géologiques (tectonique) et biologiques. Besoin de programmes permettant d'étudier les interactions et rétroactions entre Terre Interne (cycles longs ou grands cycles) et terre externe (cycles courts) aux méso-échelles temporelles (100-1000 ans) avec articulations fortes entre les communautés SIC et ST, facilitées par le développement de programmes transversaux incitatifs au sein de l'INSU (possibilité de double soumission projets ST/SIC ?).