

# EXPERT EN FONCTIONNEMENT DE L'ECOSYSTEME FORESTIER ET DIAGNOSTIC ENVIRONNEMENTAL



## Dr Christophe Calvaruso

Fondateur et directeur du bureau d'études EcoSustain

- 31, rue de Volmerange – 57330 Kanfen, France (bureau).

- Route d'Amance – 54280 Champenoux, France (bureau et laboratoire)

Site internet : [www.ecosustain.fr](http://www.ecosustain.fr)

@ : [contact@ecosustain.fr](mailto:contact@ecosustain.fr)

☎ : (+33) 382.88.27.18

☎ : (+33) 698.64.23.34

## Compétences générales

**Scientifique** : connaissance du fonctionnement des écosystèmes forestiers : cycles des éléments et de l'eau, pédogenèse, écophysiologie, biologie et microbiologie du sol, interactions arbre-sol-organismes, fonctions écologiques (protection des sols, qualité de l'eau et de l'air, habitat pour la biodiversité, adaptation et atténuation au changement climatique). Conception, mise en œuvre et utilisation d'outils de diagnostic du fonctionnement de la forêt : croissance du peuplement (réelle et potentielle), indice foliaire (statut nutritionnel de l'arbre), fertilité des sols (réserves en eau et nutriments), bilans de fertilité de l'écosystème (eau et nutriments), biodiversité du sol.

**Techniques de terrain** : gestion de sites d'observation et d'expérimentation en forêt incluant le développement, la mise en place et le suivi de dispositifs, l'échantillonnage des différents compartiments de l'écosystème (sol, solution, végétation, organismes) et les mesures dendrométriques, ainsi que le diagnostic, le traitement, l'interprétation et la valorisation des données.

**Techniques de laboratoire** : traitement et stockage des échantillons de sol, de solution, de végétaux et de microorganismes ; analyse des échantillons (par exemple : séparation granulométrique, extractions sélectives, pH, éléments majeurs, densité bactérienne, diversité fonctionnelle des microorganismes).

**Transfert de connaissances** : rédaction d'articles scientifiques, techniques ou de vulgarisation, en français et en anglais ; participation à des conférences et ateliers, réalisation d'outil de communication : plaquettes, livres et films-documentaires (collaboration avec M. Dassot, EcoSustain).

## Autres compétences

**Instruments scientifiques** : dendrométrie (télémètre Vertex, dendromètre ruban), cartographie de l'arbre et de la forêt (LiDAR terrestre, collaboration avec M. Dassot, EcoSustain), propriétés du sol (sondes TDR, bougies poreuses), analyses en laboratoire (pH-mètre, spectrométrie plasma, diffraction de rayons X).

**Gestion de projets et d'entreprise** : Accompagnement, animation et gestion de projets français et internationaux, capacité à traiter des projets multidisciplinaires et transversaux, aspects juridiques et financiers. Expérience avec les procédures d'appels d'offres français et européens, veille stratégique.

**Informatique** : Windows, R, SIG.

**Linguistique**: français et anglais, courant.

## Cursus

2006 – **DOCTORAT**, GÉOSCIENCES ET BIOLOGIE FORESTIÈRE, *Université de Lorraine et Institut National de la Recherche agronomique, Nancy, France.*

Sujet : Quantification de l'effet des racines d'arbres et des microorganismes associés sur l'altération des minéraux de sols forestiers : observations en forêt et expérimentations.

- 2003 – **MASTER II**, SCIENCES DU SOL, *Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, France.*
- 2002 – **MASTER I**, BIOLOGIE DES ÉCOSYSTÈMES, OPTION FORÊTS, *Université de Lorraine et Université Henri Poincaré, Nancy, France.*
- 2001 – **MASTER I**, GÉOLOGIE OPTION ENVIRONNEMENT, *Université de Lorraine, Nancy, France.*

## Expérience

### ACTUELLE

Depuis 2014 : **INGÉNIEUR DE RECHERCHE INDÉPENDANT ET DIRECTEUR D'ECOSUSTAIN**, un bureau d'études, recherche et développement, spécialisé dans l'étude du fonctionnement des écosystèmes forestiers et le diagnostic environnemental. Le projet développé par la société est lauréat du concours i-lab 2014, concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes, dans la catégorie "Environnement". *Paris, France.*

### ANTERIEURE

2009-2014: **INGÉNIEUR DE RECHERCHE**, gestion scientifique et technique de sites expérimentaux dédiés à l'étude des cycles de l'eau et des éléments en forêt et à la nutrition et la croissance de peuplements forestiers. *Institut National de la Recherche Agronomique, Nancy, France.*

2007-2009 : **INGÉNIEUR DE RECHERCHE**, gestion scientifique et technique d'expérimentations en laboratoire dédiées à l'étude des processus d'altération biologique des minéraux et le transfert sol-plante de nutriments et d'éléments-traces. *Université de Luxembourg, Luxembourg-ville, Luxembourg.*

## Sélection de projets

**OFFICE NATIONAL DES FORETS** ; Ardennes, Région Grand Est - France (Expert ; en collaboration avec l'INRA (unité BEF) et le bureau d'études Sol Conseil ; 2016 – en cours)

- ♦ Réalisation du bilan de fertilité minérale des sols de l'Ardenne Primaire (48 000 hectares)  
*Objectif* : Evaluation du niveau de fertilité minérale des sols de parcelles forestières et recommandations pour restaurer la fertilité minérale des sols carencés.  
*Démarche* : (i) réalisation d'un plan d'échantillonnage sur la base de l'étude des cartes géologique, topographique, pédologique et forestière de la zone d'étude, (ii) échantillonnage des sols et caractérisation de l'écosystème pour chaque point, (iii) traitement des échantillons et analyse des sols dans un laboratoire agréé, (iv) calcul du bilan de fertilité minérale par parcelle, (v) établissement d'un rapport technique incluant des cartes de diagnostic et de recommandation par parcelle.

**INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE** ; Nancy, Région Grand Est – France (Expert ; en collaboration avec la société Dorléans ; 2014 – en cours)

- ♦ Conception d'un dispositif d'exclusion des pluies en forêt  
*Objectif* : Développement d'un outil adapté à la forêt permettant de tester l'impact d'une sécheresse sur un peuplement mature et sur le fonctionnement de l'écosystème.  
*Activités* : (i) conception et mise en place d'un prototype de toit amovible en forêt, (ii) suivi de la phase de test (expérimentation avec mesures dendrométriques, échantillonnage et analyses de sol et de feuilles), (iii) rédaction d'un rapport technique de recommandations pour la mise en place de dispositif d'exclusion des pluies en forêt.

**INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE** ; Région Grand Est – France (Expert ; 2010 – en cours)

- ♦ Suivi du fonctionnement biogéochimique et de la croissance d'un écosystème forestier, Montiers-sur-Saulx, Meuse (73 hectares).  
*Objectif* : comparer le cycle des éléments et de l'eau ainsi que la croissance du peuplement sur trois types de sol ayant des niveaux de fertilité contrastés.

*Activités* : (i) mesures dendrométriques, (ii) prélèvements d'échantillons dans les différents compartiments de l'écosystème (sol, humus, litière, végétation, peuplement, etc.), (iii) traitements des échantillons pour analyse (éléments majeurs et traces, C organique, N total, distribution granulométrique, etc.) et stockage, (iv) évaluation des stocks et des flux d'éléments dans l'écosystème, et (v) calcul des bilans de fertilité minérale et hydrique, ainsi que de divers indices de fertilité de l'écosystème (diagnostic foliaire, Indice de Croissance Potentielle), (vi) mise en base et traitement des données, (vii) valorisation des résultats au travers de présentations dans des conférences (Biogeomon 2014 ; Golsdchmitt 2015 et 2016) et de publications dans des revues internationales (Science of the Total Environment, 2014 ; Forest Ecology and Management, 2017, etc.).

**INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE** ; Région Grand Est – France (Expert ; en collaboration avec l'INRA (unité BEF) ; 2010 – 2011)

- ◆ Installation de trois stations expérimentales en forêt de Montiers, Montiers-sur-Saulx, Meuse (3 hectares)

*Objectifs* : Mettre en place des dispositifs de mesure et de collecte afin de réaliser un suivi du fonctionnement de l'écosystème forestier.

*Activités* : (i) bornage du site, (ii) marquage du peuplement, (iii) creusement de fosses pédologiques, (iv) installation de dendromètres, de dispositifs de collecte de l'eau dans le sol (plaques lysimétriques, fluteurs et bougies) et hors sol (pluviomètres), de dispositifs de collecte des feuilles (bacs à litière), et (v) rédaction des protocoles de collectes et de mesures.

**CENTRE GABRIEL LIPPMANN** ; Belval – Luxembourg (Expert ; en collaboration avec l'INRA et le CNRS ; 2010 – en cours)

- ◆ Suivi du cycle de l'eau en forêt (aspects qualitatifs et quantitatifs), site expérimental du Huewelerbach

*Objectifs* : Evaluer l'impact du climat sur le cycle de l'eau en forêt, l'influence des conditions édaphiques (types de sol) sur la qualité de l'eau, le rôle des apports atmosphériques particuliers sur la qualité de l'eau, l'impact des pratiques sylvicoles (exploitation du petit bois à des fins de bioénergie) sur la qualité de l'eau et sur le fonctionnement global de l'écosystème forestier.

*Activités* : (i) collecte des solutions dans un site-atelier, (ii) traitements des échantillons pour analyse (éléments majeurs et traces, C organique, N total, etc.), (iii) traitement et mise en base des données, (iv) interprétation des résultats et valorisation.

**AGENCE NATIONAL POUR LA GESTION DES DECHETS RADICOACTIFS** ; Région Lorraine – France (Expert ; en collaboration avec plusieurs laboratoires de l'INRA ; 2009 – 2010)

- ◆ Diagnostic environnemental au sein de l'Observatoire Pérenne de l'Environnement (143 hectares) dans le cadre du programme d'Observation et Surveillance de l'Environnement

*Objectif* : Caractérisation initiale de l'environnement.

*Activités* : (i) mesures dendrométriques, (ii) prélèvements d'échantillons dans les différents compartiments de l'écosystème, (iii) traitements des échantillons pour analyse (éléments majeurs et trace, C organique, N total, etc.) et stockage en écothèque, (iv) évaluation des stocks et des flux d'éléments dans l'écosystème, et (v) mise en base de données des informations.

**UNIVERSITE DU LUXEMBOURG** ; Luxembourg-ville – Luxembourg (Expert ; en collaboration avec l'INRA ; 2007 – 2008)

- ◆ Suivi du cycle des éléments-traces dans le système sol-solution-arbre par expérimentation en microcosmes

*Objectif* : Quantification de l'altération des minéraux du sol par les racines d'arbres et les microorganismes associés, et du transfert des éléments-traces vers la biomasse.

*Activités* : (i) développement et mise en place de systèmes expérimentaux en chambre de croissance, de type microcosmes, faisant interagir arbre-microorganismes-minéral-solution, (ii) collecte des solutions et minéral et du végétal, (iii) traitements des échantillons pour analyse (éléments majeurs et traces, C organique, N total, densité bactérienne, etc.), (iv) mise en base des données et traitement des données et (v) valorisation des résultats (publications *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2013 et *Open Journal of Soil Science*, 2014).

**INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE** ; Région Grand-Est – France (Expert ; 2001 – 2009)

- ♦ Quantification de l'altération biologique des minéraux dans des sols forestiers aux propriétés contrastés, site de Fougères (Ille-et-Vilaine), site de Breuil-Chenué (Nièvre), site de Montiers (Meuse).

*Objectifs* : quantifier l'impact des racines d'arbres et des microorganismes de la rhizosphère sur l'altération des minéraux du sol via trois approches : le suivi in situ, l'expérimentation in situ et l'expérimentation en microcosmes, évaluer l'influence des essences, du taux de CO<sub>2</sub> et du niveau de fertilité de l'écosystème sur ce processus.

*Activités* : (i) développement et mise en place d'étude et d'expérimentations in situ et d'expérimentations en laboratoire (boîtes de Petri et microcosmes), (ii) collecte d'échantillons de sol in situ, (iii) traitements des échantillons pour analyse (éléments majeurs et traces, C organique, N total, etc. ; diffraction de rayons X ; isolation et culture de souches bactériennes), (iv) traitement des données et valorisation des résultats (publications *Applied and Environmental Microbiology*, 2006 et *Plant and Soil*, 2007).

## Autres activités

- ♦ Membre de l'Association Française pour l'Etude des Sols (AFES) et de l'European Association of Geochemistry (EAG)
- ♦ Pratique du trail en forêt

## Communications (sélection d'articles, de conférences et de film-documentaire)

### ARTICLES

CALVARUSO C., MANGIN J., DIDIER S., SIMON B., GRANIER A., NYS C., LECLERC E., TURPAULT M.-P. (In preparation for *Applied and Environmental Soil Science*). Assessing the sensitivity of various soils of the French temperate forest to climate and forest management changes in relation to tree nutrition.

HEID L., CALVARUSO C., ANDRIANANTENAINA A., GRANIER A., CONIL S., TURPAULT M.-P., LONGDOZ B. (In press). Seasonal evolution of the aboveground Biomass Production Efficiency (aBPE) of a French beech forest. *Annals of forest science*.

CALVARUSO C., KIRCHEN G., AINT-ANDRÉ L., REDON P.-O., TURPAULT M.-P. (2017) Relationship between soil nutritive resources and the growth and mineral nutrition of a beech (*Fagus sylvatica*) stand along a soil sequence. *CATENA*, 155, 156-169.

KIRCHEN G., CALVARUSO C., GRANIER A., REDON P.-O., VAN DER HEIJDEN G., BRÉDA N., TURPAULT M.-P. (2017). Effect of soil type and precipitation level on the water budget of a beech forest: Consequence on stand growth. *Forest Ecology and Management*, 390, 89-103.

KRIEGER C., CALVARUSO C., MORLOT C., UROZ S., SALSI, L., TURPAULT M.-P. (2017) Identification, distribution, and quantification of biominerals in a deciduous forest. *Geobiology*, 15, 296-310.

LEQUY E., CALVARUSO C., CONIL S., TURPAULT M.-P. (2014) Atmospheric particulate deposition in temperate deciduous forest ecosystems: Interactions with the canopy and nutrient inputs in two beech stands of Northeastern France. *Science of the Total Environment*, 487, 206-215.

CALVARUSO C., TURPAULT M.-P., FREY-KLETT P., UROZ S., PIERRET M.-C., TOSHEVA Z., KIES A. (2013). Increase of apatite dissolution rate by Scots pine roots associated or not with *Burkholderia glathei* PML1(12)Rp in open-system flow microcosms. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 106, 287-306.

CALVARUSO C., N'DIRA V., TURPAULT M.-P. (2011) Impact of common European tree species and Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) on the physicochemical properties of the rhizosphere. *Plant and Soil* 342, 469-480.

COLLIGNON C., CALVARUSO C., TURPAULT M.-P. (2011) Temporal dynamics of exchangeable K, Ca and Mg in acidic bulk soil and rhizosphere under Norway spruce (*Picea abies* Karst.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) stands. *Plant and Soil* 349, 355-366.

CALVARUSO C., TURPAULT M.-P., UROZ S., LECLERC E., FREY-KLETT P. (2010) *Laccaria bicolor* S238N improves Scots pine mineral nutrition by increasing root nutrient uptake from soil minerals but does not increase mineral weathering. *Plant and Soil*, 328, 145-154.

CALVARUSO C., MARESCHAL L., LECLERC E., TURPAULT M.-P. (2009) Rapid clay weathering in the rhizosphere of different tree species in an acid forest ecosystem. *Soil Science Society of America Journal*. *Soil Science Society of America Journal*, 73, 331-338.

UROZ S., CALVARUSO C., TURPAULT M.-P., FREY-KLETT P. (2009) Mineral weathering by bacteria: ecology, actors and mechanisms. *Trends in Microbiology* 17, 378-387.

TURPAULT M.-P., NYS, C., CALVARUSO C. (2009) Rhizosphere impact on the dissolution of test-minerals in a forest ecosystem. *Geoderma* 163, 147-154.

RANGER J., AUGUSTO L., BERTHELIN J., CALVARUSO C., et al. (2008) Etude du fonctionnement actuel des sols forestiers par la méthode des minéraux-tests. *Etude et Gestion des Sols*, 14, 267-286.

CALVARUSO C., TURPAULT M.-P., LECLERC E., FREY-KLETT P. (2007) Impact of ectomycorrhizosphere on the functional diversity of soil bacterial and fungal communities from a forest stand in relation to nutrient mobilization process. *Microbial Ecology* 54, 567-577.

CALVARUSO C., TURPAULT M.-P., FREY-KLETT P. (2006) Root-associated bacteria contribute to mineral weathering and to mineral nutrition in trees: a budgeting analysis. *Applied and Environmental Microbiology* 72, 1258-1266.

TURPAULT M.-P., FREY-KLETT P., MUSTIN C., CALVARUSO C., RAFIE O. (2003) Weathering rates in forest soils: the influence of plant roots and micro-organisms. In *Biogeochemical aspects of earth system and bioremediation of polluted environments*. Ed. T. Hattori. OECD. pp. 20-24.

## CONFÉRENCES

CALVARUSO C., SAINT-ANDRÉ L., KIRCHEN G., REDON P.-O., TURPAULT M.-P. (2015) Productivity of forest stands developed on a soil succession with different mineral weathering rate: a complex relationship. *Goldschmitt*, 16-21 August, Prag, Czech Republic [communication orale, résumé].

HEID L., CALVARUSO C., ANDRIANANTENAINA A., GRANIER A., CONIL S., TURPAULT M.-P., LONGDOZ B. (2015). Seasonal evolution of Biomass Production Efficiency (BPE) of a French beech forest. *American Geophysical Union meeting*, San Francisco, USA, 14-18 December [communication orale, résumé].

CALVARUSO C., FRANOUX L., KIRCHEN G., GENET A., SAINT-ANDRÉ L., REDON P.-O., TURPAULT M.-P. (2015) Comparaison de la fertilité de trois types de sols dans une hêtraie du Nord-Est de la France. *Colloque sur le fonctionnement biogéochimique d'un écosystème forestier*, Champenoux, France, 20 mars [communication orale].

HEID L., CALVARUSO C., TURPAULT M.-P., LONGDOZ B. (2015). Aerial Biomass Production Efficiency (aBPE) of a French beech Forest: Preliminary results. *European Geosciences Union meeting*, Vienna, Austria, 12-17 April [poster].

CALVARUSO C., DIDIER S., REDON P.-O., TURPAULT M.-P. (2014) Assessing the sensitivity of various soils of a temperate forest to an increase of biomass exportation. BIOGEOMON, 8th International Symposium on Ecosystem Behavior, Bayreuth, Germany, 13-17 July [poster].

CALVARUSO C., SAINT-ANDRÉ L., DIDIER S., REDON P.-O., TURPAULT M.-P. (2014) Impact of soil physico-chemical properties on forest productivity, BIOGEOMON, 8th International Symposium on Ecosystem Behavior, 13-17 July, Bayreuth, Germany [poster].

TURPAULT M.-P., UROZ S., MARESCHAL L., CALVARUSO C., COLLIGNON C., FREY-KLETT P., LEPLEUX C. (2011) Life as the catalyst of mineral weathering in acidic forest ecosystem. Goldschmidt 2011, Prag, Czech Republic, August 14-19. [Conférence invitée, résumé].

UROZ S., TURPAULT M.-P., FREY-KLETT P., CALVARUSO C., COLLIGNON C., LEPLEUX C., OGER P., LEVEAU J., DE BOER W. (2010) Mineral weathering by forest soil bacterial communities: from function to diversity. 13th ISME congress, Seattle, USA. [communication orale, résumé].

UROZ S., TURPAULT M.-P., FREY-KLETT P., CALVARUSO C., COLLIGNON C., LEPLEUX C., HÖPPENER-OGAWA S., OGER P., LEVEAU J., BUÉE M., MARTIN F., MURAT C., PIERRAT J.-C., DE BOER W. (2010) Highlight of the bacterial communities involved in mineral weathering and in the fertility of forest soils. Journée de Microbiologie de l'INRA. Poitiers, France. [poster, résumé].

COBERT F., SCHMITT A.-D., CALVARUSO C., COLLIGNON C., TURPAULT M.-P., LEMARCHAND D., CHABAUX F., STILLE P. (2010) The potential of Ca isotopes to identify the influence of bacteria on Scots pine root nutrient uptake in the rhizosphere. 6ème Congrès de la Société Française des Isotopes Stables, Toulouse, France, 26-29 octobre [communication orale, résumé].

UROZ S., CALVARUSO C., TURPAULT M.-P., FREY-KLETT P. (2008) Mineral weathering in forest soils: what are the respective roles of bacteria and fungi? Workshop of Geomycology, 7-10 May, Uppsala, Suède [conférence invitée, résumé].

CALVARUSO C., MARESCHAL L., TURPAULT M.-P., LECLERC-CESSAC E. (2007) Forest tree rhizosphere increases soil mineral weathering: an in situ approach. Rhizosphere II congress, 26-31 August 2007, Montpellier [communication orale, résumé].

CALVARUSO C., TURPAULT M.-P., UROZ S., LECLERC E., FREY-KLETT P. (2007) Conceptual model: the plasticity of rhizospheric activity to mobilize nutrients as an explanation to forest ecosystem sustainability? Rhizosphere II congress, 26-31 August 2007, Montpellier [poster, résumé].

UROZ S., CALVARUSO C., TURPAULT M.-P., PIERRAT J.-C., MUSTIN C., FREY-KLETT P. (2007) Mineral weathering by mycorrhizosphere bacteria : Linking roots to rocks. Rhizosphere II congress, 26-31 August 2007, Montpellier [communication orale].

TURPAULT M.-P., CALVARUSO C., UROZ S., LECLERC E., FREY-KLETT P. (2007) Does rhizospheric activity explain forest ecosystem sustainability? Rhizosphere II congress, Montpellier, 26-31 août [poster].

CALVARUSO C., MARESCHAL L., TURPAULT M.-P., LECLERC-CESSAC E. (2006) Root effect on physico-chemical and mineralogical properties of soils under two species (norway spruce and oak). Bridging Clays, 43rd Annual Meeting of Clay Minerals Society. Oléron, 3-7 juin [poster].

TURPAULT M.-P., CALVARUSO C., MARESCHAL L., RIGHI D. (2006) Impact of biological activities on clay mineral weathering in forest ecosystems. Bridging Clays, 43rd Annual Meeting of Clay Minerals Society, 3-7 June, Oléron [résumé, oral].

CALVARUSO C., TURPAULT M.-P., FREY-KLETT P. (2004) The effect of plants and soil bacteria on the mineral weathering. Eurosoil congress, Freiburg (Germany), 4-12 septembre 2004 [communication orale].

CALVARUSO C., TURPAULT M.-P, FREY-KLETT P. (2004) Effect of plants and soil bacteria on the mineral weathering. Rhizosphere I congress, Munich (Germany), 12-17 septembre 2004 [communication orale].

TURPAULT M-P, CALVARUSO C., NOURRISSON G. (2004) Rhizosphere in forest ecosystems: a favorable interface for tree nutrition. Rhizosphere I congress, Munich (Germany), 12-17 septembre 2004 [poster].

TURPAULT M.-P., FREY-KLET P., MUSTIN C., CALVARUSO C., RAFIE O. (2003) Weathering rates in forest soils : the influence of plant roots and micro-organisms. 16th International Symposium on Environmental Biogeochemistry. Oirase (Japon), 1-7 septembre [communication orale].

#### **FILM-DOCUMENTAIRE**

EcoSustain (2016) Contrôler la végétation concurrente avec le scarificateur réversible pour renouveler les forêts. <https://www.youtube.com/watch?v=W3iewrsYGil>