



FORMULAIRE DE CANDIDATURE
APPEL À PROJETS « RECHERCHE 2025 »

Document complémentaire à une demande de subvention déposée en ligne

IMPORTANT : Chaque projet doit faire l'objet d'une demande spécifique

Ce formulaire :

1°) Doit être placé en pièce jointe d'une demande de subvention déposée en ligne sur :
[Se connecter à Région Sud \(maregionsud.fr\)](https://maregionsud.fr)

2°) Doit être adressé par mail, le formulaire scientifique seul, (au format Word sans les signatures et au format PDF avec les signatures), sans les annexes administratives à :
ldelamare@maregionsud.fr

CONTACT APPEL A PROJETS RECHERCHE

DELAMARE Laura
Gestionnaire administrative
Direction du Développement Economique Durable et de l'Innovation
Service Innovation Recherche et Enseignement Supérieur
ldelamare@maregionsud.fr
04 91 57 57 84

Préambule :

L'emploi et la croissance sont des axes forts de la politique régionale conduite en matière de développement économique. A ce titre, la Région soutient le développement de l'environnement économique régional au travers de sa politique menée en matière de recherche et d'innovation, notamment par la consolidation du potentiel scientifique régional qui constitue le socle sur lequel se développe l'écosystème régional de l'innovation.


En effet, la Région a souhaité renforcer les connaissances scientifiques qui permettront les innovations industrielles et de services en lien avec les filières stratégiques et les technologies clés de la région, définies dans le schéma régional de développement économique, d'innovation et d'internationalisation (SRDEII) approuvé en juin 2022.

Cette politique a été renforcée par l'adoption en décembre 2022, du schéma régional de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation qui s'articule autour des 3 ambitions suivantes :

- Soutenir l'innovation et la compétitivité du territoire par la formation et la recherche.
- Développer l'excellence, l'attractivité et le rayonnement des établissements régionaux d'enseignement supérieur et de recherche.
- Favoriser la réussite des étudiants.

APPEL A PROJETS RECHERCHE VOLET EXPLORATOIRE

INFORMATIONS GENERALES

| | |
|------------------------------------|---|
| Organisme gestionnaire | Université Côte d'Azur (UniCA) |
| Acronyme du projet de recherche | TRI  CYCLE |
| Intitulé du projet | Recyclage des plastiques par dissolution et solvolysé |
| Statut de la soumission | <input checked="" type="checkbox"/> Première soumission : le projet n'a jamais été déposé à l'AAP Recherche régional <input type="checkbox"/> Renouvellement de soumission : le projet a déjà été déposé à l'AAP Recherche régional. |
| Mots clés (5 maximum) | Plastiques, recyclage, économie circulaire, pollution environnementale |
| Nom et prénom du porteur de projet | SBIRRAZZUOLI Nicolas |
| Fonction | Professeur des Universités |
| Laboratoire | Institut de Chimie de Nice, ICN UMR CNRS 7272 |
| Organisme de rattachement | Université Côte d'Azur, UniCA |
| Email personne(s) référente(s) | Nicolas.SBIRRAZZUOLI@univ-cotedazur.fr |
| Numéro de téléphone | 33 4 89 15 01 27 |

THEMATIQUES DU PROJET DE RECHERCHE

Thématique principale
(1 seule case à cocher)

- ☐ Biologie / Santé
- ☒ Chimie
- ☐ Environnement
- ☐ Ingénierie / Physique
- ☐ Sciences de l'Univers
- ☐ Mathématique / Informatique
- ☐ Sciences humaines et sociales
- ☐ Sciences économiques
- ☐ Sciences juridiques

Thématique(s) secondaire(s) concernée(s)
(facultatif)

- ☐ Biologie / Santé
- ☐ Chimie
- ☒ Environnement
- ☐ Ingénierie / Physique
- ☐ Sciences de l'Univers
- ☐ Mathématique / Informatique
- ☐ Sciences humaines et sociales
- ☐ Sciences économiques
- ☐ Sciences juridiques

Filières stratégiques & technologies clés

Description détaillée dans l'annexe 3 du SRDEII

- ☐ Energies de demain et écotechnologies
- ☐ Aéronautique, spatial, défense
- ☐ Industrie maritime, portuaire et logistique
- ☐ Agriculture, agroalimentaire et cosmétiques
- ☐ Santé
- ☐ Silver économie
- ☐ Tourisme, culture, art de vivre, sport
- ☐ Technologies clé du numérique (dont IA, cybersécurité, santé-numérique...)
- ☐ Technologies clé optique-photonique
- ☒ Technologies clé chimie-matériaux

Priorités régionales

- ☒ Contribution au plan Climat
- ☐ Contribution à la Recherche en matière d'intelligence artificielle
- ☐ Contribution au plan Sud Ingénieurs

Merci de préciser ci-après le lien avec la ou les filières stratégiques rattachées au projet :

Le lien avec les 3 filières stratégiques est détaillé en p 9.

Partenaire(s) : Entreprise 2MS - Mouans-Sartoux – Voir lettre de soutien en Annexe -

| NOM | PRÉNOM | FONCTION | LABORATOIRE | ORGANISME DE RATTACHEMENT |
|-----------|----------|------------------------|----------------|---------------------------|
| Dr LAUNAY | Valentin | Responsable R&D Chimie | Entreprise 2MS | 2MS vl@horus3d.com |

Budget du projet de recherche

| | BUDGET GLOBAL | MONTANT SUBVENTIONNABLE (*) | MONTANT DEMANDÉ À LA RÉGION (**) | HT OU TTC |
|-----------------------|---------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------|
| INVESTISSEMENT | 111 541,50 | 111 541,50 | 66 924,9 | HT |

(*) Il s'agit du **budget directement géré par le bénéficiaire-gestionnaire** :

Ce montant qui peut être inférieur ou égal au coût total de l'opération ne doit concerner que les dépenses qui seront réellement engagées et justifiées par le bénéficiaire de la subvention. Les salaires des personnels statutaires engagés dans le projet ne peuvent pas être pris en compte dans le calcul de cette assiette subventionnable.

(**) La Région ne peut financer plus de 60% des dépenses éligibles. Son intervention est plafonnée à 80 000 € pour les dépenses d'investissement

Nota :

- Les dépenses engagées et justifiées par la tutelle bénéficiaire de la subvention devront être conformes aux dépenses inscrites dans le plan de financement ci-après.
- Indiquer la date prévue de la réponse aux cofinancements sollicités. Ceux-ci doivent impérativement être acquis dans l'année.
- La Région ne peut financer une tranche d'un projet que si la ou les précédentes tranche(s) ont été engagée(s) et/ou justifiée(s).

Pour le chef de file : (nom, prénom, signature, date) :

Le Président d'Université

ou

Le Délégué régional de l'Organisme

Le

Le

Résumé du projet de recherche en français (20 lignes maximum)

Le marché mondial des matières plastiques est en pleine expansion, mais les technologies de recyclage restent limitées. La demande mondiale devrait doubler d'ici 2050, mais seulement 9% sont recyclés. Les polymères biosourcés représentent une alternative prometteuse au remplacement des polymères pétro-sourcés, néanmoins cette solution souffre de plusieurs limitations. En effet, la plupart des polymères biosourcés ne sont pas biodégradables et les études récentes montrent que la biodégradation n'est pas la solution optimale à cause des microplastiques générés. C'est pourquoi les recherches actuelles se concentrent sur le recyclage et des techniques qui privilégient le « upcycling ». Le recyclage par dissolution/précipitation est une méthode écologique prometteuse. Le projet **TRI CYCLE** porte sur le développement de processus de recyclage des polymères (les thermoplastiques et les thermodurcissables). Il explore le recyclage physique par dissolution/précipitation ainsi que le recyclage chimique des polymères réticulés. Le but est de récupérer des polymères de haute qualité, comparables aux matériaux vierges, et de réduire la pollution par les microplastiques. Cette méthode permet également de supprimer les substances ajoutées non intentionnellement (NIAS). Il s'agit d'impuretés présentes dans le polymère et les additifs comme des traces de solvant, de catalyseurs ou des molécules n'ayant pas réagi complètement. Les techniques impliquées dans le projet **TRI CYCLE** incluent la spectroscopie FTIR, la microscopie optique, la calorimétrie et la RMN. En identifiant les solvants appropriés et en comprenant les mécanismes thermodynamiques et cinétiques, le projet vise à proposer des solutions innovantes et efficaces pour le recyclage des plastiques, améliorant ainsi la durabilité environnementale. L'équipement demandé est un Calorimètre Calvet qui permettra de mieux comprendre les processus de recyclage des matières plastiques.

Cadre général et objectifs du projet. Si le sujet fait déjà l'objet d'études dans la communauté scientifique, préciser l'état de l'art

Le marché mondial des polymères devrait croître dans un avenir proche, bien que les solutions technologiques disponibles pour recycler efficacement les déchets polymères soient actuellement limitées. Le processus de recyclage par dissolution/précipitation est une solution écologique qui pourrait potentiellement être mise en œuvre pour le recyclage des polymères. Imaginer un monde sans plastique semble irréaliste aujourd'hui, car le plastique est le matériau le plus répandu et utilisé dans notre vie quotidienne. La demande mondiale de plastique devrait doubler avant 2050, ce qui implique que la planète contiendra plus de 33 milliards de tonnes de plastique dans un avenir proche. Le recyclage pourrait considérablement prévenir la libération de polymères dans l'environnement, avec une réduction conséquente de la pollution par les microplastiques. Bien que le recyclage soit la voie la plus prometteuse à suivre, sur un total de 460 millions de tonnes de plastiques produits chaque année, seulement environ 9% sont recyclés. Ce chiffre faible est principalement dû à une élimination inadéquate des plastiques post-consommation, aux coûts et aux limitations technologiques dans le processus de recyclage. En conséquence, seuls quelques homopolymères thermoplastiques sont efficacement recyclés, notamment les polyoléfines, le poly(éthylène téréphtalate) et le polystyrène. Actuellement, il existe peu de solutions technologiques pour recycler efficacement les produits plastiques en fin de vie. Le recyclage mécanique des déchets est la méthode de premier choix pour le recyclage en boucle fermée dans l'industrie automobile. Néanmoins, la dégradation au cours de la vie du polymère et la thermo-dégradation due au retraitement affectent fortement le nombre de cycles de recyclage possibles. On parle alors de « downcycling ». De plus, cette méthode est coûteuse en énergie. La méthode de dissolution/précipitation est une approche respectueuse de l'environnement qui permet de récupérer des polymères thermoplastiques de haute qualité, comparables aux matériaux vierges. Cette technique est capable de convertir les déchets plastiques en monomères presque purs, avec l'avantage de retirer les additifs indésirables des déchets plastiques. Cette méthode permet également de supprimer les substances ajoutées non intentionnellement (NIAS).

Il s'agit d'impuretés présentes dans le polymère et les additifs comme des traces de solvant, de catalyseurs ou des molécules n'ayant pas réagi complètement. Ces NIAS peuvent être aussi produites par des réactions entre les additifs lorsque ceux-ci sont mélangés à haute température, puis lorsque ce mélange est chauffé pour être mis en forme. **Le recyclage physique d'un matériau plastique via la technique de dissolution-précipitation permet de récupérer des polymères avec des propriétés compétitives similaires à celles des matériaux vierges.** Il permet d'isoler et de purifier la matrice polymérique des additifs et des contaminants indésirables et de réutiliser certains additifs. Certaines techniques permettent de « réparer » les chaînes de polymères et même d'y ajouter de nouvelles fonctionnalités, on parle alors du « upcycling », qui est une voie beaucoup plus prometteuse que le « downcycling ». Cette technique privilégie l'usage de solvants « verts » qui sont recyclés.

Des travaux antérieurs dans notre équipe ont démontré que la corrélation des données de la calorimétrie et des expériences FTIR permet d'identifier les étapes déterminantes thermodynamiques et cinétiques lors de la dissolution de poly(styrène-acrylonitrile) (SAN)¹. D'un point de vue thermodynamique, la dissolution du SAN est régie par la transition de l'état vitreux à caoutchoutique avant d'avoir la dissolution propre des chaînes. Nous avons montré que cette technique permet également d'optimiser le choix des solvants parmi les nombreuses possibilités et de sélectionner les solvants les plus efficaces et les plus respectueux de l'environnement.

Le recyclage des polymères thermodurcissables présente un énorme défi en raison de leurs structures réticulées inhérentes. En effet, leur structure tridimensionnelle empêche le processus de refonte typiquement employé pour les thermoplastiques de régénérer des matériaux similaires. Le réseau réticulé des thermodurcissables constitue un obstacle aux techniques de recyclage conventionnelles, en particulier le recyclage mécanique en raison de la dégradation des propriétés des matériaux recyclés, de la contamination par des additifs et autres impuretés, et de l'effet de « down cycling » fournissant des produits de moindre qualité. Par conséquent, le recyclage chimique offre une voie prometteuse pour surmonter ces défis. En dépolymérisant ces matériaux, le recyclage chimique permet de récupérer les monomères initiaux. Malgré l'intérêt croissant pour le recyclage chimique des thermodurcissables, il y a un manque de données disponibles concernant le processus impliqué dans ce recyclage. **La calorimétrie émerge comme une technique essentielle dans le domaine du recyclage chimique,** fournissant des informations sur la cinétique des réactions. Déjà bien implantée dans l'analyse thermique ou cinétique pour les systèmes chimiques et biologiques, la calorimétrie facilite la compréhension des échanges thermiques lors d'une réaction chimique. Elle peut également quantifier les changements en termes de taux de réaction, de détection des modifications chimiques (réaction redox, hydrolyse...) et de modification de l'état solide (changements de phase, polymorphisme). **La polyvalence de cette technique devrait donc améliorer la compréhension et l'efficacité des méthodes de recyclage.** Comprendre le lien entre structure chimique, propriétés physiques et cinétique des réactions accélère non seulement les délais de recyclage, mais fournit également des informations cruciales sur les aspects cinétiques de la solvolysse, ce qui contribuera à clarifier les mécanismes complexes impliqués dans le recyclage des polymères. Une nouvelle méthodologie pour suivre les réactions de solvolysse d'un thermodurcissable réticulé époxy/acide biosourcé en employant des techniques complémentaires (calorimétrie, FT-IR, mesures de perte de masse pour le gonflement et la solvolysse, microscopie optique) et des traitements de données pour obtenir une compréhension complète des mécanismes de solvolysse a été récemment proposée par notre équipe.² Ces données ont ensuite été traitées pour développer un outil de simulation efficace pour optimiser les conditions de recyclage chimique à basse température où la solvolysse est très lente.

¹ G. Melilli, S. Litwin, L. Vincent, **N. Sbirrazzuoli**, M. C.P. Roelands, J. C. van der Waal, R. Cuypers, N. Guigo. Monitoring in-situ dissolution of polystyrene-acrylonitrile (SAN) via calorimetry and spectroscopy. *Journal of Molecular Liquids*, 2024, 415, 126336.

² N. Lahfaïdh, N. Guigo, L. Vincent, **N. Sbirrazzuoli**. Exploring and understanding the recycling of a biobased epoxy thermoset via saponification. *ACS Sustainable Resource Management*, 2024, 1(8), 1834–1844.

Le recyclage des polymères est un défi majeur en raison des limitations technologiques actuelles et de l'élimination inadéquate des plastiques post-consommation. Ce projet se positionne dans le cadre général de la transition vers une économie circulaire et vise à améliorer les taux de recyclage des plastiques, en particulier pour les plastiques hautement formulés comme l'ABS. **Les objectifs sont d'optimiser les processus de recyclage physique et chimique pour récupérer des polymères de qualité supérieure, de réduire les contaminants et les additifs indésirables, et de développer une compréhension approfondie des mécanismes de dissolution/solvolyse.** L'état de l'art montre que, bien que des méthodes comme la dissolution/précipitation et la calorimétrie soient prometteuses, elles sont encore sous-explorées et nécessitent des innovations pour être pleinement efficaces.

Caractère exploratoire

Originalité des nouveaux concepts ou des problématiques abordés

Le projet aborde plusieurs problématiques originales, notamment :

- La faible proportion de plastique recyclé (< 9 %) malgré les volumes de production élevés.
- Les limitations technologiques actuelles qui empêchent le recyclage efficace des plastiques thermodurcissables.
- Le manque de données sur les mécanismes thermodynamiques et cinétiques dans le processus de dissolution/précipitation.
- En outre, le projet introduit le concept de modèle de fractionnement des polymères (PFM) basé sur les paramètres de solubilité de Hansen (HSP) pour identifier les solvants optimaux pour le recyclage des polymères.

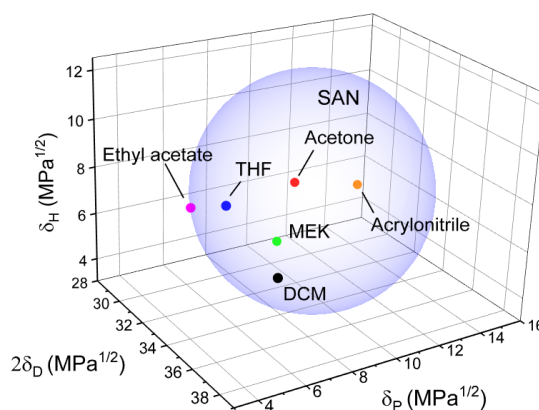


Figure 1. Sphère de solubilité Hansen pour SAN avec quelques bons et partiellement bons solvants.

- La modélisation de la cinétique de dissolution/solvolyse permet l'accès à des informations sur les mécanismes de ces processus physico-chimiques complexes (i.e. multi-étapes) et donc à une meilleure compréhension de phénomènes mis en jeu. Il est notamment important d'identifier les étapes cinétiquement limitantes de ces processus, schématisés sur la Figure ci-dessous (Figure 2).

Ainsi la dissolution des polymères fait intervenir plusieurs étapes qui sont le gonflement, la transition de l'état vitreux à l'état caoutchoutique, le désenchevêtrement des chaînes et enfin la diffusion des macromolécules de polymère dans le solvant. Nos études ont montré que l'étape de transition de l'état vitreux à l'état caoutchoutique est l'étape cinétiquement limitante pour des températures inférieures à la température de transition vitreuse du polymère, alors qu'au-dessus de cette température la dissolution est limitée par la diffusion et le désenchevêtrement des chaînes. La diffusion prédomine au début du processus tandis que la concomitance entre le désenchevêtrement et la diffusion des chaînes de polymère dans le solvant est le facteur limitant en fin de réaction.

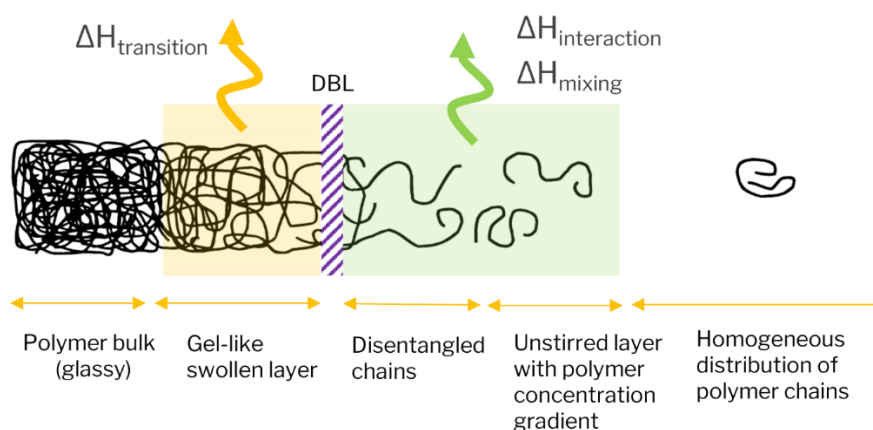


Figure 2. Mécanisme de dissolution des polymères à travers une couche limite de diffusion (DBL) et contributions enthalpiques dans le cas d'un polymère vitreux amorphe.

Originalité des stratégies proposées pour lever des verrous dans des domaines de recherche déjà établis

Les stratégies originales proposées incluent :

- Prédiction à l'aide des paramètres de Hansen ce qui évite de tester un grand nombre de solvants.
- Utilisation de la calorimétrie pour estimer les grandeurs thermodynamiques et cinétiques de la dissolution des thermoplastiques et des réactions de solvolysse des thermodurcissables, améliorant ainsi l'efficacité des méthodes de recyclage et permettant de mieux comprendre les mécanismes mis en jeu. Cette stratégie s'appuiera sur les compétences développées depuis de nombreuses années par le porteur de projet. L'équipe a été la première à publier l'application de cette technique couplée à l'analyse cinétique dans le domaine du recyclage^{3,4} et il existe très peu d'études utilisant les données de calorimétrie.
- Développement d'un outil de simulation basé sur des données expérimentales pour optimiser les conditions de recyclage, avec notamment l'analyse cinétique isoconversionnelle dont le porteur de projet est un leader du domaine mondialement reconnu (voir liste de publications).
- Utilisation de techniques complémentaires comme la microscopie optique, l'infrarouge (FTIR) et la RMN pour suivre et caractériser les processus de recyclage.

³ G. Melilli, S. Litwin, L. Vincent, **N. Sbirrazzuoli**, M. C.P. Roelands, J. C. van der Waal, R. Cuypers, N. Guigo. Monitoring in-situ dissolution of polystyrene-acrylonitrile (SAN) via calorimetry and spectroscopy. *Journal of Molecular Liquids*, 2024, 415, 126336.

⁴ N. Lahfaïdh, N. Guigo, L. Vincent, **N. Sbirrazzuoli**. Exploring and understanding the recycling of a biobased epoxy thermoset via saponification. *ACS Sustainable Resource Management*, 2024, 1(8), 1834–1844.

- En complément à ces études, l'équipe souhaite optimiser les processus de recyclage aux moyens d'outils issus de l'intelligence artificielle (IA), comme les Réseaux de Neurones Artificiels à apprentissage supervisé (ANNs). En effet, le porteur du projet a été formé à ces outils dans les années 90, et il est à l'origine des 2 premières publications scientifiques portant sur l'application des Réseaux de Neurones Artificiels au traitement de données de calorimétrie et d'analyse thermique.^{5,6} Ces outils s'avèrent très efficaces pour traiter et analyser un grand nombre de données accessibles grâce aux moyens informatiques actuels (ce qui n'était pas le cas dans les années 90). Cependant, ces outils ne permettront pas d'obtenir de nouvelles informations sur les mécanismes de la dissolution, c'est pourquoi cet aspect sera étudié grâce à l'analyse cinétique isoconversionnelle en complément des techniques FTIR, RMN et de rhéométrie.

Ces stratégies visent à lever les verrous actuels en proposant des approches intégrées et innovantes pour le recyclage des polymères, contribuant ainsi à la durabilité environnementale et à l'économie circulaire.

Perspectives en cas de succès

Développer des nouvelles voies originales de recyclage des polymères thermoplastiques et thermodurcissables ainsi que de leurs composites, plus efficaces et plus bénéfiques d'un point de vue environnemental. La problématique du recyclage est un sujet qui figure dans la plupart des appels à projets Européens ou ANR. La consolidation de l'expertise de l'équipe dans ce domaine avec des techniques originales et peu répandues sera un atout considérable pour intégrer de nouveaux projets Européens.

Précisez la nature de la contribution et les retombées attendues :

1. **Précisez la contribution du projet avec le Plan Climat « Gardons une COP d'avance »** (en précisant le lien avec les mesures inscrites dans les axes suivants : Air, Mer, Terre, Energie, Déchets, Chez vous, au quotidien) *,

Ce projet vise à développer de nouvelles méthodes de recyclage des matières plastiques et de leurs **déchets** qui seront applicables aux plastiques existants, mais aussi aux nouveaux polymères biosourcés qui seront commercialisés dans le futur. En effet, l'équipe porteuse du projet travaille depuis plus de 20 ans sur la thématique des Matériaux et Polymères Eco-compatibles et a participé à de nombreux projets (Européens, ANR, Régionaux) sur la synthèse et la caractérisation de polymères biosourcés éco-compatibles issus de la valorisation de la biomasse végétale et des co-produits de l'industrie. Les polymères concernés n'entrent pas en compétition avec l'alimentation, car ils sont issus de la biomasse lignocellulosique, c'est-à-dire de **déchets** comme les écorces par exemple. Ces déchets sont donc valorisés et transformés en matière à plus haute valeur ajoutée, évitant ainsi de les brûler (dont la combustion produit du CO₂) et d'avoir à payer pour les éliminer (ce qui rend le procédé industriel plus compétitif). Il faut également préciser que l'utilisation de polymères biosourcés conduit à une **diminution des gaz à effets de serre** et que la valorisation des co-produits de l'industrie contribue à améliorer la **compétitivité des entreprises**. Il s'agit donc d'un projet innovant qui contribuera à la compétitivité du territoire par la formation et la recherche, puisque l'équipement demandé bénéficiera à la formation des doctorants de l'équipe MAPEC et des partenaires du projet. Il s'agit d'une recherche d'excellence, visible à l'échelle locale, nationale et internationale. Le projet répond donc également aux enjeux de compétitivité des entreprises et de croissance durable du territoire.

⁵ N. Sbirrazzuoli, D. Brunel. Computational neural networks for mapping calorimetric data: application of feed-forward neural networks to kinetic parameters determination and signal filtering. *Neural Comput. & Applic.*, 1997, 5, 20-32.

⁶ N. Sbirrazzuoli, D. Brunel, L. Élégant. Neural networks for kinetic parameters determination, signal filtering and deconvolution in thermal analysis (invited paper). *J. Therm. Anal. Calorim.*, 1997, 49(3), 1553-1564.

2. Précisez la contribution du projet au développement de l'intelligence artificielle

L'équipe souhaite relancer cette thématique initiée dans les années 90 par le porteur de projet qui a publié les premiers travaux sur l'application des Réseaux de Neurones à Apprentissage Supervisé (ANNs) à la calorimétrie et l'analyse thermique.^{7,8} Cette thématique ayant été abandonnée du fait de l'impossibilité de trouver des financements à cette époque sur ces sujets jugés « trop académiques ». Ainsi, les doctorants du Laboratoire d'accueils pourront être formés (ou sensibilisés) à l'utilisation de ces outils, ce qui constituera un plus pour leur insertion professionnelle et la compétitivité du territoire.

3. Précisez la contribution du projet au plan Sud Ingénieurs

L'expertise développée dans l'équipe est reconnue au niveau international. Le porteur de projet a initié, dès les années 90, des enseignements appliqués sur les Polymères, l'Analyse Thermique et la Rhéologie dans le cadre des formations professionnelles ICPAC et FoQual. Ces enseignements n'existaient pas à l'Université de Nice. Ils sont le fruit de nombreuses années de recherche dans ces domaines, mais aussi des expertises menées par l'équipe auprès d'industriels Régionaux, Nationaux et Internationaux. Le porteur de projet est aujourd'hui régulièrement sollicité pour donner des cours à des étudiants venant de différents pays lors d'écoles d'été. Ainsi, les élèves ingénieurs de la Région pourraient bénéficier de ces enseignements, si des écoles d'ingénieurs étaient créées dans la Région.

*Pour de plus amples informations sur le Plan Climat régional, [Plan Climat : gardons une Cop d'avance - Ma Région Sud \(maregionsud.fr\)](http://PlanClimat.gardonsuneCopdavance-MaRegionSud(maregionsud.fr))

Moyens d'équipement demandés

NB : seuls sont éligibles à cet appel à projet les nouveaux équipements nécessaires à la réalisation du projet, préciser la localisation et fournir les devis correspondants). Les dépenses de fonctionnement ne sont pas éligibles

L'équipe MAPEC possède une reconnaissance au plan international dans le domaine de la synthèse et de la caractérisation de polymères biosourcés et de la valorisation des co-produits de l'industrie. Elle dispose d'une plateforme d'analyse thermique, mécanique et de rhéologie unique en France et souhaite compléter ces équipements par l'achat d'un calorimètre Calvet pour **développer un nouvel axe de recherche sur la thématique du recyclage des matières plastiques et former ses doctorants sur cette thématique en plein essor.**

Descriptif de l'appareil demandé

CALORIMETRE CALVET + 2 CELLULES STD + Logiciel CALISTO

Calorimètre de mélange et de réaction CALVET comprenant : Le bloc calorimétrique avec gamme de température : ambiante - 300°C et programmation en température : 0.01 à 2°C/min ou mode isotherme. Le capteur calorimétrique à fluxmètres "3-D", résolution 0.1 µW. Deux cellules standard (diamètre 17 mm), pression normale en inox (S60/1413). Le contrôleur CS Evolution à microprocesseur 32 bits, convertisseur A/N 24 bits et connexion Ethernet CALISTO, logiciel d'analyse thermique fonctionnant sous WINDOWS et permettant le pilotage de l'appareil, l'acquisition et le traitement des données. Ce type d'appareil et les applications visées ne sont pas présent dans notre Région. La gestion de cet équipement sera assurée par le Dr Luc Vincent (équipe MAPEC).

⁷ N. Sbirrazzuoli, D. Brunel. Computational neural networks for mapping calorimetric data: application of feed-forward neural networks to kinetic parameters determination and signal filtering. *Neural Comput. & Applic.*, 1997, 5, 20-32.

⁸ N. Sbirrazzuoli, D. Brunel, L. Éléant. Neural networks for kinetic parameters determination, signal filtering and deconvolution in thermal analysis (invited paper). *J. Therm. Anal. Calorim.*, 1997, 49(3), 1553-1564.

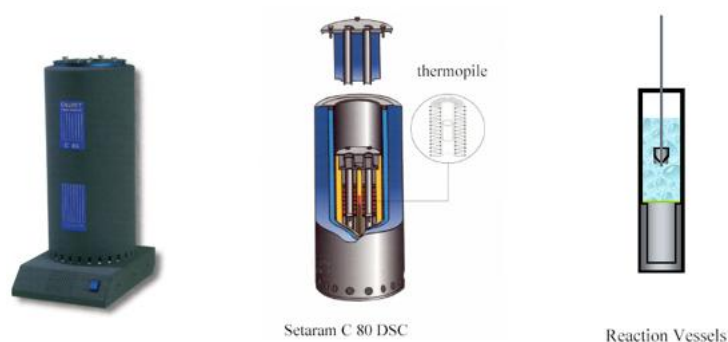


Figure 3. Calorimètre Calvet.

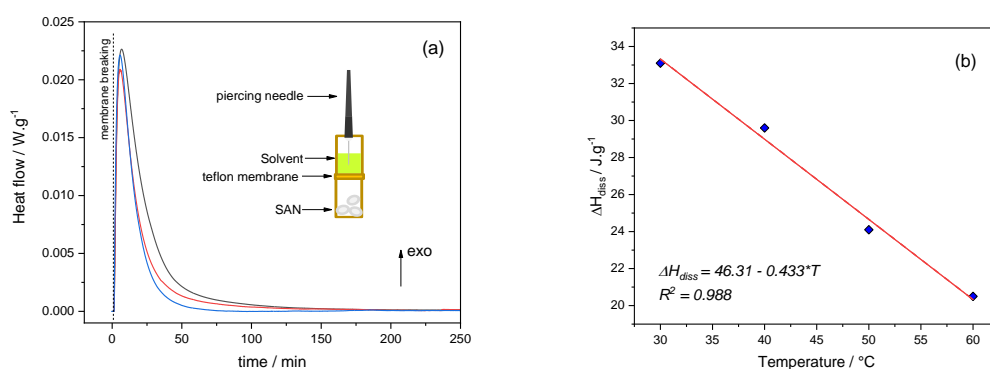


Figure 4. (a) Thermogrammes de dissolution du SAN à différentes températures : courbe noire ($T=30^{\circ}\text{C}$), courbe rouge ($T=50^{\circ}\text{C}$) et courbe bleue ($T=60^{\circ}\text{C}$). Encart : schéma de la cellule C80 ; Enthalpie de dissolution ΔH_{diss} en fonction de la température (losange bleu) et ajustement linéaire (ligne rouge en pointillés).

Actions de diffusion scientifique grand public envisagées (détail des actions, type de public visé, collaborations éventuelles avec des partenaires...)

Les doctorants de l'équipe participent régulièrement à la Fête de la science et aux « Pint of Science » à Nice. De plus, les résultats obtenus pourront être présentés lors des actions de vulgarisation prévues dans les projets Européens SUSPENS et ABSolEU. Plusieurs actions de vulgarisation grand public ont déjà été organisées dans le projet ABSolEU, dont une à Nice en Janvier 2023, et d'autres sont prévues dans ce projet. Le projet donnera également lieu à des communications orales dans des congrès internationaux et à des publications dans des revues scientifiques à comité de lecture. Les résultats seront communiqués sur les réseaux LinkedIn et FaceBook. L'équipe porteuse du projet a bénéficiée de 5 doctorants financés sur des contrats Région-Entreprise avec plusieurs PME de la Région. Il s'agit de Camille Alzina, société Sicomin, Martigues, soutenue le 10/07/2009, Jean-Mathieu Pin ; société Sicomin, Martigues Projet APO BIOECOMAT, soutenue le 15/06/2015 ; Guillaume Falco, Bourse Région-Entreprise, Projet Région ECOMOBIL société Sicomin, Martigues, soutenue le 21/12/2016 ; Charlotte Menager, Projet Région IsoLiège, société Lièges-Mélior, soutenue le 17/12/2019 ; Lucie Quinquet, Projet Région SUBERMAT, soutenue le 12/12/2024. Ces doctorants ont publié des articles dans des revues à comité de lecture, présentés leurs travaux dans des congrès et participés à des actions de vulgarisation (Fête de la science et « Pint of Science ») et trouvés un emploi à la hauteur de leur niveau de qualification (exceptée L. Quinquet qui vient juste de passer sa thèse).

Publications du porteur de projet : N. Sbirrazzuoli (voir CV à la fin du document)

N'indiquez que les 5 dernières publications en lien avec le projet (parues dans des revues internationales à comité de lecture) et les éventuels brevets déposés dans les 5 dernières années.

Les doctorants et post-doctorants sont mentionnés en bleu et soulignés

M. Jamali Moghadam Siahkali, N. Guigo, L. Vincent, **N. Sbirrazzuoli***

Catalytic effect of eutectic hardeners to polymerize epoxidized vegetable oil for synthesis of fully biobased thermosets at low temperatures.

Macromolecules, **2025**, 58, 1, 601–615.

G. Melilli, S. Litwin, L. Vincent, **N. Sbirrazzuoli**, M. C.P. Roelands, J. C. van der Waal, R. Cuypers, N. Guigo*.

Monitoring in-situ dissolution of polystyrene-acrylonitrile (SAN) via calorimetry and spectroscopy.

Journal of Molecular Liquids, **2024**, 415, 126336.

N. Lahfaïdh, N. Guigo, L. Vincent, **N. Sbirrazzuoli***

Exploring and understanding the recycling of a biobased epoxy thermoset via saponification.

ACS Sustainable Resource Management, **2024**, 1(8), 1834–1844.

N. Sbirrazzuoli*

Advanced isoconversional kinetic analysis: insight in mechanisms and simulations. Successes and future. *Thermochim. Acta*, **2024**, 733, 179688. Publication sur invitation de l'éditeur pour l'édition spéciale "Modern Isoconversional kinetics. Developments and Applications ».

J. Tellers, P. Willems, B. Tjeerdsma, N. Guigo, **N. Sbirrazzuoli***

Eutectic Hardener from food-based chemicals to obtain fully bio-based and durable Thermosets.

Green Chem., **2020**, 22, 3104-3110 (Back cover).

Brevet Européen, BR130234/RIM/EVG, EP22306657.2, SATT Sud-Est, Université Côte d'Azur, Crosslinked polymers and their uses. Inventors : GUIGO, Nathanaël ; MEHIRI, Mohamed ; MELILLI, Giuseppe ; ROUSSELLE, Patricia ; **SBIRRAZZUOLI, Nicolas**.

Montage du projet (2 pages maximum)

Equipes participant au projet (intitulé, laboratoire et organisme de rattachement, responsables concernés, coordonnées tel et mail)

Prof. Dr. Nicolas SBIRRAZZUOLI
Institut de Chimie de Nice, ICN UMR CNRS 7272
Equipe Matériaux & Polymères Eco-compatibles (MAPEC)
Nicolas.SBIRRAZZUOLI@univ-cotedazur.fr
33 4 89 15 01 27

Dr. Nathanael GUIGO
Institut de Chimie de Nice, ICN UMR CNRS 7272
Equipe Matériaux & Polymères Eco-compatibles (MAPEC)
Nathanael.GUIGO@univ-cotedazur.fr

Dr. Luc VINCENT
Institut de Chimie de Nice, ICN UMR CNRS 7272
Equipe Matériaux & Polymères Eco-compatibles (MAPEC)
Luc.VINCENT@univ-cotedazur.fr

Dr. Valentin LAUNAY
Responsable R&D Chimie
Société 2MS
460 avenue de la Quiera, Lot 119a voie K, 06370 Mouans-Sartoux
Mobile: +33 (0)7.66.28.35.23
Office: +33 (0)9.72.01.82.82
Email: vl@horus3d.com

Apports respectifs des équipes (du point de vue scientifique, technologique)

La société 2M2 vient d'obtenir un financement CIFRE pour une thèse de doctorat sur le sujet « *Optimisation du processus de post-traitement des résines photopolymérisables imprimées en 3D DLP* » en collaboration entre l'équipe MAPEC. Cette thèse devrait débuter en Juin 2025 (étudiant L. Brabech). Le porteur industriel voudrait renforcer son engagement envers la transition écologique et énergétique par ce projet de recyclage ambitieux. L'objectif de ce projet est de développer le recyclage des résines d'impression 3D DLP acryliques et polyuréthanes par solvolysse ou par dissolution/précipitation, qu'elles soient thermoplastiques, élastomériques ou thermodurcissables. Il faut ainsi trouver un solvant adapté à la dépolymérisation des plastiques ainsi que les paramètres de recyclage tels que l'utilisation ou non d'une atmosphère inerte, d'un rayonnement électromagnétique, la température de recyclage ou encore la durée de celui-ci. Bien que les études sur le recyclage chimique se soient accentuées depuis le début du XXI^e siècle, il est aujourd'hui encore très loin d'être arrivé à maturité et ne représente qu'une part infime du recyclage plastique (environ 1%) à cause de la difficulté ainsi que les coûts très onéreux de leur développement. De plus, il concerne majoritairement les matériaux thermoplastiques. De nombreux travaux ont été menés sur le recyclage mécanique. Il s'agit de la méthode la plus simple à mettre en œuvre car les plastiques sont séparés totalement ou partiellement puis broyés et mélangés pour refaire d'autres matériaux.

Cependant, cette technique ne permet pas de séparer les additifs et les polymères dégradés par les opérations de recyclage (diminution de la masse molaire). Il est donc très difficile de revenir aux propriétés initiales du polymère et on parlera de « downcycling ». Cette technique est néanmoins utile lorsqu'on a affaire à des mélanges de polymères très hétérogènes. Pour pallier ces inconvénients, d'autres solutions existent comme le recyclage par dissolution ou le recyclage par solvolysse. Le recyclage par dissolution est bien adapté au recyclage des thermoplastiques et des élastomères. Il consiste à dissoudre les polymères dans un solvant (« vert » si possible), puis à séparer les chaînes de polymères des additifs et des chaînes dégradées par précipitation pour revenir au polymère initial possédant des propriétés similaires au polymère vierge. Le recyclage par solvolysse est utilisé pour les thermosetables. Dans ce cas, un traitement chimique acide ou basique associé à un solvant approprié (eau, éthanol) est appliqué pour revenir au polymère initial. Ces deux méthodes de recyclage seront appliquées aux polymères développés par la société 2MS. Pour mener à bien ce projet, la société 2MS s'appuiera sur l'expertise de l'équipe Matériaux & Polymères Eco-Compatibles (MAPEC) de l'Institut de Chimie de Nice (ICN). L'équipe a en effet développé une approche innovante dans ce domaine et mis au point des procédés originaux (dont la calorimétrie) de suivi du recyclage par solvolysse et par dissolution des polymères dans un solvant original aux cours de plusieurs projets nationaux et européens. Ainsi, ces méthodes basées sur des mesures de calorimétrie de réaction, d'un suivi Infra-Rouge (real-time FTIR en température), de mesures de rhéologie et de DMA (Dynamic Mechanical Analysis) seront appliquées au recyclage des polymères utilisés par la société 2MS. **L'utilisation de ces techniques peu répandues dans ce domaine, associée à une sélection des meilleurs solvants facilitée par une modélisation à l'aide du calcul des paramètres de solubilité selon l'approche de Hansen, et la possibilité de modéliser les processus chimiques afin de prévoir les temps de réactions à des températures difficilement accessibles, constituent l'originalité de l'approche proposée dans le projet RRI3D.**

Autres équipes ou Laboratoires intéressés par cet équipement

1/ Institut de Physique de Nice (INPHYNI)

Equipe Magnétorhéologie et nanomatériaux dirigée par Pavel Kuzir
Pavel.KUZHIR@univ-cotedazur.fr

Utilité de l'appareil :

Mesurer des chaleurs d'adsorption entre un solvant et des particules poreuses. Déterminer les tailles de pores.

2/ Institut de Chimie de Nice, ICN UMR CNRS 7272

a/ Equipe Diversité Moléculaire, Métabolomique & Synthèse (D2MS)

Thématique Conception de molécules, synthèse et applications thérapeutiques dirigée par Rachid Benhida
Rachid.BENHIDA@univ-cotedazur.fr

Utilité de l'appareil :

Mesurer des interactions protéines – ligand pour l'aide à la conception de molécules thérapeutiques.

b/ Equipe Simulations, Arômes, Parfums, Cosmétiques, Evolution (SPACE)

Nicolas PAPAICONOMOU

Nicolas.PAPAICONOMOU@univ-cotedazur.fr

Utilité de l'appareil :

Appliquer des approches thermodynamiques afin de modéliser l'extraction de composés naturels à partir de matières premières végétales à l'aide de liquides ioniques. L'objectif étant de décrire et d'optimiser l'extraction expérimentale de composés ciblés à l'aide de solvants durables.

Planning détaillé étapes clés-et résultats attendus à chaque étape, indiquer les dates prévues d'acquisition des matériels.

***NB :** Le règlement financier du Conseil Régional exige que les subventions soient justifiées dans un **délai de 2 ans** à compter de la date de la délibération du Conseil régional autorisant leur attribution, cependant une dérogation sera mise en place permettant que la durée des projets soit fixée à 36 mois à compter de la date de vote de la subvention. Les justificatifs devront être fournis dans un délai maximum de 6 mois après ce délai. Si ce délai n'est pas respecté, la part de subvention restant à verser sera annulée.*

L'équipement pourra être commandé dès l'obtention d'un avis favorable de la Région étant donné que l'équipe porteuse du projet a déjà acquis le financement complémentaire. Si la Région communique sa réponse en Juin 2025, l'appareil pourra être commandé dès Septembre 2025. Une partie du financement pourra être amortie dans le nouveau projet Européen SUSPENSE qui va démarrer en Septembre 2025, **projet pour lequel l'acquisition de cet appareil serait très importante.**

Financement du projet :

- La Région ne peut financer plus de 60% des dépenses éligibles. Son intervention est plafonnée à 80 000 €.
- Les cofinancements doivent impérativement être acquis dans l'année.
- Le régime de TVA appliqué par la tutelle doit être précisé : montants **HT ou TTC**

PLAN DE FINANCEMENT - INVESTISSEMENT

- Ne concerne que les dépenses engagées et justifiées par la tutelle bénéficiaire de la subvention.

PROJET (ACRONYME) : **TRI  CYCLE**

BÉNÉFICIAIRE (renseigner impérativement) : **Institut de Chimie de Nice, ICN UMR CNRS 7272**

| DÉPENSES | | | RECETTES | | |
|--|----------------|-----------------|--|---|--|
| DÉTAIL | MONTANT (€) | HT ou TTC | ORIGINE | MONTANT (€) | A (acquis) ou S (sollicité) (*) |
| <u>INVESTISSEMENT :</u> (Détaillez impérativement) CALORIMETRE CALVET + 2 CELLULES STD + Logiciel CALISTO | 111 541,50 | HT | Ressources propres du laboratoire Autres : projet Européen SUSPENSE qui démarré en septembre 2025 Région Provence- Alpes-Côte d'Azur (Objet de la présente demande) | 10 000,00 34 616,60 66 924,90 | A A S |
| TOTAL DÉPENSES (**) | 111 541,50 | HT | TOTAL RECETTES (**) | 111 541,50 | |

(*) Financements sollicités : indiquer la date prévue pour la réponse

(**) Le total des recettes doit être égal au total des dépenses

Nota : les dépenses engagées et justifiées par la tutelle bénéficiaire de la subvention devront être conformes aux dépenses inscrites dans le plan de financement ci-dessus.



Nice, le 07/02/2025

Pr. Uwe MEIERHENRICH
Directeur
Institut de Chimie de Nice
ICN UMR 7272
28, Avenue Valrose
06108 Nice

Objet : Avis scientifique motivé de projet déposé au titre du volet « exploratoire » de l'appel à projets Recherche 2025 du Conseil Régional de Provence Alpes Côte d'Azur et classement de projet

Je soussigné, Uwe MEIERHENRICH, directeur du laboratoire Institut de Chimie de Nice (ICN UMR 7272), propose le projet listé ci-après par voie UCA, au titre du volet « Exploratoire » de l'appel à projets Recherche, suivant l'ordre de classement établi par le laboratoire, classement en position 1 sur 2.

1) Intitulé du projet : Recyclage des plastiques par dissolution et solvolysé TRICYCLE

Pr. Nicolas Sbirrazzuoli

Avis scientifique motivé : Dans le contexte du changement climatique, notamment en ce qui concerne la limitation des émissions de CO₂ et le recyclage des plastiques, le projet TRICYCLE a pour objectif de contribuer à un véritable processus de recyclage. Selon le projet TRICYCLE, les polymères plastiques utilisés seront dissous dans un solvant approprié et précipités dans un autre solvant. Le couple de solvants doit être établi et caractérisé, y compris le processus de dissolution. Pour cette dissolution, un calorimètre est nécessaire, dont le financement est demandé dans cette application. Nous soutenons cet objectif de l'économie circulaire qui est réaliste et qui peut être développé grâce aux compétences du Pr. Sbirrazzuoli et de son équipe. A l'Institut de Chimie de Nice, nous avons les compétences scientifiques pour développer ce projet avec grand succès. Le projet TRICYCLE a été présenté oralement au Conseil Scientifique de l'ICN le 7 février 2025. Le conseil a apprécié la très haute qualité scientifique du projet ainsi que son importance dans la recherche pour l'environnement. L'autofinancement est confirmé. En raison de la haute qualité scientifique et ses applications immédiates, le projet a été classé à la position 1 sur 2. Mon avis est extrêmement favorable. Je confirme explicitement que l'institut dispose d'un financement interne suffisant pour soutenir ce projet.

Bien cordialement,



Pr. Uwe Meierhenrich



Curriculum Vitae

Prof. Dr. Nicolas SBIRRAZZUOLI

Professeur des Universités de Classe Exceptionnelle

Responsable Équipe Matériaux et Polymères Eco-Compatibles (MAPEC)

Institut de Chimie de Nice (ICN) – UMR CNRS 7272

Université Côte d'Azur (UCA)

28 avenue Valrose, 06108 Nice Cedex 2, FRANCE

Tél. : 33 (0)4 89 15 01 27

e-mail : Nicolas.SBIRRAZZUOLI@univ-cotedazur.fr

ORCID : 0000-0002-6031-5448



Mots-Clé : Polymères et composites biosourcés, mécanismes de polymérisation et de cristallisation, analyse thermique, analyse cinétique avancée, optimisation des procédés, recyclage.

Nicolas Sbirrazzuoli est largement reconnu pour ses contributions dans le domaine des polymères biosourcés et de la valorisation de la biomasse. Ancien Directeur du Laboratoire de Thermodynamique Expérimentale et de la Structure Fédérative de Recherche de Chimie de Nice, il est également co-président du comité de cinétique de l'ICTAC depuis 2021. Il a initié, dès les années 2000, la thématique des polymères biosourcés issus de la biomasse n'entrant pas en compétition avec l'alimentation, et créé l'équipe Matériaux & Polymères Éco-Compatibles. **Ses recherches, soutenues par divers projets européens, visent le développement de polymères et composites éco-compatibles, de procédés durables et d'alternatives à la pétrochimie.** Ses travaux actuels portent sur la création de résines et composites 100% biosourcés aux performances thermiques et mécaniques élevées, ainsi que sur de nouvelles méthodes de recyclage de ces matériaux. Il a élaboré des méthodes de calcul reconnues, dont l'une a été intégrée dans un logiciel commercial permettant de résoudre des problèmes industriels cruciaux dans des secteurs variés comme l'aéronautique, l'automobile, le nautisme, le pharmaceutique et le bâtiment. Cette transition vers des matériaux et procédés durables représente un enjeu sociétal majeur : réduction des gaz à effet de serre et de la pollution par les « plastiques », création d'emplois non délocalisables et amélioration de la compétitivité des entreprises. Ces recherches mariant aspects fondamentaux et applications industrielles, ont reçu de nombreuses citations, le plaçant parmi les chercheurs les plus influents selon les classements de l'Université de Stanford (top 7% de cette liste) et AD Ranking (AD World Highly Cited Researchers Citation Rankings, Classé Top 3 % dans le AD Ranking et 9^{ème} pour l'Université Côte d'Azur). Il est auteur de 160 publications dans des revues internationales à comité de lecture, 3 chapitres de livre, 13 proceedings, 33 conférences invitées dans des congrès internationaux, 131 communications orales dans des congrès nationaux ou internationaux, 8 articles de vulgarisation, 25 séminaires invités par des industriels ou des centres de recherche, 3 cours de formation pour des industriels, 8 écoles d'été ou « training schools », 53 communications par affiche. Il a dirigé ou co-dirigé 23 thèses, 30 Master 2.

Bibliométrie Google Scholar : 18 634 citations, *h*-index = 58, *i*10 = 138 (le 29/01/2025).



+ 33 (0)9.72.01.82.82

www.2ms-france.fr

460 Av de la Quiéra, Voie K, Lot 119a, Mouans-Sartoux 06370

L'innovation technologique accessible à tous

Dr. Valentin Launay
Responsable R&D Chimie
460 avenue de la Quiéra, lot. 119A, voie K
06370 Mouans-Sartoux
vl@horus3d.com
+33 7 66 28 35 23

Objet : Achat d'un nouvel appareil

Madame, Monsieur,

L'équipe MAPEC de l'ICN nous a fait part de leur intention d'acheter un calorimètre Calvet ainsi que deux cellules standard en acier inoxydable pour des mesures à pression normale et le logiciel CALISTO permettant le pilotage, l'acquisition et le traitement des données.

Les calorimètres Calvet sont réputés pour leur haute précision et leur sensibilité. Contrairement aux calorimètres DSC classiques à flux de chaleur, les calorimètres Calvet utilisent une technologie à détection 3D où des thermocouples entourent complètement l'échantillon. Cela permet une mesure plus précise des échanges thermiques, quelle que soit la nature de l'échantillon. De tels équipements semblent primordiaux pour perfectionner la recherche française.

En tant qu'industriel, nous sommes évidemment très intéressés par l'acquisition de cet appareil qui sera sans nul doute utile dans le cadre de la thèse CIFRE que nous avons mis en place avec l'équipe MAPEC.

Ainsi, c'est sans aucune réserve que je vous recommande le financement de cet appareil que l'équipe MAPEC saura mettre à profit dans ses nombreux projets.

Je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, mes sincères salutations.



KEP Technologies EMEA
28, avenue Barthélémy Thimonnier
69300 Caluire - France

Tél. +33 (0)4 72 10 25 25

www.kep-technologies.com

Page 1/2

Proposition Commerciale :

QUO-12421-J1T4L2

Version : 0

Offre concernant la marque :



Date : 20/01/2025

Votre référence :

Votre compte : C001284

Devise : EUR

Vos contacts :

Ingénieur : Derek Black

Commercial : derek.black@kep-technologies.com

Tel : 0674976934

Assistante : Sandrine Celdran

Commerciale : sandrine.celdran@kep-technologies.com

Tel : 0761793216

Attn : Professor Nicolas SBIRRAZZUOLI
Nicolas.Sbirrazzuoli@univ-cotedazur.fr

Institut de Chimie de Nice (ICN) – Univ. Côte d'Azur (UCA)
- UMR 7272 CNRS
Parc Valrose
28 avenue Valrose
06108 Nice Cedex 2
FRANCE

Cette offre est valide jusqu'au 30/04/2025

CONDITIONS GENERALES DE VENTE :

En acceptant cette offre, le client prend connaissance de nos conditions générales de ventes et les accepte dans leur intégralité :
<https://www.kep-technologies.fr/conditions-generales-de-vente/>

CALVET (Offre budgétaire)

| Ligne | Réf Article Type | Description | Qté | Prix Unit. | Prix Ligne |
|---|------------------------|---|-----|------------|------------|
| CALVET | | | | | |
| 1 | 56058627 Instrument | CALORIMETRE CALVET+ 2 CELLULES STD + CALISTO Calorimètre de mélange et de réaction CALVET comprenant: Le bloc calorimétrique avec gamme de température: ambiante - 300°C et programmation en température: 0.01 à 2°C/min ou mode isotherme Le capteur calorimétrique à fluxmètres "3-D", résolution 0.1 µW Deux cellules standard (diamètre 17 mm), pression normale en inox (S60/1413) Le contrôleur CS Evolution à microprocesseur 32 bits, convertisseur A/N 24 bits et connexion Ethernet CALISTO, logiciel d'analyse thermique fonctionnant sous WINDOWS et permettant le pilotage de l'appareil, l'acquisition et le traitement des données. Notices d'utilisation sur clé USB | 1 | 107 686,50 | 107 686,50 |
| Installation / Formation - 2 jours | | | | | |

KEP Technologies EMEA
SASU au capital de 17 500 000 € - RCS 440 523 926 - N° SIRET 440 523 926 00069
N° TVA FR43440523926 - Code APE 4652Z





KEP Technologies EMEA
28, avenue Barthélémy Thimonnier
69300 Caluire - France

Tél. +33 (0)4 72 10 25 25

www.kep-technologies.com

Page 2/2

| Ligne | Réf Article Type | Description | Qté | Prix Unit. | Prix Ligne |
|------------------|-----------------------------------|---|-----|------------|------------|
| 2 | U040-INSTALL Technical Support | Installation pour - Calvet Installation standard avec formation de base à l'utilisation de l'appareil et de son logiciel. Modules optionnels et accessoires additionnels non compris dans la formation. Jour(s) inclus d'installation - 2 | 1 | 2 800,00 | 2 800,00 |
| 3 | TRAVEL-ZONE-B-2 Travel | Frais de déplacement - KEP ZONE-B - 2 jours Frais de déplacement - KEP ZONE-B - 2 jours | 1 | 855,00 | 855,00 |
| Transport | | | | | |
| 4 | TRANSPORT-Setaram Transport | Expédition des produits de la marque Setaram Expédition des produits de la marque Setaram | 1 | 200,00 | 200,00 |

| | | |
|--|------------------------|-------------------|
| <p>Commentaires</p> <p>Merci d'adresser votre bon de commande à : emea-assistants@kep-technologies.com et sandrine.celdran@kep-technologies.com KEP TECHNOLOGIES EMEA – 28 avenue Barthélémy Thimonnier – 69300 CALUIRE – SIRET 44052392600069 Votre SIRET est indispensable à l'enregistrement de votre commande.</p> <p>CONDITIONS DE VENTE : =====</p> <p>- CES MONTANTS S'ENTENDENT EN EUROS, TOUTES TAXES COMPRISES, POUR MATERIEL EMBALLÉ, DAP NICE.</p> <p>- Matériel livré, installé et mis en route par un spécialiste KEP EMEA-SETARAM.</p> <p>- GARANTIE : 1 an, pièces et main d'œuvre, en nos ateliers, à partir de la date d'installation du matériel.</p> <p>- VALIDITE DE L'OFFRE : 30.04.2025.</p> <p>- DELAI DE LIVRAISON : 2.5 mois à réception de commande (Hors fermeture Août et semaines 51&52) - Délai sous réserve de pénuries de matières premières - à confirmer à la commande.</p> <p>- TERMES & MODES DE PAIEMENT 40% d'acompte à la commande par transfert bancaire. 50% à la livraison à 30 jours date de facture par transfert bancaire. 10 % à l'installation à 30 jours date de facture par transfert bancaire.</p> <p>Acheter en ligne: https://shop.kep-technologies.com/collections/setaram</p> <p>Pour joindre le Support Technique : Hotline au +33 (0)4 72 10 25 20 Support Technique : https://setaramsolutions.com/fr/support-technique Support Applicatif : https://setaramsolutions.com/fr/support-applicatif</p> | TOTAL | 111 541,50 |
| | TOTAL HT | 111 541,50 |
| | TOTAL TVA | 22 308,30 |
| | TOTAL NET (EUR) | 133 849,80 |
| | | |

CRITÈRES DE SÉLECTION DE L'APPEL À PROJETS 2025

VOLET EXPLORATOIRE

- **Qualité scientifique :**
 - Clarté du concept et des objectifs du projet,
 - Originalité des concepts, problématiques et/ou nature des verrous majeurs à lever,
 - Enjeux scientifiques, faisabilité et adéquation du programme de travail.
- **Qualité de la mise en œuvre**
 - Qualité de la mise en œuvre : qualité et expérience du porteur de projet,
 - Justification et qualité d'une éventuelle collaboration, adéquation et justification des moyens à mettre en œuvre.
- **Retombées attendues :**
 - Avancées scientifiques, diffusion des résultats, poursuite du projet ou nouveaux projets qui en découlent,
 - Contribution aux filières stratégiques et aux technologies génériques clés du Schéma Régional de Développement Economique, d'Innovation et d'Internationalisation,
 - Dépôt de brevet envisagé,
 - **Contribution à la réalisation du Plan Climat régional,**
 - **Contribution au renforcement de la recherche en matière d'intelligence artificielle,**
 - **Contribution à la réalisation du Plan Sud Ingénieurs.**

ANNEXE 1

| | DOCUMENTS A FOURNIR IMPÉRATIVEMENT le <u>10 mars 2025</u> pour CHAQUE DOSSIER <u>VOLET EXPLORATOIRE</u> | |
|----------|--|--|
| 1 | Le dossier de candidature en ligne, ses pièces administratives exigées et le présent formulaire | |
| 2 | La délibération de l'organe délibérant décidant de la réalisation du projet, prévoyant son financement et sollicitant l'aide régionale | |
| 3 | Pour chacun des 3 volets et de façon distincte : <ul style="list-style-type: none"> ➤ L'avis motivé des commissions Recherche du Conseil académique des universités et/ou directions scientifiques des organismes de recherche de tutelle du porteur du projet ➤ L'interclassement des projets par volet par l'établissement (*) | |
| 4 | L'avis scientifique motivé du directeur du laboratoire de recherche de rattachement du porteur de projet | |
| 5 | L'avis et la priorisation des projets par le Directeur de laboratoire si ce laboratoire présente plusieurs projets (ou de la structure fédérative éventuellement concernée) | |

(*) Il est impératif que chaque tutelle de rattachement établisse un interclassement de l'ensemble des projets déposés en son nom, distinct pour chacun des trois volets.

Le texte de l'appel à projets Recherche est consultable sur le site - [Région Sud - Provence-Alpes-Côte-d'Azur \(maregionsud.fr\)](http://Région Sud - Provence-Alpes-Côte-d'Azur (maregionsud.fr))

Pour tout complément d'information sur le formulaire de description du projet scientifique :

Direction du Développement Economique Durable et de l'Innovation
Service Innovation Recherche et Enseignement Supérieur

AAP Recherche : ldelamare@maregionsud.fr - Tel : 04 91 57 57 84