



## Conseil scientifique de l'institut des sciences biologiques INSB

### Recommandation

#### sur les contours des sections et CID périmètre INSB

Les contours des sections et CID couverts par l'INSB ont été examinés par le CSI-INSB.

Il apparaît que les contours et équilibres des sections reflètent globalement très bien le dynamisme et les enjeux scientifiques en Sciences Biologiques. Des ajustements normaux liés à l'évolution des thématiques et techniques sont toutefois à apporter au niveau des mots-clés définissant ces sections. Ces ajustements sont notamment importants pour orienter efficacement les candidatures aux postes de CRCN dans chaque section. Ce point est particulièrement sensible en période de pénurie de poste afin de s'assurer de ne pas passer à côté d'excellents candidats et de ne pas négliger les domaines de recherche en émergence.

**Le CSI-INSB recommande de reconduire les 9 sections et les 2 CID existantes dépendant du périmètre de l'INSB en tenant compte des spécificités détaillées en annexe.**

**Le CSI-INSB souligne l'importance de maintenir le continuum entre les périmètres spécifiques des sections et l'apport des CIDs. Les contours des sections ont été redéfinis pour garder un maillage optimal et complémentaire entre chacune, en limitant au maximum les redondances. Le CSI-INSB donne un avis concernant les mots-clés qui a été discuté et validé par certaines sections ou est en cours de discussion pour d'autres.**

**Enfin, le CSI-INSB insiste sur le rôle primordial et stratégique joué par les CID 51 et 54 pour les recherches en Biologie. L'évolution de ces CID en sections rattachées à un institut leur ferait perdre leur dynamisme et leur intérêt qui est de lever des verrous qui sont par essence interdisciplinaires et trans-instituts. Il convient de renouveler cette structuration afin de préserver et encourager le dynamisme et la créativité de la recherche de demain.**

Yaël GROSJEAN

Président du CSI INSB

Recommandation adoptée le jeudi 28 mai 2020

15 votants : 15 oui, 0 abstention, 0 non



**Destinataires :**

- **Antoine PETIT**, président-directeur général du CNRS.
- **Alain SCHUHL**, directeur général délégué à la science.
- **André LE BIVIC**, directeur de l'INSB.

**Copies :**

- **Olivier COUTARD**, président de la conférence des présidents du Comité national.
- **Dorothee BERTHOMIEU**, présidente du Conseil scientifique.
- **Dmitry PEAUCELLE**, représentant de la C3N.
- **Claudine GILBERT**, présidente du CS INP, **Olivier DRAPIER**, président du CS IN2P3, **Serge SIMOENS**, président du CS INSIS, **Beatrice MARTICORENA**, présidente du CS INSU, **Olivier SANDRE**, président du CS INC, **Nathalie VIENNE-GUERRIN**, présidente du CS INSHS, **Rémi CARLES**, président du CS INSMI, **Isabelle QUEINNEC**, présidente du CS INS2I, **Patricia GIBERT BRUNET**, président du CSI INEE.
- **Boris VAUZEILLES**, président de la section 16, **Yves GAUDIN**, président de la section 20, **Hugues ROEST CROLLIUS**, président de la section 21, **Laurent KODJABACHIAN**, président de la section 22, **Eric MARECHAL**, président de la section 23, **Marc BILLAUD**, président de la section 24, **Philippe FAURE**, président de la section 25, **Pascal BARONE**, président de la section 26, **François TROTTEIN**, président de la section 27, **Monique BERNARD**, présidente de la section 28, **Fabrice VAVRE**, président de la section 29, **Franck PICARD**, président de la CID 51, **Anne-Marie HAGHIRI**, présidente de la CID 54.



ANNEXE CONTOURS SECTIONS et CID INSB : ***Les recommandations du CSI-INSB apparaissent en gras et italique*** pour chaque section et CID.

Note importante :

***Le CSI-INSB soutient pleinement les périmètres et travaux des sections mais alerte les directions de l'INSB et du CNRS quant au fonctionnement des CID et notamment la surcharge de travail imposée à ses membres qui doivent siéger dans 2 sections. Alors que l'interdisciplinarité et le rôle des CID (51 et 54) apparaissent comme indispensables et structurants pour l'ensemble des sections relevant de l'INSB, des solutions innovantes devraient être trouvées pour alléger le travail des panels d'experts siégeant en CID, et favoriser par la même occasion la représentation des grandes disciplines en son sein.***

***Le CSI-INSB alerte également la direction de l'INSB sur la nécessité de coordonner l'évolution des CID 51 et 54 avec les périmètres des sections relevant de l'INSB, en maintenant des interactions indispensables pour promouvoir un transfert optimum des nouvelles méthodologies développées par les chercheurs recrutés dans ces CID.***

***Le CSI-INSB remarque enfin que les promotions et les primes ne sont pas traitées actuellement par les CID, y compris pour les chercheurs qui ont été recrutés sur leurs concours. Il y a là une anomalie potentiellement dommageable, en particulier pour les promotions DR1.***

## -Section 20 : BIOLOGIE MOLECULAIRE ET STRUCTURALE, BIOCHIMIE

Les contours de la section 20 sont cohérents avec un centre de gravité autour des mécanismes moléculaires du vivant. La section 20 regroupe des compétences et des savoir-faire uniques présentant peu de recouvrement avec les autres sections de l'INSB et qui sont souvent spécifiques au CNRS. Elle se trouve aux interfaces avec les sciences physiques et chimiques. Avec la section 16 relevant de l'INC, un poste est partagé chaque année pour représenter les aspects « drug design », les mécanismes de catalyse ou encore la structure de site catalytique de protéines. Ce dispositif semble satisfaisant et doit pouvoir s'adapter selon les besoins. Une autre interface se forme avec la biologie cellulaire et une biologie structurale cellulaire commence à se développer autour de la cryo-tomographie électronique, les microscopies super résolutes, les microscopies corrélatives. Pour l'instant, il n'y a pas d'obstacle à ce développement et les projets concernés peuvent se présenter et seront bien évalués en section 20 ou 22, selon les spécificités principales des projets développés. Une évolution de certains thèmes abordés par la section 20 dépendra dans un avenir proche de l'importance des développements mathématiques pour la modélisation des systèmes moléculaires, la prédiction de structures, de sites actifs, de sites de docking, de modèles évolutifs, de l'émergence des systèmes d'apprentissage profond ou



d'intelligence artificielle. Cet enjeu lié aux développements méthodologiques, techniques et technologiques se fait en étroit lien avec la CID51 qui répond à ce besoin.

Cette section est dépendante d'une instrumentation lourde, notamment en biologie structurale. Le CSI-INSB alerte sur le retard Français grandissant en équipement de dernière génération dans certains domaines, notamment la cryo microscopie électronique et qui affecte la compétitivité de notre recherche dans les domaines couverts par la section 20. On peut également souligner la difficulté croissante de développer de l'instrumentation (imagerie, microfluidique, etc...) dans les laboratoires dépendants du périmètre de la section 20. Le CSI-INSB soutient toutes initiatives permettant de renforcer les liens avec les sciences de l'ingénieur (INSIS), l'INP ou les commissions interdisciplinaires 51 et 54, afin de renforcer les approches pluridisciplinaires favorisant l'évolution de cette section afin d'aborder de façon dynamique et ambitieuse les questions scientifiques actuelles et à venir couvertes par la section 20 (voir mots clés).

La question du (des) métabolisme(s) en relation avec la biochimie et les enzymes constitue une composante importante de la section 20 (métabolisme naturel et métabolisme synthétique qui va vers la biologie synthétique ; bactériologie fondamentale, bioénergétique, ingénierie métabolique...).

Mots-clés actuels :

Dynamique des macromolécules et de leurs complexes, processus hors équilibre  
Protéomique et approches systémiques des assemblages supramoléculaires  
Génie des protéines et enzymologie  
Bases moléculaires et structurales des fonctions des ARN  
Structures, assemblages et mécanismes dans la transduction du signal, et dans l'expression, la régulation et la réparation des gènes  
Microbiologie et virologie moléculaire et structurale  
Métabolisme bactérien  
Bioinformatique structurale, modélisation et évolution moléculaire  
Membranes et Protéines membranaires, structures mécanismes et Bioénergétique  
Analyse structurale des molécules uniques  
Glycobiologie  
Voies métaboliques et processus de biosynthèse  
Biologie structurale intégrative  
Biologie synthétique  
Biophysique

***Le CSI-INSB soutient pleinement le choix stratégique pris par la direction de l'INSB d'un investissement ciblé pour rattraper le retard pris par la France concernant la cryo-microscopie électronique.***



- Ses mots-clés. Les mots-clés sont reconsidérés régulièrement par les membres de la section et reflètent bien le contenu et les ambitions de la section. Le CSI-INSB propose que quelques notions soient élargies :

- *La notion de protéomique et d'ingénierie des protéines pourrait être élargie à l'ensemble des macromolécules biologiques en faisant apparaître interactome et ingénierie des macromolécules biologiques comme mots-clés.*
- *Le mot-clé « métabolisme bactérien » semble redondant et pourrait être retiré, la notion de métabolisme est présente dans le mot-clé « voies métaboliques et processus de biosynthèse » et la notion de procaryotes apparaît dans le mot-clé « Microbiologie et virologie moléculaire et structurale ».*
- *Le mot-clé « biologie structurale intégrative » est important, mais le terme est un peu générique et la notion « d'intégration » mériterait d'être détaillée. Il englobe la notion d'approches méthodologiques multi-échelles permettant d'obtenir un continuum de résolution depuis l'atome jusqu'à la cellule et la notion d'intégration de données hétérogènes combinant les données structurales à des données d'interactomes, de transcriptomes, de modélisation etc...Nous suggérons d'ajouter Approches multi-échelles, Intégration de données hétérogènes à ce mot-clé.*
- *Le mot-clé « Biophysique » doit être précisé pour différencier et éviter un recouvrement avec la section 22. Les problèmes de séparation de phase, d'interactions moléculaires, de propriétés moléculaires sont au cœur de la section 20 alors que les aspects liés à la physique de la cellule relèvent la section 22 et font référence aux « propriétés physiques et mécaniques de la cellule ».*

**Proposition du CSI de nouveaux mots-clés :**

*Interactome, dynamique des macromolécules et de leurs complexes, processus hors équilibre*

*Protéomique et approches systémiques des assemblages supramoléculaires*

*Génie des protéines et enzymologie*

*Bases moléculaires et structurales des fonctions des ARN*

*Structures, assemblages et mécanismes moléculaires*

*Microbiologie et virologie moléculaire et structurale*

*Métabolisme biochimique et enzymatique*

*Bioinformatique structurale, modélisation et évolution moléculaire*

*Membranes et Protéines membranaires, structures mécanismes et Bioénergétique, structures, dynamique*

*Analyse structurale des molécules uniques*

*Glycobiologie*

*Voies métaboliques et processus de biosynthèse*



***Biologie structurale intégrative : approches multi-échelles et intégration de données hétérogènes***

***Biologie synthétique***

***Biophysique: séparation de phase, interactions moléculaires, propriétés moléculaires***

## **-Section 21 : ORGANISATION, EXPRESSION, EVOLUTION DES GENOMES, BIOINFORMATIQUE ET BIOLOGIE DES SYSTEMES**

Cette section est en pleine évolution avec l'émergence de techniques toujours plus efficaces et nouvelles liées, par exemple, au séquençage des génomes, à l'étude des phénomènes et mécanismes épigénétiques, à l'édition et l'analyse « omique » de cellules uniques. Les enjeux scientifiques en termes de recherche fondamentale et translationnelle sont colossaux.

L'essor de l'intelligence artificielle apporte et va apporter une capacité d'analyse dont on n'a pas encore complètement toute la portée en termes d'analyse et d'exploitation des données collectées.

L'arrivée et le développement de la technique CRISP-Cas9 permet d'ouvrir également le domaine du possible à l'étude de quasiment tous les génomes du règne animal, entre autres. Cette avancée majeure permet, avec d'autres techniques, d'accéder à des mécanismes biologiques qui nous échappaient, en faisant de la Biologie une Science dure de plus en plus mature.

Ces révolutions techniques, technologiques et conceptuelles reflètent l'importance et le dynamisme de cette section.

Les contours et mots-clés de cette section sont dans l'ensemble bien définis et clairs, sans chevauchement majeurs avec les autres sections. Toutefois, les mots-clés « Bioinformatique » et « Biologie des systèmes » semblent en partie devenus obsolètes. Ils sont actuellement davantage liés à la méthodologie. De plus la bioinformatique n'est pas un outil restreint à la section 21 car l'analyse de séquences est maintenant répandu dans presque toutes les sections de l'INSB.

### Mots-clés actuels :

Génétique moléculaire, physiologie et biologie cellulaire des micro-organismes Génétique moléculaire des eucaryotes multicellulaires.

Stabilité et plasticité des génomes



Réplication, recombinaison et réparation des génomes  
Régulations et dysrégulations génétiques et épigénétiques de l'expression des génomes, de la chromatine à la traduction  
Bioinformatique des génomes, modélisation, réseaux et interactions macromoléculaires et fonctionnelles  
Biologie des systèmes, biologie synthétique et computationnelle  
Génomique fonctionnelle  
Évolution Moléculaire, Génomique comparative, Paléogénomique, phylogénomique  
Génomique de la Biodiversité et des populations – Métagénomique

***Par conséquent, le CSI-INSB propose une évolution des contours et une meilleure définition des mots-clés de la section 21 comme suit :***

***- Ne plus utiliser « bioinformatique » et "biologie des systèmes" dans l'intitulé de la section, qui pourraient être remplacés par « analyse bioinformatique des génomes et des réseaux d'interactions macromoléculaires».***

***- Mieux définir les domaines d'investigation avec l'INEE en ce qui concerne l'évolution, même s'il y a un recouvrement possible, notamment au niveau de la génomique des populations. Il serait intéressant de garder au sein de l'INSB l'évolution moléculaire et la génomique comparative, mais peut-être moins la phylogénie et l'ADN fossile. La paléogénomique, phylogénomique et métagénomique sont ainsi à l'interface de cette section et de la section 29. Le CSI-INSB suggère de garder les mots-clés « évolution moléculaire » et « génomique comparative » qui s'intéressent souvent à des questions directement en lien avec des mécanismes moléculaires ou avec la structure des génomes pour décrire la section 21. Le CSI-INSB encourage les directions de l'INSB et de l'INEE à se concerter pour s'assurer que les contours de ces domaines de recherche en plein essor ne soient pas négligés, mais clarifiés dans un contexte de pénurie de postes de CRCN et d'ITA, qui sont à l'interface des sections 21 et 29.***

***- Métagénomique – en tant qu'outil, le CSI-INSB suggère de ne pas le retenir, puisque ce domaine tombe dans le périmètre de la section 29. Il serait toutefois intéressant de garder les approches "single-cell" dans le périmètre de la section 21 par soucis de cohérence scientifique.***

***- La paléogénomique pourrait être laissé à la section 29 par souci de cohérence des contours de la section 21.***

**Proposition de nouveaux Mots-clés :**

***Génétique moléculaire, physiologie et biologie cellulaire des micro-organismes  
Génétique moléculaire des eucaryotes***



***Stabilité et plasticité des génomes***

***Réplication, recombinaison et réparation des génomes***

***Régulations et dysrégulations génétiques et épigénétiques de l'expression des génomes***

***Analyse des génomes et des réseaux d'interactions macromoléculaires***

***Génomique fonctionnelle***

***Évolution Moléculaire, Génomique comparative, phylogénomique***

***Génomes des communautés et des populations***

## **-Section 22 : BIOLOGIE CELLULAIRE, DEVELOPPEMENT, EVOLUTION-DEVELOPPEMENT**

(extrait du rapport de conjoncture)

"La section 22 est principalement centrée sur le fonctionnement des cellules, étudiées individuellement et collectivement lors du développement. C'est donc très naturellement que s'inscrivent dans cette section les études portant sur l'évolution des mécanismes moléculaires impliqués dans la diversité des cellules et des organismes multicellulaires.

La recherche dans ces thématiques se déploie aujourd'hui à une échelle intégrative plus large qui implique des interactions fortes avec d'autres champs disciplinaires.

Il faut tenir compte des progrès des connaissances à des niveaux d'organisation inférieurs, grâce aux apports de la physique et de la chimie, mais aussi à des niveaux d'organisation supérieurs, avec par exemple la prise en compte des interactions des cellules entre elles au sein d'un organisme et de l'organisme avec son environnement biotique et abiotique.

Nous avons délibérément limité notre propos aux animaux, considérant que la biologie cellulaire et du développement des plantes est l'apanage de la section 23."

### **Mots-clés (de la précédente mandature)**

Compartimentation et trafic intracellulaire, Cytosquelette

Mécanismes de contacts et d'adhérence, migration cellulaire

Détermination, Différenciation, Prolifération, Cycle cellulaire, Apoptose,

Sénescence cellulaire

Propriétés physiques des cellules et des tissus

Cellules souches, transdifférenciation, reprogrammation

Gamétogenèse, méiose, fécondation, implantation

Embryogenèse, organogenèse, morphogenèse

Evolution des processus cellulaires et développementaux





## INTERFACES AVEC LES AUTRES SECTIONS ET INSTITUTS

Il y a une mixité importante au niveau des laboratoires entre la section 22 et la section 21. Avec cependant des enjeux et méthodologies clairement complémentaires.

Liens clairement mentionnés dans le rapport de prospective :

- CID 51 et 54 : Interface avec la physique et les mathématiques (mécano-biologie; intelligence artificielle=> physique statistique et machine Learning; Modélisation =>math)
- section 20 : Biologie structurale (notamment cryo et qui complète cristallographie). Il faut noter le peu d'affiliation mixtes entre sections 20 et 22 dans les unités.
- section 21 : Génétique (single cell RNA seq, CRISPR,... =>besoin en bio-info)

***Le CSI-INSB soutient pleinement les périmètres et travaux des sections 22 et fait les remarques suivantes pour l'évolution de la section 22 quant à l'éventuelle modification de ses contours :***

***Certaines thématiques (différentiation, épigénétique et cellules souches) pourraient théoriquement justifier un regroupement possible avec la section 24, mais la section 22 est déjà très large et cela pourrait rendre son fonctionnement trop complexe.***

***De plus, les contours actuels semblent en bonne adéquation avec les recrutements et le rattachement des chercheurs à des labos de la section 22.***

***Un redécoupage ne semble pas adapté car il risquerait de mettre en péril les équilibres actuels dans une période de pénurie de postes statutaires.***

***Validation des nouveaux mots-clés proposés par la section 22 (les changements sont soulignés) :***

***Compartimentation et trafic intracellulaire, Cytosquelette***

***Mécanismes de contacts et d'adhérence, migration cellulaire***

***Détermination, Différenciation, Prolifération, Cycle cellulaire, Mort cellulaire,***

***Propriétés physiques des cellules et des tissus***

***Cellules souches, transdifférenciation, reprogrammation, régénération***

***Gamétogenèse, méiose, fécondation, implantation***

***Embryogenèse, organogenèse, morphogenèse***

***Evolution des processus cellulaires et développementaux***



## -Section 23 : BIOLOGIE VEGETALE INTEGRATIVE

La biologie végétale rassemble une communauté soudée et dynamique au CNRS, très active sur le plan national, qui joue un rôle clé et complémentaire en amont de celui exercé par d'autres organismes de recherche tels que l'INRAE, l'IFREMER et au CEA.

Les enjeux liés aux travaux réalisés en biologie végétales sont multiples et particulièrement importants en termes de connaissances fondamentales et d'applications vers le secteur agricole et industriel (e.g. organismes photosynthétiques et sécurité alimentaire, chimie verte et bioénergies). Les végétaux sont un maillon fondamental dans l'alimentation humaine, le développement des territoires, la lutte contre le réchauffement climatique et la sauvegarde de la biodiversité, puisque toutes les espèces animales (y compris l'homme) dépendent directement ou indirectement de ces organismes. Sans végétaux, il n'y a pas de vie animale sur Terre.

La biologie végétale au CNRS constitue ainsi un maillon essentiel vers la découverte de solutions pour l'avenir en adéquation notamment, avec les objectifs du développement durable (agriculture et environnement) et représente un potentiel fort pour des applications innovantes en biotechnologie. A ce titre, les organismes photosynthétiques sont une mine d'inspiration pour de futures applications dans le domaine de la chimie verte et de la transition énergétique; mais encore faut-il avoir une connaissance suffisante de ces organismes pour les exploiter pleinement et intelligemment. C'est précisément ce type de connaissances que peuvent générer les laboratoires rattachés à la section 23.

L'approche intégrative ayant atteint de nouvelles dimensions qui permettent de relier différents niveaux d'étude (moléculaire, cellulaire, tissulaire et populationnel), il existe des articulations naturelles avec par exemple la section 20 (Biologie moléculaire et structurale, biochimie), la section 29 de l'INEE (Biodiversité, évolution et adaptations biologiques : des macromolécules aux communautés) ou la section 21 (Organisation, Expression, Évolution des génomes. Bioinformatique et Biologie des systèmes).

### Mots-clés actuels de la section 23 :

Plantes, algues, microorganismes photosynthétiques et (champignons

Génomique structurale, fonctionnelle et évolutive

Régulation génétique et épigénétique de l'expression des génomes

Organites intracellulaires

Bioénergétique, métabolisme, photosynthèse

Transport membranaire et signalisation

Physiologie végétale intégrative

Reproduction et développement

Interactions plantes-micro-organismes (symbiose, pathogénie)

Virologie végétale

Adaptation des plantes à leur environnement



Eco-physiologie  
Biotechnologie végétale

*Le CSI-INSB soutient pleinement les recherches réalisées dans les laboratoires rattachés à la section 23 et la pérennité de cette section.*

*Parfois contestée, car centrée sur un modèle, « le végétal », il apparaît que cette section couvre un périmètre élargi, notamment au niveau de ses modèles d'étude, confirmant sa spécificité autour de la biologie intégrative des organismes photosynthétiques dans toute leur diversité et affichant de plus en plus clairement l'étude des milieux aquatiques, notamment marins. Il pourrait alors être envisagé de modifier l'intitulé de la section en préférant le terme « photosynthétique » au terme « végétal ». Il convient de souligner que cette démarche a déjà été entreprise comme l'indique le dernier rapport de la section. Elle doit donc être soutenue. En outre une part importante des recherches dans cette section porte sur les interactions entre les organismes photosynthétiques et leurs agents pathogènes ou symbiotes. Une plus grande lisibilité de ces recherches en intégrant parmi les objets d'études tous les agents phytopathogènes (bactéries, champignons, nématodes, virus) et microorganismes symbiotes serait également souhaitable.*

*Dans ce cadre, le CSI-INSB suggère l'évolution du titre de la section 23 : BIOLOGIE INTEGRATIVE DES ORGANISMES PHOTOSYNTHETIQUES ET DES MICROORGANISMES ASSOCIES*

*Le CSI-INSB propose de soutenir l'évolution des mots-clés définissant les contours de la section 23 proposé par les membres de cette section :*

*Plantes, algues, microorganismes photosynthétiques des milieux aquatiques, terrestres et aériens*

*Microorganismes (bactéries, champignons, oomycètes)*

*Organismes animaux associés aux végétaux (nématodes, insectes)*

*Endosymbioses primaires et secondaires*

*Bioénergétique, métabolisme, photosynthèse*

*Adaptation des plantes à l'environnement*

*Interactions biotiques (immunité, symbioses, mycorhize, pathogènes, rhizosphère, phyllosphère, endosphère, holobionte)*

*Virologie végétale*

*Reproduction et développement*

*Génomique structurale, fonctionnelle et évolutive*

*Métagénomique*

*Génétique, épigénétique et épitranscriptomique*

*Dynamique de l'expression des génomes ; contrôles transcriptionnels, post-transcriptionnels et post-traductionnels*

*Structure-fonction des macromolécules*



***Organites intracellulaires (biogenèse, fonctions, acquisition et perte secondaire de la photosynthèse, interactions entre noyau, mitochondries et plastes)***

***Transport membranaire, signalisation, mécanobiologie***

***Physiologie végétale intégrative, Ecophysiologie***

***Biologie des systèmes, modélisation***

***Biotechnologie végétale, biologie de synthèse***

## **-Section 24 : PHYSIOLOGIE, VIEILLISSEMENT, TUMORIGENESE**

Mots-clés actuels :

Physiologie des grandes fonctions

Vieillessement

Oncogénèse et Tumorigénèse

Métabolisme

Homéostasie

Endocrinologie, Neuroendocrinologie

Microenvironnement

Dérégulation

Régénération

Résumé (*copie du rapport de conjecture*)

La description des mécanismes régulant les grandes fonctions physiologiques ainsi que l'étude de leurs perturbations au cours du vieillissement et de la tumorigénèse sont au centre des investigations conduites par les scientifiques relevant de la section 24. Derrière la diversité des processus biologiques étudiés, ces recherches ont révélé la communauté des voies de signalisation et des mécanismes physiopathologiques impliqués. Ces travaux ont une dimension fondamentale et constituent aussi un enjeu majeur en santé publique puisque les maladies non transmissibles représentent la principale cause de décès dans le monde. La section rassemble les expertises complémentaires permettant de traiter ces différents champs disciplinaires, non pas comme des secteurs séparés, mais de manière intégrée.



**Analyse du CSI-INSB :**

- *Pas de redondance thématique évidente avec d'autres sections CNRS mais des connexions évidentes et logiques dans le continuum des thèmes couverts par les sections 21/22/25/26/27/28.*
- *Il existe un fort potentiel de fuite des candidats vers l'INSERM où la CSS3 propose 12 postes ce qui représente un réel risque pour la physiologie fondamentale.*

**Recommandations :**

- *Encourager le positionnement "fondamental" de la section.*
- *Contours uniques à préserver.*

**Mots-clés : proposés par le CSI-INSB en concertation avec la section 24 :**

*Evolution et adaptation des grandes fonctions : de la physiologie à la physiopathologie*

*Endocrinologie, neuroendocrinologie*

*Régulations et désordres métaboliques*

*Rythmicité des processus biologiques*

*Interactions hôte-microbiote, nutrition*

*Cellules souches et homéostasie tissulaire*

*Reprogrammation cellulaire, sénescence, vieillissement*

*Approches intégrées et dynamique des mécanismes de la cancérogenèse*

*Macro-, microenvironnement tumoral et dialogues intercellulaires*

## **Section 25 : NEUROBIOLOGIE MOLECULAIRE ET CELLULAIRE, NEUROPHYSIOLOGIE**

**Éléments de réflexion extraits du Rapport de conjoncture et de discussion avec des membres de la section 25 :**

Les thématiques de la section 25 concernent la biologie des cellules des tissus nerveux, la mise en place des cellules neurales au sein des réseaux, jusqu'à leurs fonctions physiologiques et pathologiques. La section s'intéresse à leurs rôles dans l'intégration des signaux à la base de la perception, des comportements et de la cognition. Ce rôle est analysé dans différents modèles animaux ou expérimentaux (cellules en culture, organoïdes, moelle épinière, cerveau entier...) permettant une analyse comparée et évolutive de ces fonctions. Les champs d'expertise de la section couvrent donc les domaines de la neurobiologie



cellulaire et moléculaire ainsi que de la neurophysiologie. Les approches utilisées dans ces domaines sont *de facto* multi-échelles et multi disciplinaires.

La recherche fondamentale en neuroscience constitue le socle de pratique de la section 25. La compréhension des mécanismes de la communication neuronale, les interactions avec les cellules gliales, la dynamique des circuits nerveux en lien avec le comportement et les processus neurophysiologiques normaux et pathologiques constituent le coeur de ses préoccupations. Le programme des neurosciences est devenu de plus en plus intégratif et, de par ses relations avec le comportement, la vie mentale, les émotions et la cognition, il sort très fréquemment du cadre restreint de la biologie et pénètre allégrement le secteur des sciences de l'homme, de l'économie et de la société. Aujourd'hui il faut bien constater que ce programme attise les curiosités, fascine, suscite des espoirs tout autant qu'il peut déclencher le rejet et des critiques quand les neurosciences se proposent d'améliorer nos performances intellectuelles, de réparer nos troubles mentaux ou encore se mêle de droit et d'éducation. Les neurosciences sont un domaine de recherche transdisciplinaire qui tient certainement une place à part en biologie.

Interactions avec d'autres sections, mais toutefois sans chevauchement majeur :

Section n°22 : Biologie cellulaire, développement, évolution-développement

Section n°28 : Pharmacologie-ingénierie et technologies pour la santé-imagerie biomédicale

Section n°24 : Physiologie, vieillissement, tumorigenèse

Section n°26 : Cerveau, cognition, comportement

Commission interdisciplinaire n°51 : Modélisation et analyse des données et des systèmes biologiques : approches informatiques, mathématiques et physiques

L'interdisciplinarité fait partie intégrante du champ des neurosciences et donc de la section 25. Un point de difficulté est souligné du fait que les contours de l'interdisciplinarité évoluent très rapidement et les thématiques « classiquement définies » (ex : neurosciences) se caractérise par le fait que ce domaine absorbe et intègre rapidement les concepts et techniques venant d'autre disciplines. Cette interdisciplinarité peut avoir un aspect méthodologique (CID54 CID 51); dans ce cas il s'agit d'utiliser des outils ou des méthodes classiquement utilisées, ou développées, dans d'autres disciplines (par exemple en optique, chimie, informatique ...).

Il peut également s'agir d'emprunter des concepts à d'autres disciplines (mathématiques ou encore sciences sociales) et dans ce cas on peut parler d'interdisciplinarités théoriques.

Les neurosciences computationnelles ne forment ainsi plus nécessairement une discipline à part des neurosciences. Dans la pratique, de très nombreux scientifiques, dont le domaine d'exercice est la neurobiologie, développent des approches interdisciplinaires à l'interface avec d'autres sections de l'INSB (dont les sections 26, 28, 22 et 24) ou dans les champs de l'analyse et de la gestion de données, de la modélisation mathématique, de la physique, de la chimie, ou enfin des sciences sociales, domaines qui relèvent traditionnellement d'autres instituts du CNRS (INC, INP, INSIS, SHS). En plus du recrutement direct de chercheurs ayant



des profils interdisciplinaires (hors du recrutement en CID), on constate des changements d'affectations de chercheurs initialement affiliés à des sections de physique, d'optique... qui rejoignent la section 25 et viennent enrichir les profils et compétences de la communauté.

Mots-clés actuels :

Excitabilité neuronale, biophysique des cellules neurales, physiologie synaptique, propagation et intégration des signaux, modélisation.

Plasticité structurale et fonctionnelle du système nerveux normal et pathologique : de la cellule au réseau et au comportement.

Cellules gliales et leurs rôles fonctionnels, microcirculation dans le système nerveux, interactions neuro-glio-vasculaires

Molécules de communication, neuropharmacologie.

Évolution et développement des réseaux neuronaux, neurogenèse, cellules souches neurales

Organes des sens

**Analyse du CSI-INSB :**

- ***Pas de redondance thématique problématique avec d'autres sections CNRS mais des connexions évidentes et logiques dans le continuum des thèmes couverts par les sections 22/24/25/26/28/CID 51. Ce continuum est une force de la recherche développée au CNRS et en fait un atout décisif à préserver et faire fructifier.***

**Recommandations :**

- ***Reconduite des mots-clés actuels qui définissent très bien la section 25 et ses champs disciplinaires***
- ***Encourager le positionnement "fondamental" de la section, avec notamment l'utilisation de modèles animaux.***
- ***Contours stratégiques pour le développement des priorités du CNRS, à préserver.***

## -Section 26 : CERVEAU, COGNITION, COMPORTEMENT

Cette section est caractérisée par une très forte interdisciplinarité et l'émergence de thématiques, approches et applications toujours plus variées, reflétant ainsi les évolutions rapides des études cognitives.

La compréhension de la cognition intègre des approches issues des sciences biologiques (neurosciences intégrées et cognitives; éthologie), mais aussi différentes



approches des sciences dites exactes pour la modélisation formelle ou les approches d'intelligence artificielle, et des sciences humaines avec la psychologie expérimentale et de la philosophie cognitive. La richesse de l'approche cognitive est de croiser ces différents regards. Cette interdisciplinarité a été prise en compte par l'interfaçage la section 26 avec l'INSHS en 2012. La CID 51 joue également un rôle important pour les approches liées à la modélisation formelle et l'IA, qui réclame une expertise formelle spécifique. La section 26 a aussi une interface naturelle et claire avec la section 25, la section 29 et la section 34 de l'INSB, ainsi qu'avec la section 7 de l'INS2I pour la robotique et les interfaces cerveau-machine.

Interfaces avec les autres sections et instituts :

Interface avec la section 25 : sur les bases génétiques et la régulation épigénétique du comportement, sur les altérations du comportement chez l'animal transgénique ou suite à une stimulation optogénétique.

Interface avec la section 29 : sur biologie du comportement en lien avec l'environnement

Interface avec la section 34 (INSHS) : dans le domaine de la psycholinguistique expérimentale

Interface avec la section 7 (INS2I) : interactions homme-machine, robotique

Interface avec la CID 51 : modèles statistiques et théoriques du système nerveux central, neurosciences computationnelles

Mots-clés actuels :

Neurosciences comportementales et cognitives

Neurosciences computationnelles, neuroimagerie

Ethologie, neuroéthologie

Neuropsychologie, psycholinguistique, ergonomie cognitive

Psychologie sociale

Philosophie cognitive

Perception, motricité, sensorimotricité

Développement cognitif, plasticité, apprentissage, mémoire, langage

Emotions, conscience, raisonnement, prise de décision

**Recommandation du CSI-INSB :**

***Les mots-clés de la section tels qu'affichés sur le site web sont ceux de la précédente mandature. Le CSI-INSB propose de séparer les mots clefs se rapportant à des méthodes ou approches des mots clefs se rapportant aux objets d'étude; d'affiner certains des mots-cles de la section 26 pour mieux rendre compte du périmètre de la section : ajouter "psychologie expérimentale" qui correspond à une grande partie l'interface avec l'INSHS; ajouter "interactions sociales" à la liste des objets d'études, les interactions sociales étant***





*abordées par différentes méthodes (éthologie, neurosciences ou psychologie expérimentale); ajouter "vieillesse" dans les thématiques.*

*La modélisation computationnelle (du cerveau, du comportement humain ou animal, des interactions entre individus) ainsi que l'analyse de grands jeux de données (cohorte en neuroimagerie, expériences en ligne) sont en plein essor, avec l'apparition de nouveaux champs comme la neuro-économie ou la psychiatrie computationnelle. Le terme modélisation computationnelle du comportement pourrait apparaître explicitement à côté des neurosciences computationnelles. La bonne représentation des différents champs d'application de la modélisation computationnelle, à l'interface entre section 26 et CID 51, est à maintenir, voire à améliorer.*

*Enfin le CSI-INSB recommande la préservation des équilibres disciplinaires au sein de la section 26, et de veiller à l'équilibre entre l'INSB et l'INSHS*

**Proposition de nouveaux mots-clés et de leur organisation :**

**Méthodes et approches :**

**Neurosciences intégratives, cognitives et computationnelles**

**Ethologie et Neuroéthologie**

**Neuropsychologie**

**Modélisation computationnelle du comportement**

**Psychologie expérimentale**

**Philosophie cognitive**

**Objets d'étude :**

**Perception, Action et Motricité**

**Plasticité, Apprentissage, Mémoire**

**Développement et Vieillesse**

**Interactions sociales**

**Langage**

**Attention, Conscience, Raisonnement, Prise de décision**



## -Section 27 : RELATIONS HOTE-PATHOGENE, IMMUNOLOGIE, INFLAMMATION

Mots-clés actuels de la section 27 :

- Développement et homéostasie du système immunitaire
- Réponse immunitaire, physiopathologie, immunothérapies
- Réponse inflammatoire
- Microbiote
- Interactions hôte-microbe
- Pathogénicité des bactéries, virus et parasites

Eléments issus du rapport de conjoncture

Thèmes de recherche :

« Les thèmes de recherche abordés par la section 27 concernent les relations hôte-pathogène, l'immunologie et l'inflammation. Le développement et l'homéostasie du système immunitaire, ainsi que sa dysrégulation, l'étude des réponses immunes dirigées contre les agents pathogènes et les tumeurs représentent des thèmes majeurs. De nouveaux mécanismes régissant le contrôle, ou au contraire l'échappement, des agents infectieux et des cellules tumorales ont été identifiés au cours de la dernière décennie. Ces recherches situées à l'interface de plusieurs disciplines ont permis des avancées majeures dans le domaine de la biologie en général, reconnues en particulier par l'octroi de deux prix Nobel de Médecine et Physiologie accordés à F. Barre-Sinoussi en 2008 et J. Hoffmann en 2011. Ces recherches ont conduit à des applications thérapeutiques concrètes dans le domaine de la vaccinologie et des traitements anti-infectieux et anti-tumoraux. »

Notre méconnaissance des mécanismes fondamentaux qui gouvernent l'orientation des réponses immunitaires va de pair avec la faible spécificité des stratégies thérapeutiques mises en œuvre, en particulier face à l'émergence de nouveaux pathogènes. La recherche fondamentale associée aux nouvelles technologies, au développement de nouveaux modèles expérimentaux et d'analyse à grande échelle permettront de lever ce verrou.

Le renouveau actuel de du champ disciplinaire de l'immunologie et des relations hôte-pathogènes ne fait que s'accroître. Il résulte de l'intégration des connaissances à l'interface avec l'ensemble des Sciences du vivant incluant, la physiologie, la biologie moléculaire et cellulaire, les neurosciences, l'oncologie, la microbiologie, et les sciences de l'environnement. La diversification croissante des outils méthodologiques à la disposition des chercheurs représente un second facteur d'unification du domaine. Enfin, l'interface



avec le domaine de la santé représente un ancrage sociétal et économique essentiel pour ce champ disciplinaire en plein essor. »

- Le chevauchement avec les autres sections en termes de recrutement est très limité : rarement les candidats classés en 27 ont le choix d'aller dans d'autres sections CNRS. En revanche, ce n'est pas vrai pour l'Inserm. Ceci montre la spécificité de la 27 au sein du CNRS.
- Ceci n'empêche pas le chevauchement en termes de thématiques. A titre d'exemple, les sections 27 et 24 ont plusieurs thèmes et défis en commun, mais la section 24 a une approche physiologique et intégrée des questions sans se focaliser sur le fonctionnement du système immunitaire et les contours des deux sections sont bien distincts.

#### **Recommandations du CSI**

- ***Ne pas fusionner la section 27 avec une autre section du CNRS.***
- ***Cette section constitue un complément indispensable à la recherche faite à l'INSERM sur ses thématiques.***
- ***Afin de tenir compte des recherches actuelles dans plusieurs domaines, notamment sur le microbiote, envisager de faire évoluer l'intitulé de la section, en passant de « Relations hôte-pathogène, immunologie, inflammation » à « Relations hôte-pathogène, hôte-microorganismes, immunologie, inflammation ».***

#### **Proposition de nouveaux mots-clés pour la section 27 soutenu par le CSI-INSB :**

- ***Développement et homéostasie du système immunitaire, immunosenescence***
- ***Réponse immunitaire, immunothérapies, vaccination***
- ***Réponse inflammatoire, mécanismes de réparation, homéostasie tissulaire***
- ***Immunométabolisme, dysrégulation immunitaire et autoimmunité***
- ***Immunologie des tumeurs et mécanismes d'échappement***
- ***Microbiote, immunité locale et systémique***
- ***Pathogénicité des bactéries, virus et parasites***
- ***Facteurs de virulence, échappement immunitaire et infection***
- ***Environnement et immuno-pathologie***



## -Section 28 : PHARMACOLOGIE-INGENIERIE ET TECHNOLOGIES POUR LA SANTE-IMAGERIE BIOMEDICALE

La section 28 est à l'interface d'autres disciplines de l'INSB, INSIS ou INC, les thèmes traités en 28 s'appuient sur des mécanismes fondamentaux en biologie cellulaire et moléculaire et sur les techniques innovantes de la bio-ingénierie telles que la biologie synthétique et l'ingénierie tissulaire ou les développements technologiques en imagerie ou encore sur des développements en chimie mais la section 28 positionne clairement sa spécificité vers les développements pour la thérapie et le diagnostic avec des approches très intégrées pour un même projet. Ces recherches peuvent conduire à des activités de valorisation par des brevets et création d'entreprise en parallèle à la production de publications scientifiques. Il n'y a pas de redondance avec l'INSERM, ou avec d'autres sections mais des interactions privilégiées avec les sections 24 (notamment à la frontière entre la physiopathologie et l'application thérapeutique) et 54 (notamment technologies Bio/santé, imagerie).

***Les mots-clés, revus récemment, reflètent bien le contenu et les ambitions de la section : la pharmacologie, l'ingénierie et les technologies pour la santé ainsi que l'imagerie biomédicale. Le CSI-INSB propose de garder les mots-clés, et de les préciser en accord avec les membres de la section 28 :***

- ***Identification de cibles thérapeutiques, Pharmacologie (moléculaire, cellulaire, intégrative, comportementale), Pharmacodynamique, Pharmacocinétique et Évaluation des risques thérapeutiques.***
- ***Ingénierie pour la santé : biomarqueurs, biotechnologie en lien avec la santé, génie génétique en lien avec la santé, ingénierie tissulaire et moléculaire, mise en œuvre thérapeutique des biomatériaux, biocapteurs et laboratoire sur puce, technologies innovantes pour le criblage à haut débit.***
- ***Biothérapies et vectorisation. Nano-objets pour la santé.***
- ***Biomécanique à applications médicales.***
- ***Imagerie biomédicale en conditions physiologiques et pathologiques. Thérapies guidées.***



## -CID 51 : Modélisation, et analyse des données et des systèmes biologiques : approches informatiques, mathématiques et physiques

### Extraits du Rapport de conjoncture :

La CID 51 s'intéresse aux interactions entre les sciences de la modélisation (mathématique, informatique, physique) et les sciences du vivant. Ces interactions sont anciennes et se nourrissent des avancées de chaque discipline. Or la biologie, comme les sciences de la modélisation ont connu des avancées spectaculaires ces dernières années, technologiques et conceptuelles. Ces progrès rendent nécessaire la réflexion sur une nouvelle interdisciplinarité et sur l'exploration de défis scientifiques émergents aux interfaces qu'il semble crucial de relever. Le rapport de conjoncture produit par la CID 51 pour la période 2016-2021 donne les enjeux de cette CID fondamentale pour les sciences du vivant qui permet la levée de verrous stratégiques à la frontière des technologies et des concepts actuels en biologie.

La CID51 participe aux enjeux majeurs pour les sciences de la vie et pour le CNRS suivants :

- La biologie face aux défis des grandes masses de données (avancées technologiques majeures, bases de données biologiques et biomédicales, nouvelle science des données biologiques et biomédicales, apprentissage pour la biologie moléculaire et la santé)
- La biologie Intégrative et des systèmes (systèmes biologiques, des systèmes physiques complexes)
- Recherche biomédicale et santé (suivi de patients et médecine personnalisée, systèmes pathogènes stochastiques et dynamiques)
- Biodiversité, évolution et écologie (génomique environnementale à haut débit, modélisation des processus évolutifs et écologiques)
- Biologie structurale et chimie du vivant (intégration multi-échelle des phénomènes moléculaires, approches multidisciplinaires pour la modélisation et la simulation moléculaires)
- Neurosciences computationnelles (multiples échelles spatiales et temporelles, des neurosciences computationnelles à l'intelligence artificielle, imagerie cérébrale et traitement du signal, comportements et intelligences collectives)

### **Le CSI-INSB recommande :**

- ***De reconduire cette CID51 particulièrement stratégique pour l'INSB et au-delà pour le CNRS. Son évolution en section ne paraît pas envisageable, car elle affaiblirait son interdisciplinarité et sa capacité à rapidement voir évoluer ses contenus thématiques. Par ailleurs, il n'y a pas de laboratoire rattaché à la CID51, et sa transformation en section poserait la difficulté d'un rattachement à plusieurs instituts, fondamental pour ces missions interdisciplinaires.***



- *Le développement d'interfaces autour de l'intelligence artificielle est extrêmement pertinent pour cette CID.*
- *La CID51 n'entre pas en compétition avec la CID54, leurs périmètres étant différents et complémentaires. La distinction des contours et mots clés des CID51 et 54 sont à préserver. La CID51 a pour objet de développer de nouvelles méthodologies de modélisation et d'analyse de données : il faut donc maintenir la modélisation en physique et l'intelligence artificielle en CID51, alors que les nouvelles méthodologies expérimentales trouvent leur place en CID54.*
- *Le CSI-INSB soutient pleinement la direction de l'INSB pour encourager l'INP à s'engager davantage dans la CID51 en plaçant des postes de CRCN au concours.*

**Proposition soutenue par le CSI-INSB de nouveaux mots-clés proposés par la CID51 :**

- *bioinformatique, biomathématique, biophysique, biostatistique*
- *biologie des systèmes et biologie de synthèse*
- *biologie quantitative, intégrative et computationnelle*
- *génomique et autres données biologiques à haut débit*
- *neurosciences computationnelles*
- *\*apprentissage automatique, intelligence artificielle et biologie \**
- *modélisation et simulation moléculaire pour le vivant*
- *méthodologie de l'analyse et de l'intégration des données pour les sciences du vivant*
- *traitement du signal et des images biologiques et médicales*
- *modélisation en écologie, évolution et \*épidémiologie \**
- *\*- applications à la santé et à la recherche médicale \**

***Avec, comme nouveauté :***

- *\*apprentissage automatique, intelligence artificielle et biologie \**
- *modélisation en écologie, évolution et \*épidémiologie \**
- *\*- applications à la santé et à la recherche médicale \**



## -CID 54 : Méthodes expérimentales, concepts et instrumentation en sciences de la matière et en ingénierie pour le vivant

Mots-clés actuels :

- Instrumentation et approches expérimentales pour l'imagerie, la manipulation et la compréhension du vivant et l'étude d'objets biologiques individuels, de leurs assemblages et de leurs interactions, de l'influence de stimuli et de stress externes et internes.
  - Biophotonique
  - Nano et microfluidique pour le vivant. Nano et micro-capteurs, nano- et micro-systèmes pour le vivant, métrologie in vivo et in natura.
  - Interfaces fonctionnelles et stimulables pour le vivant.
  - Systèmes bio-mimétiques et reconstitués pour la compréhension du vivant ou des applications fonctionnelles. Molécules et assemblages moléculaires uniques. Dynamique des assemblages biologiques. Systèmes artificiels bio-inspirés.
  - Mécanique, rhéologie et dynamique aux différentes échelles dans le vivant.
  - Outils physiques ou chimiques pour la biologie synthétique.
  - Approches multiéchelles et multi-modales, de la molécule aux organismes dans leurs environnements : bio-logging, télémétrie pour étudier/comprendre les écosystèmes d'un point de vue physique et biologique.
  - Neurosciences : approches et développements instrumentaux
- Institut pilote : INP

Enjeux majeurs issus des interactions entre science de la matière et du vivant :

- biophysique et biomécanique : mesure ET/OU applications de forces dans les processus de morphogenèse et de différenciation cellulaire, tumorigenèse, compréhension de la motilité cellulaire, dynamique de repliement des protéines, forces intramembranaires
- imagerie (recherche/diagnostique/thérapie – résolution/pénétration) : instrumentation et innovations technologiques (tomographie par rayons X/IRM/ultrasons/microscopie à super résolution/optogénétique), thérapies guidées (pharmacologie des ondes ultrasonores, lumineuses, magnétiques)
- micro et nanosystèmes (recherche, diagnostique) : biocapteur (couple récepteur/transducteur), biopuces (multiplexage, haut débit), lab-on-chip (niveau cellulaire, micro et nanofluidique)
- molécules et objets fonctionnels : sondes pour l'imagerie in vivo/in situ, objets colloïdaux
- biomimétisme : à l'échelle moléculaire (biopores), cellulaire, tissulaire (réparation, bioprinting) ; comportement/locomotion ; écosystèmes (écotrons)
- Pour faire du vivant, il y a besoin de plateformes et de soutien technique adaptés. Le soutien est indispensable pour la réalisation d'expériences fondamentales et pour le développement d'instruments clés en main. C'est un point essentiel pour stabiliser dans des unités INP des candidats recrutés en CID 54.



- Suggestion d'un nouveau titre pour la CID : « Méthodes, concepts et instrumentation en sciences de la matière et ingénierie pour le vivant »
- Quelques remarques sur les mots-clés et contours :
  - Biomimétisme : clarifier pour les candidats que l'objectif est de comprendre un effet biologique et non de créer de nouveaux matériaux. De même clarifier le positionnement des thématiques 'Bio-engineering', 'Construction d'une cellule artificielle'.
  - Faire apparaître 'Matière active, et aspects hors d'équilibre des systèmes vivants' qui ont émergé ces dernières années.

**Conseil du CSI-INSB :**

- *laisser cette CID auprès de l'INP afin d'encourager au maximum l'interdisciplinarité,*
- *insister sur le volet expérimental qui fait l'originalité de cette section, notamment par rapport à la CID51,*
- *favoriser un transfert des connaissances et technologies développées par la CID54 vers les sections de l'INSB,*
- *concentrer cette section sur le traitement du signal, pour laisser le développement d'outils numériques à la CID51.*

**Suggestion d'une liste de mots-clés par le CSI-INSB en accord avec les membres de la CID54 :**

*Biomimétisme, systèmes bio-inspirés*

*Bio-engineering, biologie synthétique, construction d'une cellule artificielle.*

*Mécanobiologie, rhéologie des systèmes biologiques*

*Biophotonique, interaction avec rayonnements*

*Imagerie, influence de stimuli et de stress externes et internes.*

*Manipulation et compréhension d'objets biologiques individuels, de leurs assemblages et de leurs interactions*

*Nano- et micro-fluidique pour le vivant. Nano- et micro-capteurs, nano- et micro-systèmes pour le vivant, métrologie in vivo et in natura.*

*Matière active, aspects hors d'équilibre des systèmes vivants*

*Innovation Instrumentations novatrices pour le vivant*