

SECTION 29

BIODIVERSITÉ, ÉVOLUTION ET ADAPTATIONS BIOLOGIQUES : DES MACROMOLÉCULES AUX COMMUNAUTÉS

Composition de la section

Christophe DOUADY (président de section); Alexandra HOUSSAYE (secrétaire scientifique); Céline ARNATHAU; Sophie ARNAUD-HAOND; Colin FONTAINE; Adrien FRANTZ, Sylvain GANDON; Guila GANEM; Étienne HENRY; Mohamed JEBBAR; Sandrine LADEVEZE; Sarah LECLAIRE; Violaine LLAURENS; Yannick MORET; François POMPANON; Tony ROBILLARD; François ROUSSET; Camille ROUX; Ascel Regis SAMBA LOUAKA; Laure SEGUREL; Pascale TALAMOND. Anciens membres contributeurs : François CRISCUOLO; Ophélie RONCE; Pierre SASAL.

Introduction

Ce travail nous a donné l'occasion de revenir sur l'activité d'expertise menée au sein de la section. Suite à des échanges avec la direction du CNRS Écologie & Environnement, le parti a été pris d'actualiser l'exercice de prospective précédent plutôt que de le refondre intégralement. À ce titre, y est abordée une analyse rétrospective du concours CR, des enjeux de parité, des enjeux scientifiques, des interfaces disciplinaires et des moyens. Ce travail présente également les réflexions qui animent notre communauté en termes de responsabilité

environnementale, d'impact vers la société ou d'emploi.

Les domaines de recherche actuellement couverts par la section 29 s'articulent autour de quatre grands thèmes :

- (i) Biodiversité (origine et dynamique spatiotemporelle à différents niveaux d'organisation et échelles de temps, notamment en relation avec les changements globaux);
- (ii) Évolution (micro- et macroévolution, spéciation, mécanismes, dynamiques, modèles);
- (iii) Adaptation (facteurs sélectifs, mécanismes, dynamiques, impacts);

Comité national de la recherche scientifique

(iv) Écologie (interactions intra- et interspécifiques, écologie des communautés, dynamique des écosystèmes et des populations, écologie de la santé, écologie comportementale).

Ces thèmes généraux couvrent un large éventail de disciplines et d'approches : écologie expérimentale et de terrain, écologie évolutive, biologie des populations, systématique, génétique et génomique évolutive, génomique et métagénomique environnementale, paléontologie, paléogénétique et paléogénomique, écophysiologie, épigénétique et omique (transcriptomique, protéomique, métabolomique), bio-informatique, phylogénomique, modélisation (théorique, explicative et prédictive) etc. Les recherches couvrent l'ensemble de la biosphère, des plus hauts sommets continentaux aux plus grandes profondeurs océaniques, à toutes les échelles de temps et d'espace et à tous les niveaux d'organisation. La diversité des approches sert un objectif commun : décrire la diversité biologique à différents niveaux d'organisation, du gène à l'organisme, de la population à la communauté, afin de comprendre les processus qui la façonnent. Si la recherche fondamentale menée au sein de la section en constitue la base, elle est également importante en termes d'applications. La période actuelle, marquée par de profonds changements environnementaux et des pressions toujours plus fortes sur la biodiversité, appelle à renforcer encore ces recherches, afin d'affiner notre compréhension de ces processus pour pouvoir prédire l'avenir de la biodiversité et, *in fine*, agir en conséquence.

I. Bilan des unités

88 unités sont rattachées à la section 29, 46 à titre principal et 42 à titre secondaire. Parmi les unités, la majorité sont des UMR (54). On compte également 2 IRL (Afrique du Sud, Thaïlande), 9 FR, 21 UAR et 2 EMR. 65 unités sont rattachées principalement à CNRS Écologie & Environnement dont 23 sont rattachées secondairement à au moins un autre institut du CNRS (5 instituts sont concernés), en particulier et de manière

tout à fait logique étant donné les domaines de recherche de la section, avec le CNRS Terre & Univers (12 unités) et le CNRS Biologie (8 unités). Outre les partenariats universitaires, les établissements partenaires sont notamment le MNHN, l'IRD, l'INRAE, le CIRAD, l'IFREMER, l'EPHE et de manière plus ponctuelle l'Institut Pasteur et l'INSERM. Les unités couvrent le territoire métropolitain, avec notamment une forte présence en région Île-de-France (23, représentant environ 20% des effectifs de chercheuses et chercheurs) et en Occitanie (15, représentant environ 34% des effectifs de chercheuses et chercheurs). Étant donné les enjeux de biodiversité dans les zones ultramarines, plusieurs unités y sont présentes (Guyane, Réunion, Nouvelle-Calédonie, Polynésie française).

II. Analyse rétrospective du concours CR

Dans un contexte où la baisse du nombre de postes ouverts au concours est souvent perçue comme un élément majeur de la baisse d'attractivité des métiers de la recherche (avec les salaires, la durée des situations précaires, leur emprise sur la vie personnelle ou encore le manque de crédits pour exercer), il nous a semblé important de prolonger les analyses effectuées lors de la précédente mandature. Il s'est donc agi d'analyser rétrospectivement l'évolution des profils des personnes ayant candidaté et ayant été recrutées pour objectiver certains éléments de l'évaluation, notamment en ce qui concerne l'expérience au recrutement et les données bibliométriques.

A. Nombre de postes et de candidatures

De 2020 à 2024, la section 29 a recruté 24 chercheuses et chercheurs contre 30 sur la période 2015-2019 et 40 entre 2010 et 2014, ce

qui correspond à une moyenne de cinq postes par an (respectivement un et deux postes de moins par an vis-à-vis des périodes précédentes). Il est à noter que deux de ces postes pourvus sur des thématiques fléchées visaient à renforcer l'expertise de notre communauté dans des laboratoires relevant du CNRS Biologie. Ainsi, c'est seulement 22 postes sans thématique fléchée qui ont été ouverts au concours sur la période récente (cf. figure 1).

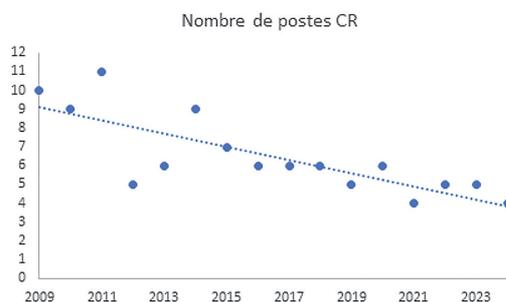


Figure 1 : Évolution du nombre de postes sans thématique fléchée ouverts au concours.

Parallèlement, le nombre de candidatures semble également diminuer au cours du temps (175 en 2011, 118 en 2018, 91 en 2024). Cette tendance, qui n'était pas (encore) significative en 2018, est aujourd'hui très prononcée. À l'échelle internationale, on constate que l'attractivité du métier de chercheuse ou chercheur au CNRS se maintient au cours du temps, avec environ 25 % de candidatures étrangères et environ un tiers de candidates et de candidats ayant l'équivalent d'un doctorat préparé à l'étranger. Comme lors de la précédente mandature, nous constatons que le nombre de candidatures étrangères est positivement lié au nombre de candidatures totales.

B. Expérience de recherche

1. Évolution de l'expérience de recherche au cours du temps

L'analyse des profils de l'ensemble des candidatures depuis 2013 montre que l'expérience

de recherche non corrigée des candidates et candidats (soit le nombre d'années d'écart entre l'année du concours et l'année de soutenance de thèse) a significativement augmenté, passant d'une moyenne de 5,3 années en 2013 à 7,1 années en 2023 (N = 1290 ; modèle de régression linéaire, p-val = 5e-13) (cf. figure 2). Cette augmentation est également significative pour les candidates et candidats auditionnés (N = 446 ; p-val = 8e-6) et classés (N = 123 ; p-val = 0,043), bien que leur expérience de recherche fluctue considérablement d'une année à l'autre. Différents facteurs pourraient expliquer cette augmentation d'expérience, comme la meilleure prise en compte des arrêts au cours de la carrière (c'est-à-dire maladie, soin proche parent, maternité), mais aussi, et de manière plus inquiétante, la réduction du nombre de postes.

Pour les années où l'information était disponible (2020-2023), l'expérience a été corrigée pour tenir compte des arrêts de carrière (nombre de mois depuis la date exacte de soutenance, moins la durée des arrêts maladie et/ou nombre de maternités (18 mois par enfant)). Cette expérience corrigée montre toujours une tendance similaire pour l'ensemble des candidatures (moyenne de 5,8 années en 2020 versus 6,4 années en 2023, cf. figure 2), mais n'est pas significative (N = 424 ; p-val = 0,058). Elle ne l'est pas non plus sur les candidats et candidates auditionnés (N = 134 ; p-val = 0,301) ou classés (N = 36 ; p-val = 0,341). Cependant, cette analyse, seulement faite sur les quatre dernières années, devra être effectuée sur un pas de temps plus long pour voir si cette tendance se confirme.

2. Expérience de recherche en fonction des résultats des concours

L'expérience corrigée des candidates et candidats auditionnés (toutes années confondues depuis 2020) n'est quant à elle pas significativement différente de celle des non auditionnés (t.test, p-val = 0,580), et similairement pour les candidatures classées (t.test, p-val = 0,143) (cf. figure 3), suggérant qu'il n'y a pas de biais pour une expérience plus importante lors du recrutement.

Comité national de la recherche scientifique

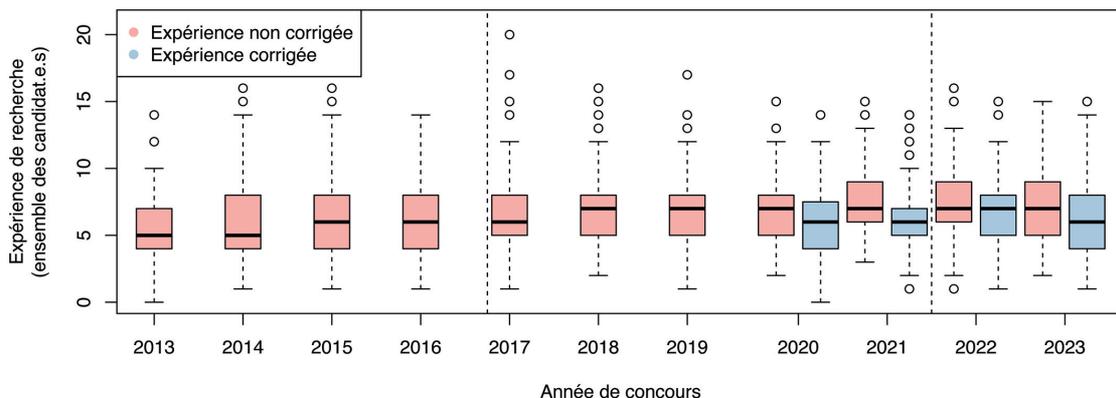


Figure 2 : Expérience de recherche pour l'ensemble des candidates et candidats, en années, corrigée ou non pour les arrêts maladie et le nombre de maternités, en fonction des années du concours. Les différentes mandatures (2012/2016 ; 2017/2021 ; 2022/en cours) sont séparées par des pointillés.

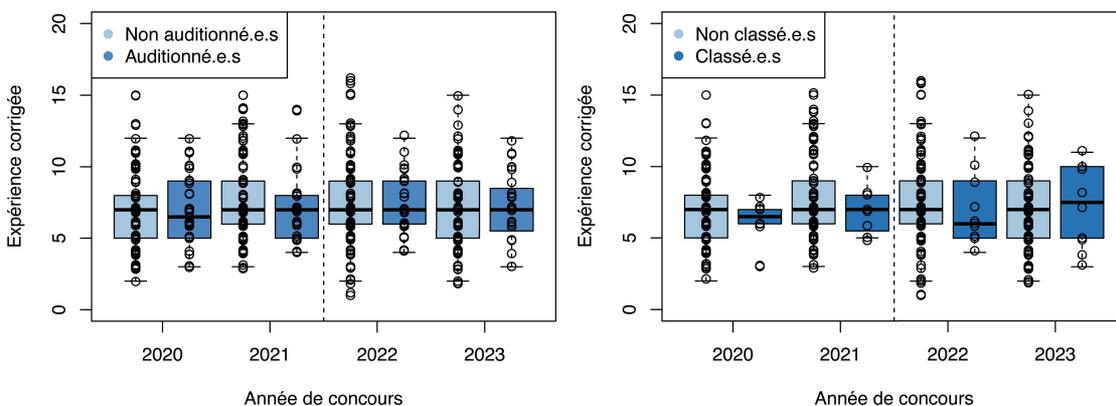


Figure 3 : Expérience de recherche corrigée pour les candidates et candidats auditionnés ou non (panel de gauche) et classés ou non (panel de droite). Les données pour les années 2020 et 2021 appartiennent à la mandature précédente et sont séparées par des pointillés.

C. Qualité et impact des travaux

Bien que le nombre de publications ne constitue plus un élément majeur de l'évaluation des dossiers et que, depuis au moins deux mandatures, la section 29 apprécie ce nombre parmi de nombreux autres facteurs, nous avons repris les données pour évaluer comment cette métrique a évolué dans le temps, et notamment depuis la fusion des statuts

CR2/CR1 en 2018 et depuis la mise en avant des critères de qualité et d'impact des travaux par le CNRS. Notons que lors des recrutements, le nombre de publications est aussi apprécié au regard du nombre d'années d'expérience corrigée du dossier de candidature, tandis qu'ici, il est montré en valeur absolue. Il y a, comme attendu, une relation significativement positive entre l'expérience de recherche non corrigée et le nombre de publications (corrélation de Spearman = 0,49, p-value < 2e-16).

Section 29 - Biodiversité, évolution et adaptations biologiques : des macromolécules aux communautés

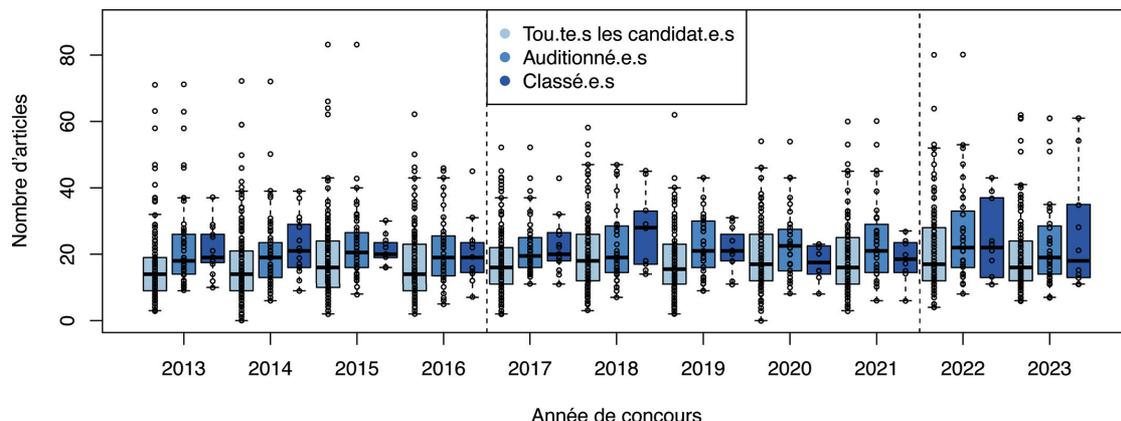


Figure 4 : Le nombre d'articles pour trois différentes phases du concours est montré en fonction des années du concours, avec les différentes mandatures (2012/2016; 2016/2021; 2021/en cours) séparées par des pointillés.

Tout d'abord, nous ne notons pas d'effet de la fusion CR1/CR2 de 2018 sur le nombre d'articles par candidature (cf. figure 4). Ensuite, nous observons un nombre significativement plus grand de publications chez les candidates et candidats auditionnés ($N = 446$, moyenne = 22,6) par rapport à l'ensemble des candidatures ($N = 1266$, moyenne = 18,5) (test de Student à un échantillon, p -value = 6-13). Cependant, le nombre de publications des personnes auditionnées n'est pas significativement différent de celui des classés ($N = 123$, moyenne = 22,1; p -val = 0,54) ou sur liste principale ($N = 63$, moyenne = 22,5; p -val = 0,90) (tests de Student à un échantillon, p -value > 0,5). Le nombre de publications est ainsi un mauvais prédicteur du succès au concours parmi les personnes auditionnées. Il est également important de souligner qu'il existe une grande variabilité du nombre de publications par candidature (de 0 à 83 pour l'ensemble des candidatures, de 5 à 83 pour les candidatures auditionnées, de 6 à 61 pour les candidatures classées), ce qui illustre clairement la prise en compte de l'impact et de la qualité des productions plutôt que de leur quantité.

Dans tous les cas, bien que le nombre de publications soit une métrique facile à obtenir et donc à utiliser pour de telles analyses

comparatives, la section 29 travaille essentiellement sur une estimation qualitative des travaux de recherche des candidates et candidats (c'est-à-dire, respect des principes de la déclaration de DORA et CoARA), en essayant d'éviter au maximum de faire appel à des indicateurs bibliométriques quantitatifs. Pour ce faire, la section évalue principalement : i) l'adéquation des travaux et projets de recherche avec les thématiques de la section, ii) le projet de recherche à travers son originalité, sa pertinence, sa faisabilité et son caractère impactant, iii) les travaux antérieurs à travers leur originalité, leur technicité, leur impact, ainsi que la qualité des publications, le leadership et le rayonnement scientifique des candidates et candidats, et iv) leur autonomie à travers notamment l'indépendance de leurs productions scientifiques par rapport à leurs encadrantes et encadrants de doctorat, les encadrements effectués, et les financements obtenus. En complément, la section considère également certains indices d'impact des publications comme le *beamplot* du *Web of Sciences* (<https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>), bien que ces métriques présentent elles aussi des biais inhérents. Nous rappelons que cette évaluation se fait en pondérant par le stade et la durée de la carrière.

D. Science ouverte & éthique de la publication dans l'évaluation de la recherche

La section a également à cœur d'évaluer les politiques de science ouverte menées par les candidates et candidats, pour contribuer à estimer au mieux la qualité de leur recherche. La section, ainsi que le CSI du CNRS Écologie & Environnement, reconnaît ainsi l'originalité et l'intérêt de l'initiative PCI (*Peer Community In*) (<https://peercommunityin.org/>), qui vise à promouvoir une réappropriation du processus de publication par la communauté scientifique. À ce titre, les publications PCI sont considérées comme des publications dans des revues indexées pour l'évaluation et le recrutement. Le site DAFNEE (<https://dafnee.isem-evolution.fr/>) fournit également des informations sur les politiques de science ouverte et le modèle économique (liens avec sociétés savantes notamment) de différents journaux en écologie et évolution. La sensibilité des candidates et candidats à ces problématiques de science ouverte et d'éthique de publication, et notamment l'évitement des revues prédatrices à la faveur de modèles d'édition plus vertueux (accès ouvert, à but non lucratif) dans leur stratégie de publication et leur investissement dans le travail d'édition sont pris en compte par la section.

III. Parité, seul un tiers des chercheurs de notre section sont des chercheuses

A. État des lieux sur la parité

Actuellement, l'effectif de chercheurs et chercheuses CNRS au sein des laboratoires de la section 29 est composé de 2/3 d'hommes (n = 225) et d'1/3 de femmes (n = 114). Cette

proportion de femmes varie entre les différents grades (cf. figure 5). Elle est particulièrement faible dans les grades DRCE (18%) et CRHC (26%), mais elle varie peu entre les grades CRCN (38%), DR2 (31%) et DR1 (33%). Cette faible variation est à souligner car elle illustre la porosité entre ces différents grades. Cependant, comme décrit ci-après, cela n'a pas toujours été le cas dans le passé et cette situation d'équilibre résulte d'une dynamique initiée et maintenue durant les 4 précédentes mandatures.

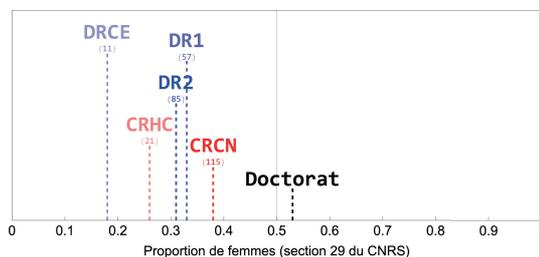


Figure 5 : Les lignes pointillées de couleur indiquent la proportion de femmes dans les différents grades au sein des chercheurs et chercheuses de la section 29 en décembre 2022 (les nombres entre parenthèses indiquent les effectifs totaux). La ligne pointillée noire indique la proportion de femmes parmi les doctorantes (moyenne de 2011 à 2021 en sciences agronomiques et écologiques, source : MESR-SIES enquête sur les écoles doctorales). La hauteur des lignes reflète l'état d'avancement de la carrière.

La figure 5 illustre aussi une différence marquée entre la proportion de femmes qui soutiennent une thèse dans notre champ disciplinaire (53%) et la proportion de femmes dans le grade des CRCN (38%). Comme discuté ci-après, la proportion de femmes CRCN est très proche de la proportion de candidatures féminines. L'écart conséquent mentionné plus haut montre que, par rapport aux hommes, il y a une plus grande proportion de jeunes chercheuses qui ne postulent pas au CNRS. Notons que ce phénomène n'est pas observé sur les concours de maîtres et maîtresses de conférences des sections présentant un fort recouvrement thématique (c'est-à-dire 49% et 52% de candidatures féminines aux concours MCU entre 2018 et 2022 pour les sections CNU 67 et 68, source : GALAXIE⁽¹⁾). Des recherches approfondies seraient nécessaires pour étudier le devenir des jeunes postdoctorantes, mais cet

écart doit nous alerter sur la nécessité de réfléchir sur cette phase critique de la carrière des jeunes chercheuses de notre domaine.

Au niveau de la direction des unités de la section 29, nous sommes également loin de la parité homme/femme. 33% des unités sont dirigées par des femmes et on dénombre 30% de directrices d'unité adjointes. Par conséquent, la section souhaite continuer à encourager les femmes à prendre des fonctions au sein de la direction des unités, même si elle est bien consciente que ce taux reflète aussi celui de la proportion de femmes DR et PR dans les unités. Tout ceci doit s'inscrire dans la politique plus globale d'encourager la prise de hautes responsabilités pour les femmes en les allégeant d'autres responsabilités, moins valorisées et moins impactantes, dans lesquelles elles sont impliquées, afin d'éviter le surmenage des femmes DR et PR.

B. Les concours

À l'issue du processus de sélection, la proportion de femmes classées sur liste principale est au moins égale à celle des candidates admises à concourir. Pour autant, le pourcentage de femmes candidates demeure chaque année nettement inférieur à 50% (ce qui est d'autant plus marqué pour le concours DR, cf. figure 6).

Ainsi, l'incitation spécifique du CNRS auprès de notre communauté, et suggérée par le précédent rapport de conjoncture, pour que les jeunes docteurs candidatent, reste toujours d'actualité. Il convient non seulement d'inciter les femmes à concourir mais aussi de s'attacher à limiter l'abandon de la recherche des femmes au cours de la période de postdoctorat.

Il nous faut également souligner ici la forte variation interannuelle du nombre de candidates au concours DR (entre 19% et 45%). Pour comprendre cette variation, il est important de revenir sur la dynamique des proportions de femmes dans les différents grades ces dernières années.

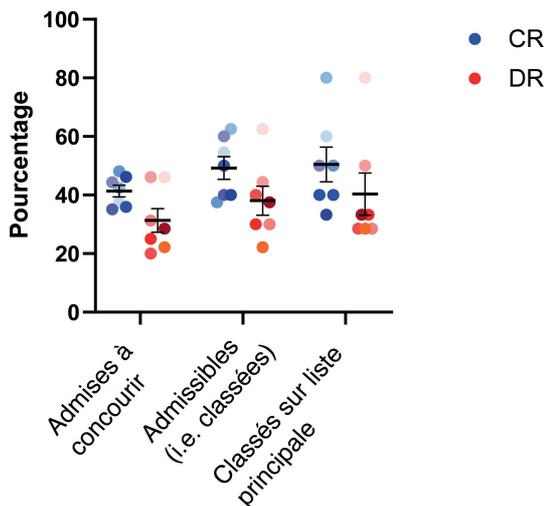


Figure 6 : Proportion de femmes aux différentes phases des concours CR et DR. Ces données concernent les concours des sept dernières années (2017 – 2023). La représentation intègre l'erreur standard sur la moyenne.

C. Dynamique de la proportion de femmes CR et DR : historique et projections pour le futur

Sur les 20 dernières années, la proportion de femmes parmi les CR de la section 29 est restée relativement stable, c'est-à-dire autour de 1/3. On note cependant une plus forte proportion de femmes parmi les CR1 (36%) que parmi les CR2 (25%) en 2004 (cf. figure 7). Il est possible qu'à cette période, une plus forte proportion de femmes retardait leur candidature au concours DR, engendrant une surreprésentation de celles-ci dans le grade de CR1. En revanche, l'écart entre proportion de femme CR et DR s'est réduit pour atteindre en 2023 33% et 31%, respectivement. Cette réduction est possiblement due à une augmentation des recrutements de femmes DR depuis 2004.

Cette réduction des écarts se voit très clairement quand on examine la variation de la proportion de femmes dans les différents grades de DR. La situation actuelle (1/3 de

Comité national de la recherche scientifique

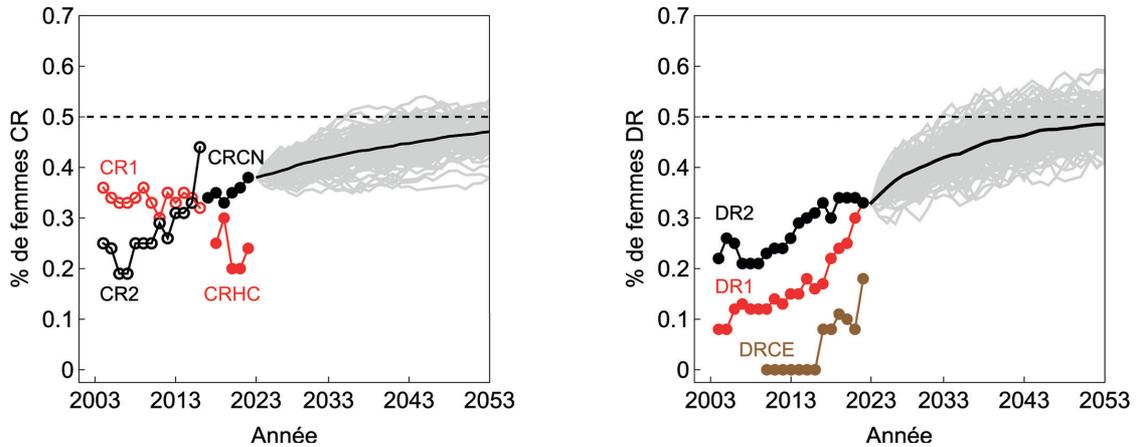


Figure 7 : Cette figure montre les variations de la proportion de femmes parmi les CR et les DR de la section 29. Nous présentons ces variations dans les différents grades (CR2, CR1 avec des cercles noirs et rouges, puis à partir de 2017 CRCN et CRHC avec des points noirs et rouges ; DR2, DR1 et DRCE avec des points noirs, rouges et marrons) de 2004 à 2022 (source : bilans sociaux, effectifs en PPP au 31/12/23). À partir de 2023, nous présentons une projection pour la proportion de femmes CRCN et DR2. Ces projections reposent sur un modèle très simple et font l'hypothèse d'un recrutement de 5 CRCN et de 7 DR2 chaque année (les nombres de CRCN et DR2 en poste sont supposés constants et égaux à 115 et 85, respectivement) et d'une proportion de femmes parmi les lauréates et lauréats de 50% (c'est-à-dire issue d'un tirage binomial avec une probabilité de $1/2$ constante au cours du temps). Les courbes en gris représentent 100 simulations indépendantes (la moyenne est indiquée avec une courbe noire).

femmes dans les grades CRCN, DR2 et DR1) résulte en réalité d'un rééquilibrage qui s'étale sur 20 ans. On constate en effet une augmentation continue de la proportion de femmes dans les grades de DR. Cette augmentation vient sans doute des candidatures des femmes CR1 mais peut-être aussi d'un plus grand nombre de départs à la retraite chez les hommes. Une analyse plus approfondie prenant en compte la structure en âge de ces populations permettrait de mesurer plus finement l'influence des stratégies de recrutement adoptées par les 4 dernières mandatures sur ce rééquilibrage.

Quelle sera la proportion de femmes CRCN et DR2 dans 10, 20 ou 30 ans? La figure 7 tente de répondre à cette question en présentant des projections basées sur un taux de recrutement qui respecterait la parité parmi les lauréats et lauréates des concours CRCN et DR2. À noter que ce taux est atteint pour les candidatures CR mais pas encore pour les candidatures DR2. Ces prédictions sont naïves et ignorent les effets de la structure en âge mais aussi d'autres facteurs difficiles à anticiper. Une stratégie

qui tenterait de respecter la parité, en dépit d'un moins grand nombre de femmes parmi les candidatures, permettrait de se rapprocher de la parité dans une trentaine d'années (cf. figure 7).

En conclusion, ces données montrent que nous sommes encore loin de la parité homme/femme dans la section 29, bloquant autour de $1/3$ de femmes alors que plus de 50% des jeunes docteurs sont des femmes. Les données disponibles indiquent une augmentation encourageante au cours de ces 20 dernières années. Cette dynamique s'explique par de multiples facteurs, et en particulier par une prise de conscience collective des biais cognitifs et des indicateurs biaisés. La mandature actuelle prolonge l'action menée par les mandatures précédentes et veille activement au principe de l'équité entre les hommes et les femmes. Cependant, les données prédisent que si la parité est en effet atteignable, elle ne le serait que d'ici une trentaine d'années seulement et ce dans le cas d'une proportion de femmes parmi les lauréats de 50%, situation encore très rarement atteinte pour les concours DR. Cette conclusion

souligne le besoin de comprendre les verrous actuels et de chercher à les débloquer.

IV. Responsabilité environnementale

Les travaux menés par les chercheurs et chercheuses de la section participent largement à la compréhension et à la mesure des conséquences de la crise environnementale que nous vivons, et nous sommes beaucoup à nous questionner sur l'impact de nos recherches sur l'environnement. Au travers des dossiers d'évaluation des chercheurs et chercheuses de la section 29, nous avons constaté que notre communauté était de plus en plus consciente de l'impact écologique de ses activités de recherche et questionnait la perception et la place de nos recherches dans la société. En effet, comment étudier, mesurer, identifier les mécanismes à l'origine des crises biologiques et environnementales et proposer des solutions à la crise actuelle, liée à l'Anthropocène, sans questionner aussi nos propres pratiques? Nos propres comportements impactent également notre capacité à faire passer des messages concernant l'urgence à réduire nos empreintes (carbone, biodiversité, eau).

Une analyse publiée par l'INED (Institut national d'études démographiques) en 2022 révèle que la prise de conscience par les scientifiques, bien qu'aiguë, ne se traduit pas systématiquement par des actions. La section 29 souhaiterait ainsi établir un bilan permettant d'identifier plus spécifiquement les émissions de GES principales de ses laboratoires, mais aussi les démarches envisagées pour réduire leurs émissions, et encourager une démarche de partage d'expériences. À ce jour, il apparaît que moins de 50 % de nos laboratoires se déclarent être plus ou moins engagés dans des efforts de sobriété au sens large.

Sur 83 laboratoires rattachés à la section 29, 31 % ont réalisé un bilan sur une ou plusieurs années et 27 % ont déclaré souhaiter démarrer

cette démarche en s'inscrivant auprès du laboratoire 1.5. Pour bien identifier les leviers que l'on pourrait utiliser à l'échelle de la section, il nous semble important que tous les laboratoires de la section réalisent un bilan GES. Une réflexion est menée sur la nécessité de mettre en place un réseau de référentes et référents « environnement » de la section 29 ou à l'échelle du CNRS Écologie & Environnement, pour faciliter un échange d'expériences entre les laboratoires plus ou moins avancés dans la démarche visant à estimer leurs émissions et la mise en place d'actions permettant de réduire l'empreinte environnementale.

Si cela ne correspond pas à un critère officiel retenu par les instances pour évaluer l'activité scientifique, la prise en compte de l'impact environnemental de nos recherches est un aspect auquel la section est sensible. Par exemple, en donnant moins de poids à la participation à des congrès internationaux (impliquant un transport important) dans nos évaluations, nous espérons inciter à plus d'écoresponsabilité de la part de nos collègues. Par ailleurs, le groupe de travail soutenabilité du CNRS réfléchit également à des recommandations pour la prise en compte de l'impact environnemental dans les évaluations des chercheurs et chercheuses et des projets, et pour le soutien dans la transition de leurs projets de recherche.

À l'échelle de la direction des UMR et des équipes, un accompagnement et des actions incitatives pourraient être utiles, sous la forme notamment de chartes vertes intégrées aux règlements intérieurs des laboratoires et dans les livrets d'accueil, et des réunions d'informations et de formations à la sobriété régulières. À l'échelle des individus, il est également important, lorsque cela ne nuit pas à la qualité de leur recherche, que les chercheurs et chercheuses réduisent leurs missions de courte durée lorsqu'elles impliquent un moyen de transport fortement émetteur de GES, et qu'ils combinent plusieurs objectifs lors d'un même déplacement (mission et congrès, congrès et visite de laboratoire, etc.). Favoriser les méthodes de collecte respectueuses de l'environnement nous semble également essentiel.

V. Impact sur la société

La crise environnementale et de la biodiversité, ainsi que ses conséquences pour les décennies à venir placent les thématiques de la section 29 au centre d'enjeux sociétaux primordiaux pour penser le monde de demain. Alors que la quantité de données produites par les programmes de recherche de notre communauté n'a jamais été aussi importante (notamment grâce au développement des sciences participatives et des techniques d'acquisition à très haut débit), la prise en compte par les décideurs des prédictions et des résultats qui en découlent et l'impact concret sur les politiques publiques de préservation des écosystèmes reste faible (par exemple, arrêt du plan Ecophyto). La communauté scientifique fait également face à une défiance grandissante vis-à-vis des constats scientifiques sur des problématiques de santé publique (par exemple, Covid-19 et vaccination) ou de changements globaux. Ces facteurs sont autant d'obstacles à la mise en œuvre de solutions pour un avenir plus durable, dont la nécessité se fait de plus en plus pressante au fil des ans.

Les scientifiques de la section 29 sont bien conscients de l'urgence et de la nécessité de mettre en place des stratégies plus efficaces de transfert de leurs connaissances et de leurs résultats, tant pour informer l'opinion publique sur ces questions que pour établir un dialogue constructif avec les instances gouvernementales qui mettent en œuvre les politiques d'adaptation et de protection de l'environnement et de la biodiversité. Ce transfert passe notamment par des actions de sensibilisation aux problèmes posés et par la formation des futurs cadres de l'administration pour mieux mettre en œuvre des outils d'évaluation efficaces et des solutions adaptées aux contraintes sociétales.

Il existe une multiplicité de stratégies de diffusion de la connaissance scientifique en dehors des sphères académiques, sous la forme de conférences, expertises, développement d'outils d'évaluation de terrain, formation de personnels, expertise aussi bien auprès d'instances régionales (conseils régionaux, agences locales, opérateurs et utilisateurs etc.), nationales (ministères, etc.) ou internationales (IUCN, IPBES, GIEC, etc.), qui sont mises en avant dans les dossiers d'évaluation ou de candidature. Cependant, cette activité de communication est uniquement développée par une proportion réduite de chercheurs et chercheuses (cf. figure 8), proportion augmentant avec les années d'expérience. Ce constat interroge à la fois sur la sensibilisation et la formation des jeunes scientifiques à ce pan de plus en plus important de leur activité professionnelle, et sur les choix de politique/communication scientifiques qui seront mis en œuvre par le CNRS dans un avenir immédiat (et qui ont fait l'objet d'une réflexion particulière lors des prospectives CNRS Écologie & Environnement en 2023). Pour ce dernier point, les outils sont présents, qu'ils prennent la forme de Zones Atelier qui conduisent les chercheurs et chercheuses au plus près de la société civile, de programmes ambitieux pluriannuels nationaux comme les PEPRs pour développer de nouvelles approches, ou d'écoles thématiques formatrices sur ces aspects. Pour mener à bien cette transition qui s'avérera clé pour aller vers une recherche orientée vers l'action, les savoir-faire uniques de la section 29 sont un atout pour venir enrichir les démarches interdisciplinaires qui se développent au sein du CNRS à travers les différents CID. Cette interconnexion entre disciplines de recherche complémentaires et le développement de programmes inter-instituts permettront d'aller vers une étude encore plus intégrée des socio-écosystèmes et de leurs perturbations.

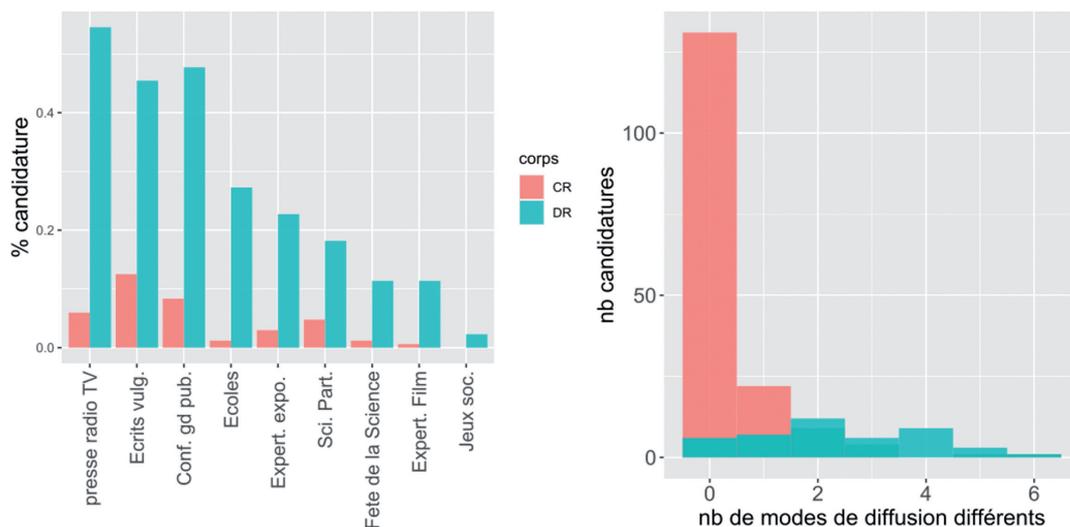


Figure 8 : Gauche : pourcentage de candidatures faisant état de diffusion des résultats de la recherche vers la société à travers de différents modes de diffusion, depuis 2022. Droite : distribution du nombre de modes de diffusion différents par candidature, depuis 2022.

VI. Emploi

Le contexte dans lequel le présent rapport est rédigé résulte d'une succession de rapports, déclarations et dispositifs législatifs convergents, spécifiques à la recherche (Loi de Programmation de la Recherche promulguée en 2020 malgré une très forte opposition de la communauté, rapport Gillet de 2023, déclarations présidentielles sur la recherche française du 13 janvier 2022 et du 7 décembre 2023, rapport d'évaluation Hcéres du CNRS) ou généraux (contre-réformes des retraites et de l'assurance-chômage, déclaration de politique générale du 1^{er} ministre de janvier 2024). Dans leur ensemble, ces textes ont pour conséquences :

- l'aggravation de la précarité *via* les chaires de professeurs juniors (CPJ) et les contrats de mission scientifique instaurés par la loi de programmation de la recherche qui allongent la période de contrats à durée déterminée (CDD), s'inscrivent dans des projets de court terme, risquent d'aggraver la sous-

représentation des femmes (subissant encore plus le report de l'âge de recrutement sur un poste de titulaire et l'opposition entre vie de famille et pression exacerbée d'atteindre des objectifs) et *in fine* découragent la prise de risque et de ce fait, réduisent les possibilités de forte innovation. À noter que ces postes sont positionnés sur des thématiques fléchées sans concertation avec les sections mais devront (post-titularisation) être évalués et éventuellement promus par elles. Pour toutes ces raisons, la section 29 a refusé de participer aux travaux des jurys de recrutement et à la mise en place de ces CPJ ;

- des pressions réitérées pour que les chercheurs et chercheuses enseignent, notamment par le rapport Gillet qui déclare que « Si demain tous [les chercheurs] faisaient entre 32 et 64 h par an nous résoudrions une partie d'un problème chronique ». Les membres de la commission Gillet ne semblent pas avoir réalisé qu'avec moins de 17 000 chercheurs et chercheuses pour plus de 55 000 enseignantes et enseignants, la proposition n'aboutirait qu'à une réduction d'à peine 10 à 20 heures du service statutaire des EC ;

Comité national de la recherche scientifique

– une pénurie qui affecte tous les corps, et la priorisation des postes IT (dont les effectifs sont effectivement insuffisants dans les laboratoires) sur les postes de CR aboutissant à des compromis insoutenables et des pressions de sélection qui nuisent au processus même de recrutement. À noter que sur la période 2019-2024, le taux de succès au concours CRCN non fléchi n'a jamais atteint les 5% soit un taux de trois fois inférieur au taux de succès aux ERC Starting Grant par exemple ;

– une augmentation de la part des financements sur projets par l'Agence nationale de la recherche (LPR, rapport Gillet, discours présidentiel) au détriment d'un soutien pérenne et substantiel par des crédits récurrents à leurs salariés pour que ces derniers puissent exprimer ce pourquoi ils ou elles ont été recrutés ou, dit plus simplement, pour qu'ils ou elles puissent travailler ;

– une perte d'attractivité des métiers de la recherche *via* l'augmentation de la durée de cotisation pour une retraite à taux plein qui ne peut être atteinte compte tenu de la durée de formation et des âges de recrutement ou des modifications des règles de calcul de l'allocation chômage pour les périodes de précarité qui constituent le lot de la plupart des carrières de technicien et techniciennes.

VII. Enjeux scientifiques

Nous avons cherché à analyser l'évolution des thématiques de recherche des candidatures au concours de chargé et chargée de recherche et directeur et directrice de recherche dans la section 29 depuis 2017 sur la base des mots-clés et titres de l'ensemble des projets de recherche proposés. Cette analyse semi-quantitative a été combinée aux perceptions plus subjectives des membres de la section et à leur identification de thématiques émergentes, fondées sur leur participation aux jurys de concours et à l'évaluation des travaux des

chercheuses et chercheurs de la section en 2022 et 2023.

A. Des éléments de contexte

Il est intéressant de replacer l'analyse des thématiques de recherche de la section 29, sur un pas de temps relativement court (2017-2023), dans le contexte d'évolution de nos disciplines sur des périodes plus longues.

À cet égard, on peut citer une publication d'Andersen *et al.* 2021⁽²⁾ ayant analysé l'usage de différents termes et leur évolution depuis 80 ans dans les textes complets de 131 533 articles dans 52 journaux en écologie et conservation. Leur analyse montre plusieurs tendances très claires : 1) la succession dans le temps de différentes théories ou hypothèses écologiques (théorie biogéographique des îles, hypothèse des perturbations intermédiaires, théorie neutraliste, etc.) avec des pics d'engouement suivis de déclin (ce déclin étant relativement général pour les termes relatifs à la théorie dans les années les plus récentes – voir aussi McCallen *et al.* 2019⁽³⁾) ; 2) la transformation progressive d'une discipline scientifique fondée sur des observations naturalistes assez descriptives vers une science de plus en plus quantitative et tournée vers l'acquisition de données à des échelles de plus en plus grandes, avec un rôle de plus en plus important des statistiques dont les méthodes évoluent de manière marquée, de la modélisation et des méta-analyses ; 3) une évolution depuis des questions assez fondamentales vers une place de plus en plus grande des applications, notamment avec l'émergence des sciences de la conservation et des thématiques autour du changement climatique (*climate change* est de loin le terme dont l'usage a connu l'augmentation la plus rapide) ; 4) un boom marqué des approches génétiques, puis génomiques (en termes d'outils mais aussi de concepts) en écologie et conservation à partir des années 1990.

Sur une période plus proche et dans un contexte de recherche national, l'ANR a

récemment conduit une analyse rétrospective⁽⁴⁾ de 15 ans de financements sur projets en biodiversité depuis sa création (entre 2005 et 2019, période pendant laquelle la part de la production scientifique française sur le thème « Biodiversité » a plus que doublé représentant presque 7% des publications mondiales sur le sujet en 2020 d'après *Web of Science*).

Une analyse du champ lexical des résumés de 1249 projets financés, sélectionnés sur la base de leurs mots-clés a permis de décrire une certaine typologie des projets de recherche en biodiversité et l'évolution de certaines thématiques. Ces mondes lexicaux se structurent de façon très disciplinaire en 19 thématiques, divisées entre écologie évolutive d'une part et écologie fonctionnelle d'autre part. Parmi les thématiques identifiées par l'ANR à travers cette analyse de typologie des projets qui sont particulièrement pertinentes pour la section 29, on peut citer : « Symbioses et rhizosphère », « Génotypage, phénotypage et applications du séquençage », « Génétique des populations et réponses adaptatives », « Évolution, comportements et cognition », « Dynamique de populations », « Biologie de l'évolution et de l'adaptation », « Maladies vectorielles et relations hôte-parasite », « Agriculture durable et biodiversité », et enfin « Biodiversité sous contraintes : analyse des processus pour la compréhension et la gestion ».

L'évolution temporelle de ces thématiques et champs lexicaux sur 15 ans reste ténue : elle se signale par 1) l'émergence du terme « biodiversité » comme structurant progressivement les discours à partir de 2008 et remplaçant progressivement le rôle d'articulation centrale du terme « population », 2) une place croissante des termes « génétique » et « génomique » dans l'étude de la biodiversité avec cependant une normalisation et une généralisation récente de ces approches qui rend ces termes moins structurants dans les discours en 2019, 3) une progression visible des termes « évolution » et « adaptation » pendant cette période avec initialement un focus sur les mécanismes fondamentaux de l'évolution qui est en partie remplacé par des questionnements sur les mécanismes de l'adaptation aux changements

globaux, 4) une attention croissante aux recherches sur l'Anthropocène avec la plus nette progression des projets relevant de la thématique « Biodiversité sous contraintes », et en parallèle un relatif déclin de la fréquence des projets relevant des thèmes « Dynamiques sur le temps long » ou « Dynamique des populations ».

Ces tendances sont-elles visibles à l'échelle des projets de recherche soumis par les candidates et candidats aux concours à la section 29 et peut-on distinguer des évolutions depuis 2017?

B. Bilan thématique des projets de recherche proposés à la section depuis 2017

Sept groupes de mots-clés sont aujourd'hui affichés comme représentatifs des différentes thématiques de recherche menées au sein de la section 29 : Biodiversité, adaptation, évolution ; Génétique et génomique évolutive et environnementale ; Écologie et dynamique des populations et des communautés ; Écophysiologie évolutive ; Écologie de la santé et interactions durables ; Écologie comportementale ; Paléobiodiversité.

Tous les dossiers soumis aux concours CRCN et DR2 entre 2017 et 2023 ont été affectés aux différents mots-clés de la section 29 sur la base de l'analyse par un membre de la section des titres des projets de recherche proposés par les candidates et candidats aux concours. À partir de ces dossiers de candidature, il apparaît que les projets soumis par l'ensemble des candidates et candidats ne se répartissent pas équitablement parmi ces thématiques (cf. figure 9). La quasi-totalité des candidatures sont rattachées au thème très large « Biodiversité, adaptation, évolution ». Les candidatures se répartissent ensuite assez équitablement entre deux thématiques toujours structurantes de notre communauté de recherche, avec des projets rattachés aux mots-clés « Génétique et génomique évolutive et environnementale »

Comité national de la recherche scientifique

d'une part, et aux mots-clés « Écologie et dynamique des populations et des communautés » d'autre part. Il est intéressant de noter que l'analyse rétrospective conduite par l'ANR (cf. section précédente) a également identifié les décompositions disciplinaires entre projets relevant plutôt de la biologie évolutive ou de l'écologie comme fortement structurantes, malgré des appels anciens et répétés à plus d'intégration entre ces disciplines. Viennent ensuite par ordre d'occurrence les mots-clés « Écologie de la santé et interactions durables », puis des thèmes numériquement plus minoritaires comme « Écophysiologie évolutive », « Écologie comportementale » et « Paléobiodiversité ». Par ailleurs, on ne voit pas de tendance claire à l'évolution de la représentation de ces mots-clés dans les candidatures aux concours sur les 7 années de la période évaluée.

Se pose alors la question de savoir si certaines thématiques de la section garantissent un meilleur succès aux concours (y a-t-il un avantage du rare ? Ou des thématiques mal évaluées avec un défaut d'expertise appropriée ?). Il n'en est rien. Quelle que soit l'année, le rattachement des dossiers de candidatures à tel ou tel mot-clé thématique de la section n'affecte pas la probabilité de succès aux concours CRCN (Régression logistique : $c2 = 17,53$ d.f. = 13 $P = 0,176$, cf. figures 9A et 9B) et DR2 ($c2 = 13,70$ d.f. = 13 $P = 0,395$, cf. figures 9C et 9D), suggérant une sélection bien répartie sur l'ensemble des thématiques générales de la section. Les fluctuations sur la représentation des différentes thématiques sur les listes principales des concours semblent donc complètement compatibles avec des effets stochastiques liés au nombre réduit de postes.

Pour analyser plus finement les thématiques des projets soumis au concours de chargé et chargée de recherche, nous avons réalisé des nuages de mots à partir de l'occurrence de différents termes dans les titres des projets (cf. figure 10).

Ces nuages montrent que de manière évidente la majorité des projets proposés par les candidates et les candidats sont fortement ancrés dans le domaine de l'évolution (cf.

figure 10A). L'évolution du vivant est considérée, de manière prédominante, dans un contexte de changement, de dynamique, d'environnement et d'adaptation. Le corpus de mots-clés d'importance suivante illustre les niveaux d'intégration des recherches proposées (population, communauté, écosystème, espèce etc.) ainsi que les outils d'analyse employés (génomique, modélisation etc.). Les modèles biologiques d'étude sont très diversifiés (insectes, mammifères, bactéries, plantes etc.) d'où leur importance relative moindre sur le nuage, suggérant que ce sont globalement les concepts qui prévalent par rapport à la spécificité des modèles biologiques. Le nuage de mots représentatif des projets des dossiers retenus sur la liste principale (cf. figure 10B) reprend à peu près la même hiérarchie que celui de l'ensemble des candidatures (cf. figure 10A). Cependant, il met en évidence l'importance des mots-clés « dynamique » et « génomique ».

L'analyse de ces nuages par année sur l'ensemble des candidatures de chargé et chargée de recherche ne montre pas de tendance très claire (voir l'évolution des occurrences des 20 termes les plus fréquents depuis 2017, cf. figure 11). On ne voit pas non plus de patron quand on focalise sur des termes associés à des tendances à long terme dans nos disciplines, tels que « climat », « génomique », « microbiote » ou « modélisation », suggérant que le pas de temps de 7 ans examiné ici ne permet pas de capturer ce qui se dégage de l'analyse sur des temps plus profonds (voir le bilan de l'ANR sur 15 ans ou l'analyse de culturomique sur un corpus de publications très important mentionnés précédemment).

Section 29 - Biodiversité, évolution et adaptations biologiques : des macromolécules aux communautés

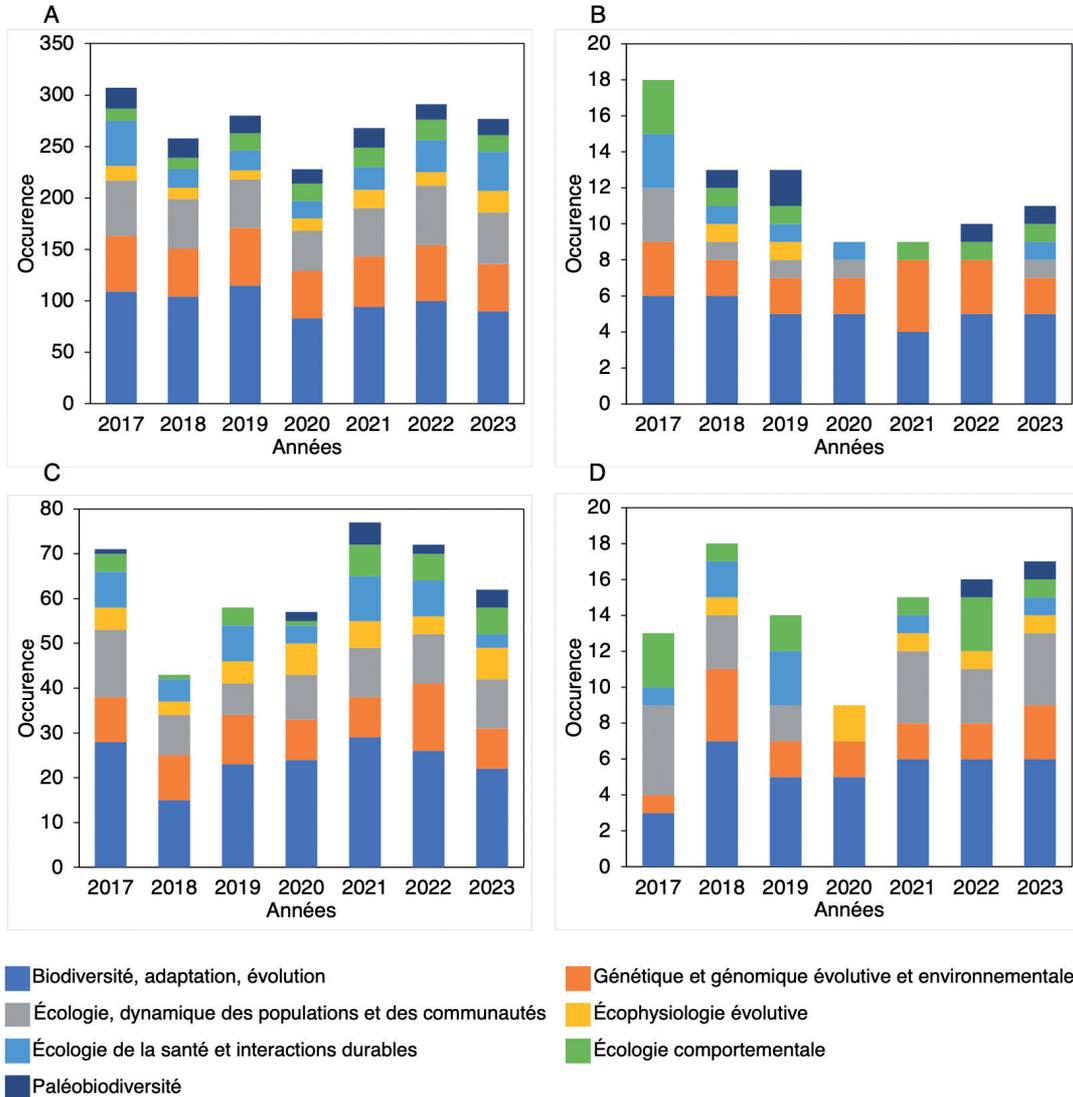


Figure 9 : Occurrence des mots-clés représentatifs des thématiques de recherche de la section 29 des projets soumis par l'ensemble des candidatures aux concours de chargé et chargée de recherche classe normale (CRCN) (A), des projets des candidates et candidats aux concours CRCN retenus sur liste principale (B), des projets soumis par l'ensemble des candidates et candidats aux concours de directeur/directrice de recherche seconde classe (DR2) (C), des projets aux concours DR2 retenus sur liste principale (D), au cours des années 2017 à 2023. Les groupes de mots-clés ne sont pas mutuellement exclusifs.

Comité national de la recherche scientifique

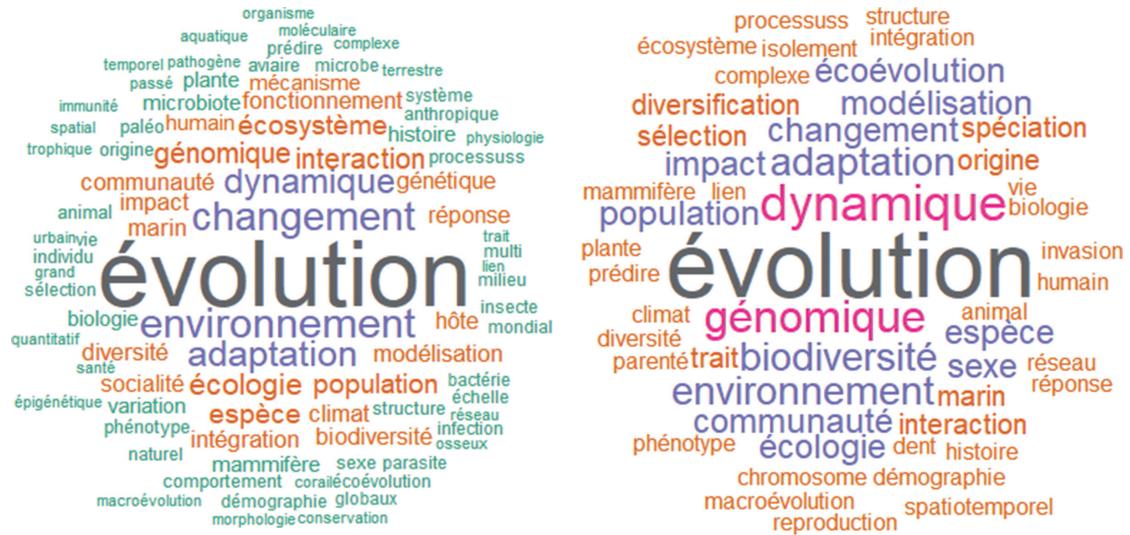


Figure 10 : Nuages de mots thématiques en rapport aux projets de recherche des dossiers de candidatures aux concours CRCN soumis par (A) l'ensemble des candidates et candidats et (B) ceux retenus sur listes principales entre 2017 et 2023.

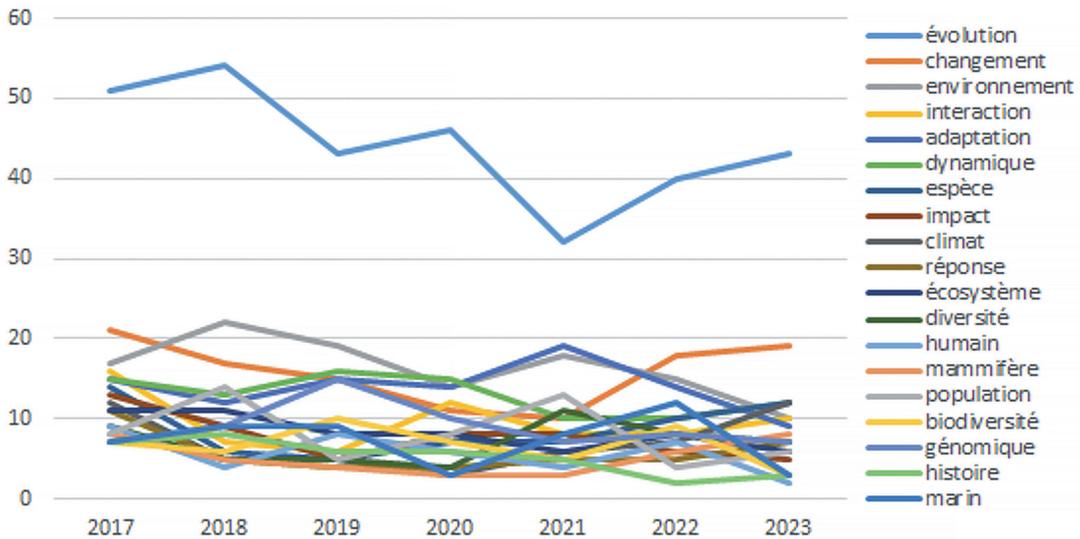


Figure 11 : Évolution de l'usage des 20 mots les plus fréquents dans les titres des projets soumis au concours par l'ensemble des candidatures entre 2017 et 2023.

C. Bilan thématique des projets de recherche des candidates et candidats recrutés dans la section depuis 2017

Une analyse plus qualitative des titres des projets des candidates et candidats classés sur liste principale au concours de chargé et chargée de recherche depuis 2017 montre plus finement la bonne représentation de différents thèmes de recherche et différentes approches méthodologiques, également identifiés lors des prospectives de CNRS Écologie & Environnement qui se sont tenues à La Rochelle en 2023. Parmi les ateliers organisés à cette occasion, on peut notamment citer « Sexe, Genre, Espèces et Évolution », « Micro- et Macroévolution : comment l'une peut-elle éclairer l'autre », « À la frontière entre écologie et évolution », « Érosion de biodiversité : de la perception à l'action », et « Santé et environnement ».

Au moins 7 projets de jeunes chercheurs et chercheuses recrutés dans la section entre 2017 et 2023 s'intéressent à l'évolution des systèmes de reproduction et systèmes génétiques et à leurs conséquences évolutives (par exemple le rôle de la polyploïdie, de la sélection sexuelle, des chromosomes sexuels). L'analyse des patrons de macroévolution, de diversification et de spéciation est un thème majeur de la section, avec effectivement au moins 8 projets qui abordent explicitement les liens entre macro- et microévolution, notamment *via* le développement d'approches de génomique de la spéciation. On note globalement une bonne représentation de la génomique évolutive, avec au moins 6 projets s'intéressant aux rôles évolutifs de différentes mutations structurales (duplications, réarrangements chromosomiques, éléments transposables), des transferts latéraux et hybridations. Au moins 8 projets s'intéressent aux réponses des populations aux changements globaux, que ce soit au niveau démographique, comportemental, morphologique, des traits d'histoire de vie, ou de l'organisation sociale. Huit autres examinent ces impacts au niveau des communautés, des

réseaux trophiques ou avec des approches plus macro-écologiques, en étudiant notamment l'effet des invasions biologiques, des événements extrêmes, ou plus généralement les mécanismes d'assemblage des communautés. Les projets à la frontière entre écologie et évolution sont bien représentés avec au moins 8 projets dont le titre mentionne explicitement des approches éco-évolutives et les rétroactions entre ces dynamiques. De manière un peu plus marginale, plusieurs projets mentionnent explicitement dans leur titre des questionnements sur les relations entre santé, écologie et évolution. D'autres thématiques non identifiées par la prospective de 2023 émergent, incluant l'écologie du mouvement (3 projets), l'évolution de la socialité (2 projets), ainsi que des approches méthodologiques prenant plus d'ampleur (au moins 3 projets mentionnent dans leur titre l'évolution expérimentale comme un outil majeur à la base de leurs recherches).

D. Thématiques émergentes identifiées par les membres de la section

À partir des dossiers évalués au cours de cette mandature (2022-2023), la section n'identifie pas de changement majeur par rapport aux thématiques émergentes identifiées lors de la mandature précédente. Les thématiques relevées concernent donc toujours, pour la plupart, la description et la dynamique de la biodiversité, l'étude des liens entre micro- et macroévolution, l'étude des processus de spéciation, l'hétérogénéité individuelle et les mécanismes de l'évolution adaptative, en soulignant le rôle de la plasticité phénotypique, l'évolution des processus démographiques avec un apport croissant d'approches en génétique quantitative, la dynamique éco-évolutive des systèmes hôtes-pathogènes, ainsi que les interactions entre les hôtes, les parasites et les symbiotes, en mettant l'accent sur le rôle du microbiote dans de nombreux aspects de la résistance au parasitisme.

La section note la sophistication des outils mis en œuvre, notamment avec l'apport des outils de séquençage et de la génomique s'appliquant à l'ensemble des thématiques relevées ci-dessus, ainsi que le développement d'outils statistiques et de modélisation pointus, y compris mobilisant de manière accrue l'intelligence artificielle.

1. Description et dynamique de la biodiversité

Les progrès récents dans les technologies et les méthodes d'étude de la biodiversité ont permis une collecte et une analyse des données plus efficaces, offrant ainsi des informations cruciales pour comprendre la vie sur Terre à différentes échelles. Cette connaissance revêt une importance capitale dans un contexte de changements environnementaux majeurs, où la préservation de la biodiversité est devenue une priorité.

La biodiversité est explorée à travers diverses disciplines, allant de la systématique des espèces actuelles et fossiles à la génétique des populations, sur des échelles temporelles et géographiques diverses. L'émergence des approches « omiques » et des approches reposant sur l'ADN environnemental ouvre de nouvelles perspectives pour comprendre le vivant, y compris les micro-organismes qui pourraient fournir des indications sur l'origine de la vie sur Terre. La diversité dans les interactions entre espèces est désormais mieux quantifiée et intégrée dans différents modèles et scénarios de réponse aux changements globaux.

La caractérisation des schémas de distribution des espèces permet une meilleure compréhension des forces qui influent sur leur évolution. Des avancées dans des domaines tels que la génétique des populations, les modèles de distribution d'habitats (passés et présents, voire des projections futures) et la biogéographie permettent d'aborder des questions fondamentales sur les modes d'évolution de la biodiversité. De plus, les progrès technologiques permettent désormais l'acquisition à grande échelle de phénotypes complexes,

ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour comprendre les processus évolutifs sur des échelles de temps plus longues.

2. Lien entre micro- et macroévolution

La micro et la macroévolution, auparavant étudiées séparément, convergent désormais grâce à de nouvelles approches et technologies. Les recherches sur la spéciation bénéficient notamment de l'explosion des approches génomiques, permettant une meilleure compréhension des barrières reproductives et des mécanismes sous-jacents à l'évolution des espèces.

La transition de l'échelle micro à l'échelle macro est un domaine en pleine expansion, en grande partie grâce à la collecte de données génétiques ou génomiques pour des ensembles d'espèces entières. Cela conduit à l'émergence de nouveaux modèles empiriques, comme le lien entre la diversité génétique et les taux de spéciation, ainsi qu'à des développements théoriques visant à relier les processus clés de la macroévolution avec ceux de la microévolution. Ces avancées sont cruciales à la fois pour une approche plus mécaniste de la macroévolution et pour une meilleure compréhension des répercussions à long terme des processus de microévolution.

3. Génotype-phénotype, épigénétique

Des avancées analytiques permettent une exploitation de plus en plus fine des données issues de la génomique haut débit qui, couplées à des avancées théoriques et de modélisation, ouvrent de nouveaux horizons pour décrire les architectures génomiques et comprendre les mécanismes génétiques responsables des adaptations et de la spéciation (mise en place des isolements reproducteurs, rôle des hybridations secondaires). Cela inclut le développement de méthodes analytiques prenant en compte par exemple les processus démographiques, la variation du déséquilibre

de liaison ou l'existence d'appariements non aléatoires de façon de plus en plus réaliste. Ces approches peuvent utiliser l'augmentation bayésienne des données, le *machine learning* ou les graphes de recombinaison ancestrale. Le couplage d'approches empiriques, de modélisation et de méta-analyses s'avère efficace dans de nombreux cas. Ces avancées ont notamment des implications directes en biologie de la conservation dans un contexte de changement global.

L'étude des liens entre génotype, phénotype et environnement révèle la complexité des mécanismes génétiques de l'évolution adaptative, mettant en lumière l'importance de la plasticité phénotypique et de l'épigénétique, et des effets génétiques indirects liés à différentes formes d'interactions sociales dans la réponse des organismes aux changements environnementaux.

4. Interaction hôte-pathogène

Dans le domaine des maladies infectieuses, une approche multi-hôtes et multi-parasites révèle des interactions complexes pouvant affecter la virulence et la transmission des pathogènes. De plus, le rôle du microbiote dans la réponse immunitaire et l'évolution des maladies reste encore largement à explorer. Notons l'implication majeure d'un certain nombre de chercheurs et chercheuses de la section durant la crise du Covid-19, avec une

forte réactivité pour réorienter leurs questions de recherche afin de mieux comprendre les défis posés par cette pandémie mondiale, les dynamiques épidémiologiques, l'efficacité des moyens de contrôle (confinement, vaccination), les surprises liées à l'évolution rapide du virus qui a démontré l'importance des thématiques abordées par la section. Cet engagement s'est aussi manifesté par un investissement très marqué dans le transfert des résultats de la recherche vers la société et le partage des connaissances, avec une intensité exceptionnelle et une exposition parfois éprouvante dans les débats sur ces questions.

E. Interfaces disciplinaires

L'analyse des candidatures aux concours de recrutement CR et DR communes à la section 29 et à d'autres sections (cf. figure 12) suggère l'existence d'un certain degré de recouvrement thématique entre sections. Ces recoupements semblent plus fréquents avec les sections 21, 23, 26, 30 et les commissions interdisciplinaires 51 et 52. L'analyse des projets de recherche soumis permet de mieux caractériser ces zones de contacts entre sections ou CID.

La section 30 (Surface continentale et interfaces) est celle qui présente le plus grand nombre de dossiers communs avec la section

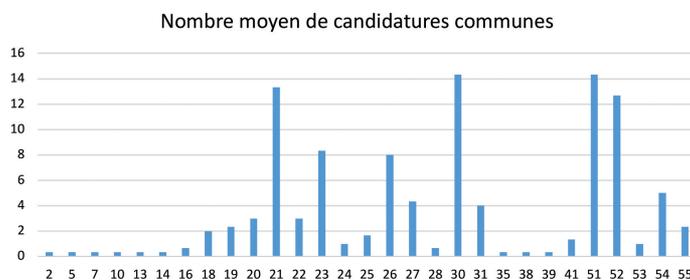


Figure 12 : Nombre moyen de candidatures communes pour les concours CR entre la section 29 et les sections ou CID en abscisse entre 2022 et 2024. Les sections non figurées ne partageaient pas de candidature avec la section 29 sur la période considérée. Les données ne sont pas indépendantes entre années.

Comité national de la recherche scientifique

29. Les zones d'interface concernent notamment l'écotoxicologie, la microbiologie environnementale, la paléo-écologie ou encore la dynamique des communautés et des écosystèmes. Bien que l'écotoxicologie ne soit pas au cœur de la section 29, des projets en relevant sont fréquemment déposés lorsque les aspects adaptatifs et évolutifs sont abordés. Plus généralement, les zones de contact entre nos sections sont généralement observées lorsque les projets ciblent un niveau d'organisation biologique ou une approche méthodologique visant aussi bien à comprendre les interactions, les dynamiques et les évolutions (section 29) que le fonctionnement ou les flux de matière et d'énergie (section 30).

Seconde section en termes de partage de candidatures, la section 21 (Organisation, expression, évolution des génomes) contribue au développement d'outils omics et bio-informatiques pour comprendre l'organisation, le fonctionnement et l'évolution des génomes. Nombre des outils moléculaires et bio-informatiques développés par les chercheurs et chercheuses de nos communautés sont d'intérêt commun. Ce partage méthodologique explique certainement pour partie le nombre relativement élevé des candidatures communes entre les deux sections. Par ailleurs, les ressources produites et les mécanismes biologiques explorés en section 21 peuvent nourrir les questions abordées dans la section 29 sur les origines et la dynamique de la biodiversité ou sur les bases de l'adaptation.

Au troisième rang figurent les sections 23 et 26. Concernant la section 23 (Biologie intégrative des organismes photosynthétiques et des micro-organismes associés), l'adaptation des organismes photosynthétiques et plus encore celle des holobiontes sont traitées dans la section 29 sous l'angle de la reconstitution de l'émergence d'innovations et d'associations symbiotiques et de leur incidence sur l'évolution de la biodiversité, l'adaptation et la diversification des grandes lignées. Pour la section 26 (Cerveau, cognition, comportement), l'interface se fait principalement au niveau de la compréhension de l'évolution du comportement, alors que l'écologie comportementale

semble quant à elle être davantage liée au périmètre de la section 29.

Viennent ensuite les interactions avec les sections 27 et 31. Concernant la section 27 (Relations hôte-pathogène, immunologie, inflammation), les interfaces concernent l'évolution des mécanismes d'échappement et d'adaptation, de coévolution ainsi que la dynamique à plus court terme des trajectoires démographiques conjuguées des agents pathogènes viraux et bactériens et de leurs hôtes. Pour la section 31 (Hommes et milieux : évolution, interactions), elles concernent principalement les questions d'évolution humaine à travers des approches génétiques et génomiques.

Parmi les CID, les interactions les plus fortes sont constatées avec la CID 51 (Modélisation mathématique, informatique et physique pour les sciences du vivant) et concernent les aspects théoriques qui guident la modélisation. Pour autant, une analyse plus fine des dossiers montre que cette interface est plus celle d'une complémentarité que d'un chevauchement. Au second rang figure la CID 52 (Environnements sociétés : du savoir à l'action). Ici la complémentarité réside dans le transfert et l'utilisation des résultats de la recherche réalisée en dynamique et évolution de la biodiversité en section 29 vers l'écologie et la génétique de la conservation, la gestion des services écosystémiques et la santé au sens « *One Health* ». Concernant les CID 54 (Phénomènes fondamentaux et propriétés collectives du vivant : développements instrumentaux, expériences et modèles physiques) et 55 (Sciences et données), les candidatures communes, à l'instar d'une partie de celles observées avec la section 21, sont liées à l'augmentation des moyens de mesures à haut débit, de calculs et de modélisations qui font converger une partie des outils et développements des projets de la section 29 avec les problématiques liées à l'acquisition et à la modélisation de *big data*.

Des synergies méthodologiques et analytiques sont révélées par l'analyse des interfaces entre les sections, qui ont conduit à certains postes fléchés permettant une meilleure intégration CNRS Écologie & Environnement

– CNRS Biologie notamment. Sur le plan des cadres théoriques et des objectifs de recherche, il est naturel de retrouver des problématiques évolutives aux interfaces avec les sections les plus représentées, notamment les sections 21, 23, 26 et 30, dont les développements méthodologiques font écho à ceux nécessaires en section 29, et dont les approches mécanistiques sont parfaitement complémentaires de l'étude de leur incidence sur la dynamique de la biodiversité et des processus évolutifs à l'origine de leur mise en place et de leur maintien.

En conclusion, la section 29 ne présente pas de redondance significative avec d'autres sections ou CID (c'est-à-dire jamais plus de 15% de dossiers communs avec une autre CID ou section). Là où les interactions existent, elles sont nécessaires pour qu'il n'existe pas de projet orphelin ne pouvant être porté au CNRS. La section 29 est trop souvent considérée comme la section où sont exclusivement abordées les questions d'évolution. Bien évidemment l'étude et la compréhension de l'évolution est un pilier majeur de la section, mais au même titre que l'écologie.

VIII. Moyens et défis

A. Description de la biodiversité

L'acquisition de données représente un prérequis indispensable à la majorité des recherches en écologie et environnement. Elle peut se faire, par exemple, par des expériences en laboratoire ou sur le terrain, des échantillonnages ponctuels, des suivis à long terme, et mêle captation de données *in situ* et à distance. Chaque méthode pose des enjeux financiers, techniques, humains, éthiques et écologiques.

Les suivis à long terme de paramètres biologiques et environnementaux peuvent fournir des avancées majeures en écologie et évolution. Par exemple, ils sont très importants pour étudier les effets des changements

globaux actuels. Ils nécessitent souvent de l'instrumentation et des infrastructures pensées sur le long terme et soutenues financièrement et humainement. Cependant, avec l'érosion des crédits récurrents au profit des financements sur projet, souvent inférieurs à 5 ans, les sources de financements sont rares, en particulier pour des projets avec cette temporalité. Ces changements mettent en péril ces recherches au long cours pourtant particulièrement nécessaires. Néanmoins, conscient de l'apport unique des résultats issus des suivis de longue durée, le CNRS Écologie & Environnement en partenariat avec la revue *Ecology Letters* a récemment ouvert un appel à communication qui a reçu un succès massif. Cette initiative a été suivie d'un appel d'offres visant à soutenir financièrement pendant 2 ans les suivis à long terme interdisciplinaires. Nous ne pouvons qu'espérer que cette initiative perdure, les suivis à long terme ayant par définition besoin d'un soutien humain et financier sur le temps long.

Le travail mené pour la standardisation des protocoles dans la cadre des suivis à long terme, ainsi que les avancées techniques en termes d'acquisition et transmission des données, a permis le développement des sciences participatives. Celles-ci permettent aujourd'hui de collecter un grand nombre d'observations, en particulier sur la biodiversité, tout en connectant recherche et société. Les sciences participatives, tout comme le développement important, par exemple, du *bio-logging*, de la télédétection, de l'instrumentation *in situ* et du séquençage haut débit concourent à l'accumulation de données. Le stockage de ces données représente alors un enjeu de taille, en termes de rationalisation des coûts financiers et écologiques.

B. Big data, bio-info, intégration de données hétérogènes

L'accès croissant à des données morphologiques, écologiques, génétiques, acoustiques et environnementales à grande échelle offre

Comité national de la recherche scientifique

de nouvelles opportunités, mais continue également de poser des défis en termes i) de standardisation, gestion et partage des bases de données, ii) d'intégration de données hétérogènes et iii) de stockage.

Comme dans de nombreuses disciplines, les méthodes d'apprentissage, notamment celles de l'intelligence artificielle, ont joué un rôle déterminant dans les avancées en écologie et biologie évolutive. L'application de l'intelligence artificielle pour la classification et la reconnaissance d'images a non seulement élargi la collecte de données, notamment dans le domaine de la biodiversité et des comportements, mais a également facilité un changement d'échelle significatif. Ces méthodes se révèlent également précieuses pour la modélisation de séries chronologiques, offrant des possibilités significatives pour établir des scénarios prédictifs dans le contexte du changement global. Des applications dans des domaines tels que, par exemple, la génétique des populations, l'épidémiologie, l'écologie des communautés ou la phylogénétique continuent d'émerger et de se développer. L'intelligence artificielle joue un rôle croissant dans ces avancées.

Tout cela souligne l'importance continue de maintenir des liens étroits avec les développements méthodologiques en mathématiques, statistiques et informatique, en favorisant particulièrement les interactions avec la CID 51, mais aussi avec la CID 55 concernant la gestion de la donnée, le traitement de données imparfaites, l'échantillonnage ou de nouvelles méthodes d'optimisation et d'évolution de chaîne d'analyse par exemple.

C. Partage des données

Le partage des données en science (mouvement *Open Data*) est une tendance importante de cette dernière décennie qui est aujourd'hui largement acceptée dans de nombreuses disciplines, y compris en écologie et évolution. Celui-ci permet de mutualiser les efforts d'acquisition de données et

d'appréhender les questions scientifiques avec une généralité et une complexité nouvelles. La plupart des instituts de recherche, des agences de financement et des journaux demandent ainsi, avant même l'acceptation de publication, que les données utilisées soient accessibles sur un serveur de données public approprié (Dryad, GeneBank, European Nucleotide Archive, Worms, OBIS etc.), selon les principes « FAIR » (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*). Plus récemment, avec la complexité croissante des analyses, le partage des codes sources est également demandé, dans un souci de transparence et répétabilité des analyses. Dans la même mouvance, plusieurs initiatives ont vu le jour visant à rassembler des données (par exemple, SPI-Birds qui rassemble des données individus-centrées sur les oiseaux, Species360 qui rassemble des données sur les animaux de parcs zoologiques), afin de faciliter les collaborations entre chercheurs et chercheuses et le partage des connaissances. Le dépôt de données sur des serveurs étrangers ou privés pose néanmoins la question de la pérennité de l'initiative, tout comme celle de l'utilisation des données. Notons que le CNRS Écologie & Environnement, en partenariat avec le MNHN, a ainsi mis en place un entrepôt sécurisé (InDORRES) permettant de publier des données et leurs métadonnées standardisées.

Le mouvement d'*Open Data* est évidemment à mettre en relation avec le mouvement d'*Open Science* qui vise l'accès libre aux publications de résultats scientifiques (cf. section « Science ouverte & éthique de la publication dans l'évaluation de la recherche »).

D. Outils et méthodes

Des projets innovants relevant du périmètre de la section 29 s'appuient sur des infrastructures de recherche, en particulier celles structurées au sein d'AnaEE, *via* des plateformes analytiques (par exemple, production de données génomiques haut débit) ou des plateformes expérimentales (par exemple,

écotrons). Ils permettent d'appréhender les mécanismes de microévolution, de dynamique de la biodiversité à différentes échelles et niveaux d'organisation dans des contextes réalistes simplifiés. Les outils tels que les Zones Ateliers (14 actuellement, structurées au sein du LTER Europe), les observatoires (OHM) permettent des approches pluridisciplinaires multi-échelles sur le long terme. Ce sont les lieux privilégiés pour étudier la dynamique de la biodiversité et faire converger des approches relevant de différentes sections et CID du CoNRS (29, 30, 52, etc.) permettant des avancées fondamentales et appliquées en lien avec les défis posés par la crise de la biodiversité. Elles permettent aussi de co-construire des projets avec les acteurs des territoires (par exemple, *living labs* du PEPR Solu-Biod ou Dispositifs d'observation du PEPR OneWater au sein de ZA). On note par ailleurs une implication croissante des chercheurs et chercheuse dans des actions de science participative qui permettent d'impliquer et sensibiliser les citoyennes et les citoyens tout en offrant de nouvelles potentialités d'acquisition de données mais posent de nouvelles questions sur la qualité et la gestion de ces données. Dans ce contexte, pour la gestion et l'analyse des données produites, les outils et services fournis par des infrastructures nationales telles que le pôle national de données de biodiversité (PNDB), et leurs équivalents européens, sont essentiels.

E. Emploi et moyens de la recherche

L'analyse des dossiers d'activité et les évaluations d'unités font ressortir un sentiment persistant d'inquiétude en lien avec l'organisation et les moyens de la recherche au sein des unités (besoin en personnels, diminution du temps alloué à la recherche au bénéfice des tâches administratives). Cette inquiétude est récemment renforcée par la mise en place de nouveaux outils générant une perte d'efficacité (par exemple, Etamine, Notilus), et par

l'évolution du contexte (réforme des retraites, chaires junior) qui questionne à moyen et long termes la dynamique des recrutements de chercheurs, chercheuses et ITAs, l'équité des conditions de travail entre personnels selon leur filière de recrutement en regard de l'impact sur la qualité de la recherche produite au final. On doit s'inquiéter des constats réguliers de mal-être ou de démotivation en lien avec des conditions de travail difficiles, difficultés de financements, discriminations (genre, orientation sexuelle etc.). La section est également témoin du questionnement de chercheurs et chercheuses de plus en plus fréquents sur le positionnement de leur activité dans un contexte de crise environnementale. Cela concerne l'impact environnemental de l'activité d'une part et la priorisation des questions scientifiques en lien avec l'urgence liée à la crise de la biodiversité d'autre part. Cela va pour une partie d'entre nous jusqu'à la relocalisation du terrain d'étude, la modification de l'approche ou même du champ de recherche.

IX. Pour conclure sur la conjoncture

Nous constatons qu'au moment où la société n'a jamais eu autant besoin des connaissances produites par les chercheurs et chercheuses de la section, dont l'expertise en écologie, évolution et sciences de la biodiversité est au cœur de nombreux débats et tensions, le nombre de postes CR ouverts en section 29 est en baisse constante, avec plus d'un tiers de postes perdus par rapport à la période 2010-2014.

Nous constatons également une perte de jeunes chercheuses qui, après leur expérience postdoctorale, ne postulent pas au CNRS. Pour mémoire, notre discipline a atteint la parité en termes de formation des doctorantes et des doctorants et de candidatures aux postes universitaires, mais seulement un tiers des

Comité national de la recherche scientifique

candidatures aux postes de CR proviennent de femmes.

Inversement, nous nous réjouissons de voir les inégalités de genre se réduire, que ce soit au moment du recrutement ou lors des demandes de promotion, mais nous constatons que le « rattrapage » est lent, qu'il doit être étendu à toutes les fonctions de la recherche et du management et que notre lutte contre les biais n'est jamais acquise.

D'un point de vue plus général, nous sommes convaincus que, de même que notre section a anticipé le changement vers une évaluation plus qualitative de nos activités, il est aujourd'hui indispensable de mieux prendre

en compte l'empreinte environnementale dans l'évaluation de la recherche.

Nous constatons que les frontières de la section correspondent toujours à celles d'une communauté scientifique globalement homogène, cohérente, dont les interfaces avec les autres sections ne présentent pas de chevauchement majeur, mais gèrent la diversité des domaines de recherche. Enfin, nous réaffirmons que notre section est une section d'écologie et de sciences de l'évolution, et pas seulement de sciences de l'évolution, comme cela est trop souvent perçu de l'extérieur ou par les candidates et les candidats.

Notes

(1) <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/fiches-demographiques-des-sections-de-sciences-annee-2022-92994>

(2) 10.1002/fee.2320

(3) 10.1002/fee.1993

(4) <https://anr.fr/fileadmin/documents/2023/ANR-Bilan-15-ans-biodiversite-dec2023.pdf>