

**ANNEXE 1 : PROGRAMME DE RECHERCHE
DEVELOPPEMENT DE L'UMT « SC3D »
SYSTEMES CAPRINS DURABLES DE DEMAIN
(2024-2029)**



Sommaire

1. Contexte de l'élevage caprin.....	2
2. Des enjeux importants à relever pour préparer l'avenir.....	5
3. Pourquoi une UMT « caprine » à Lusignan-Poitiers ?.....	6
4. La stratégie de l'UMT SC3D – 2024-29.....	15
5. Le fonctionnement de l'UMT SC3D.....	17
6. Le Programme de Recherche et de Développement de l'UMT SC3D	21
6.1 Axe 1 : Pilotage et stratégies de conduites innovantes de troupeaux caprins	21
▪ Objectif	21
▪ Etat de l'art	21
▪ Actions de recherche	25
▪ Tableau des projets en cours ou déposés concernant l'axe 1	27
6.2 Axe 2 : Multi-services des prairies dans les systèmes de polyculture-élevage	31
▪ Objectif	31
▪ Etat de l'art	31
▪ Actions de recherche	33
▪ Tableaux des projets en cours ou déposés concernant l'axe 2	36
6.3 Axe 3 : Multi-services et durabilité des systèmes caprins laitiers engagés pour répondre aux défis du changement climatique.....	37
▪ Objectif	37
▪ Etat de l'art	37
▪ Actions de recherche	38
▪ Tableaux des projets en cours ou déposés concernant l'axe 3	39
6.4 Axe 4 : Diffusion des acquis et vulgarisation scientifique pour la transition agroécologique des systèmes caprins	40
7. Bibliographie.....	42

1. CONTEXTE DE L'ELEVAGE CAPRIN

La France, leader de l'Europe laitière caprine

L'élevage caprin en France peut être décliné de la manière suivante :

- 5700 producteurs de lait de chèvre « professionnels » dont 45% transforment leur lait en fromages à la ferme, 45% livrent leur lait à une fromagerie et 10% sont « mixtes » (ils transforment une partie de leur lait à la ferme et livrent l'autre partie à une laiterie),
- Une production livrée aux laiteries de 525 millions de litres en 2022 (73 %),
- Une production à la ferme estimée à 190 millions de litres (27 %),
- Une soixantaine d'entreprises transforment le lait de chèvre livré, dont quelques grands groupes laitiers et de nombreuses PME fortement ancrées sur le territoire national,
- Une production de fromages de chèvre de près de 130 000 tonnes, qui font de la France le premier pays producteur mondial de fromages de chèvre au pur lait de chèvre.

Le cheptel caprin français se caractérise par son orientation laitière marquée. La production de lait de chèvre est collectée pour près des 3/4 des volumes produits. Ces deux filières (transformation à la ferme et livraison à un collecteur) génèrent des chiffres d'affaires à la production comparables.

En France, sur 46 fromages bénéficiant de l'AOP (Appellation d'Origine Protégée), 15 sont au lait de chèvre. Même si les volumes que ces fabrications AOP représentent restent modestes (environ 7.500 tonnes sur un total de 130.000 tonnes), ces AOP sont le signe de la volonté des acteurs de la filière en région de défendre leur lien au terroir et leur savoir-faire unique transmis de génération en génération. L'offre en fromages de chèvre est cependant dominée par un produit, la bûchette, qui représente près de 50 % des volumes de fromages fabriqués. La plupart de ces AOP disposent d'un cahier des charges orientant les conditions de production du lait : forte autonomie alimentaire et fourragère du territoire recherchée, valorisation de l'herbe dans la ration des chèvres, ...

En 2021, la filière biologique représentait 1 447 exploitations certifiées soit 90 de plus qu'en 2020, soit près de 30 % des exploitations caprines. La plupart de ces exploitations transforment et commercialisent leurs produits en circuits courts. En filière biologique longue, 22 millions de litres de lait produit en Agriculture Biologique (AB) ont été collectés en 2021, soit 34% de plus qu'en 2020, et représente 4 % de la collecte totale. L'année 2021 marque un ralentissement des fabrications de fromages de chèvre bio, après plusieurs années de hausse consécutives.

A l'échelle européenne, avec un cheptel de chèvres laitières au 4^e rang, la France est le premier producteur de lait et représente 27% du volume produit en Europe en 2020.

Une grande diversité de systèmes de production et de territoires

Si les exploitations caprines se distinguent par le mode de valorisation de leur lait (livraison en laiterie ou transformation à la ferme), elles sont aussi diverses par leur niveau de spécialisation, leur système fourrager et alimentaire, leur dimension.

Au plan de l'orientation de la production, c'est la livraison aux laiteries qui domine très nettement dans le Centre Ouest et le Sud-ouest sauf cas particulier, comme dans la zone du Rocamadour. À l'inverse, les systèmes fromagers sont nombreux dans la région Centre, avec près de la moitié des exploitations fabriquant le fromage à la ferme. Dans tout le Sud-est, les fromagers sont majoritaires, sauf en Rhône-Alpes, qui voit un fort développement de quelques foyers de collecte autour de certaines laiteries.

Si les livreurs et les fromagers fermiers partagent de nombreuses préoccupations : revenu, travail, transmission, les fromagers doivent gérer en plus les risques sanitaires inhérents à la fabrication de produits alimentaires.

Plus de 60 % des exploitations caprines professionnelles sont spécialisées : plus de 70 % dans les zones sèches du Sud, environ la moitié dans le Centre et en Centre Ouest, autour de 60 % dans la zone médiane (Rhône-Alpes, Massif Central et Sud-ouest). Quand la production caprine est associée à d'autres productions sur l'exploitation, elle côtoie le plus souvent d'autres herbivores (bovins allaitants surtout, bovins lait, ovins viande). Elle peut aussi être associée à des productions végétales, principalement des céréales ou de la polyculture en Poitou-Charentes et dans la région Centre, des arbres fruitiers et des vignes en Rhône-Alpes.

La mixité des productions assure une solidité économique aux exploitations mais la production caprine, en particulier dans les systèmes de polyculture élevage, est soumise à une vive concurrence avec les cultures (travail d'astreinte), surtout en cas de conjoncture laitière défavorable et/ou céréalière favorable.

Quant aux élevages livreurs spécialisés, on peut distinguer trois grands types de situation :

- Les livreurs du Sud Est : ils ont souvent une dimension économique insuffisante et des intrants à prix forts. Les enjeux sont de trouver les leviers pour assurer leur pérennité : l'agrandissement en taille peut être une option, tout préservant la maîtrise technico-économique de l'exploitation. La mise en place de circuits plus valorisants comme la production biologique, voire la transformation sont également à envisager,
- Les livreurs spécialisés « autonomes » pour la production des ressources alimentaires (au moins 70% d'autonomie globale) bien positionnés à condition de maîtriser techniquement et économiquement leur système (une autonomie alimentaire viable et vivable)
- Les livreurs spécialisés avec pas ou peu de foncier : si aujourd'hui ils s'en sortent, compte tenu du prix du lait, ils restent fragiles en cas de flambée du prix des intrants et de leur forte dépendance aux achats extérieurs.

Les systèmes fourragers sont assez intensifs en Centre, Centre-ouest et Sud-ouest, avec plus souvent des prairies pâturées en Rhône-Alpes-Massif-Central, et avec des parcours au Sud, en PACA, Sud Rhône-Alpes, Languedoc-Roussillon et Corse.

D'un point de vue alimentaire, les fourrages, et majoritairement le foin, constituent en moyenne 68% de la ration des chèvres. La part des fourrages peut atteindre 75% dans les élevages qui pâturent. Le foin peut être associé à de l'ensilage de maïs, de l'enrubannage, de l'herbe distribuée en vert dans d'autres systèmes. Les systèmes pastoraux misent sur des stratégies de valorisation des parcours avec peu de concentrés (d'après l'Observatoire de l'Alimentation des chèvres laitières françaises, IDELE, sept. 2016). Cependant, la part de concentrés et déshydratés dans la ration reste très élevée dans cette filière (généralement plus de 30 % de la ration) avec une forte dérive dans certains élevages.

La plupart des élevages caprins sont moins autonomes que les autres élevages herbivores. Quand l'autonomie alimentaire protéique est en moyenne de 69% en élevage bovins lait, elle n'est que de 49% chez les éleveurs caprins les fromagers (Cap Protéines 2021). Ces éléments constituent une réelle fragilité au regard de la volatilité du prix des matières premières, de la compétition qui peut exister sur l'utilisation de céréales et protéagineux pour l'alimentation humaine ou animale et l'image du produit (importations de tourteau de soja sud-américain en l'occurrence).

Une collecte assez fortement saisonnée

La collecte de lait de chèvre est toujours très saisonnière, même si la courbe des productions mensuelles s'est un peu aplatie au cours des dernières années. Près des deux tiers des volumes annuels sont collectés de mars jusqu'à août et la fourniture est réduite en fin et début d'année. Cette irrégularité, due au cycle reproductif naturel des chèvres, est un inconvénient en particulier pour les fabrications au lait cru, notamment en AOP, et pour les systèmes livreurs en Agriculture Biologique qui doivent faire face à des difficultés pour combiner une conduite de reproduction au printemps et pratique du pâturage.

Une filière en restructuration et un déficit d'attractivité

Comme pour les autres espèces de la filière laitière, le secteur connaît une profonde restructuration. Le nombre de producteurs continue de diminuer régulièrement ainsi que le nombre de sites de transformation. En effet, selon le Recensement Agricole, on avait déjà pu observer entre 2000 et 2010, en période de croissance du marché, une tendance marquée à la restructuration des exploitations via un agrandissement des troupeaux (+31 % chez les livreurs). Il en a résulté moins d'élevages (-23 % soit -2 % par an en moyenne pour les livreurs et -34 %, soit -3% en moyenne pour les producteurs fermiers), plus de chèvres, plus de lait.

Entre 2010 et 2016, cette restructuration s'est accentuée mais les agrandissements ne compensent plus les cessations.

Concernant l'amont, le métier d'éleveur laitier présente un déficit d'attractivité qui s'est renforcé suite à la grave crise que la filière a dû affronter entre 2009 et 2012. L'astreinte journalière liée à l'activité laitière, cumulée aux faibles revenus, en sont les raisons principales. Car si les revenus en production caprine se sont nettement améliorés ces dernières années, ils n'en restent pas moins modestes lorsqu'ils sont rapportés au nombre d'heures travaillées. Les élevages caprins sont très exigeants en main d'œuvre, notamment en production fermière (5 128 heures de travail d'astreinte par an en moyenne chez les fromagers fermiers et 3 755 heures chez les livreurs vs 2800 heures pour l'ensemble des filières herbivores, d'après le Référentiel travail en élevage caprin, synthèse de 53 bilans travail en productions laitière et fromagère fermière – IDELE). Si la quantité, l'astreinte et la pénibilité du travail constituent un des freins à l'installation de nouveaux éleveurs caprins, c'est aussi une cause de cessations précoces de l'activité caprine. D'après une enquête réalisée dans le cadre du plan de pérennisation caprin (Comité de pilotage, avril 2010), 60% des éleveurs caprins cessent leurs activités avant l'âge de la retraite. 22% de ces arrêts précoces sont directement liés à la lassitude pour les plus âgés et la mauvaise appréhension de la charge de travail pour les plus jeunes. « Les raisons personnelles » qui sont la cause d'arrêt la plus citée (31% des réponses), sont souvent à relier au travail. Enfin, les travaux menés dans le cadre du projet PSDR Flèche (2015-2020), ont montré également la divergence entre acteurs au sujet de l'installation. La volonté de certaines laiteries est d'installer des cheptels assez importants sous label AB alors que les futurs installés aspirent majoritairement à des systèmes de plus petite taille en système fromager fermier (Jacquot *et al.*, 2019).

Les controverses sur l'élevage contribuent aussi dans une certaine mesure au découragement des éleveurs en place et des futurs éleveurs.

Une grande disparité des résultats techniques et économiques

La filière caprine se caractérise par les éléments suivants pour sa performance technico-économique :

- Importance de la production de matière utile par chèvre pour dégager du résultat dans des systèmes intensifs mais forte variabilité entre élevages et aussi entre années au sein d'un même élevage, sans doute liée à certaines spécificités de cette filière (importance des aspects sanitaires, qualité des fourrages très hétérogène),
- Une faible longévité des chèvres et un fort taux de renouvellement des chèvres qui impactent les résultats,
- Des charges opérationnelles (alimentation) qui pèsent en moyenne plus lourd que les charges de structure. Chez les laitiers, les aliments achetés représentent 35% du coût de production (hors travail) des élevages laitiers et 21% du coût de production (hors travail) des élevages fromagers (Observatoire INOSYS Réseaux d'élevage caprins 2021),
- L'existence de marges de manœuvre sur la maîtrise des charges opérationnelles, en particulier sur le coût alimentaire,
- Des charges de structure en augmentation, avec l'agrandissement des troupeaux et la réduction de la main d'œuvre,
- Une forte hétérogénéité des résultats. La variabilité intra type du revenu disponible par UMO (Unité de Main d'œuvre) exploitant est bien supérieure à la variabilité des moyennes entre

types. D'après les travaux d'INOSYS Réseaux d'élevage, en 2021, le revenu disponible l des élevages livreurs spécialisés varie de moins de 16 000 € par UMO exploitant (1er quartile) à 51 000 € par UMO exploitant (3ème quartile). Cette variabilité existe aussi chez les fromagers, elle est à relier en particulier au niveau de valorisation du litre de lait (prix de vente des fromages, rendement fromager...)

2. DES ENJEUX IMPORTANTS A RELEVER POUR PREPARER L'AVENIR

La filière caprine nationale, via l'ANICAP, s'est dotée d'une feuille de route dans le cadre du Varenne de l'eau et de l'adaptation au changement climatique. La filière caprine est déjà impactée par le changement climatique, notamment par la hausse des températures et l'augmentation de la durée des sécheresses estivales (impacts sur la physiologie et le bien-être des chèvres, sur le système fourrager, sur la transformation des fromages à la ferme) et par la plus grande variabilité intra-annuelle et interannuelle de la température et de la pluviométrie (impacts sur la production et la récolte des fourrages, sur les cultures annuelles). Ces phénomènes et leurs impacts devraient s'accroître à l'avenir. Toutes les zones caprines de France sont concernées, avec un gradient d'intensité à évaluer finement (+ 4°C en moyenne en France, mais avec des variabilités par saison plus ou moins fortes, ainsi qu'une augmentation progressive des températures du Sud-Est au Nord-Ouest). Un état des lieux des actions de recherche et de développement en cours ou passé a ainsi été réalisé. Les travaux menés au sein de l'UMT SC3D y ont contribué.

Les besoins identifiés pour l'amont sont de trois ordres :

- Poursuivre le financement de projets de recherche et recherche-développement, afin d'apporter des réponses à des questions techniques pointues, notamment sur le système fourrager, les animaux (génétique, reproduction et conduite alimentaire), les conditions d'élevage (ambiance du bâtiment) et la capacité à rendre opérationnel et cohérent les leviers proposés dans nos élevages ;
- Démultiplier le financement de groupes d'éleveurs/techniciens locaux et de journées de formations ou journées techniques, pour maintenir une veille de solutions testées par les éleveurs, adapter les solutions étudiées au contexte local et favoriser la diffusion des solutions techniques et le partage d'expériences. ;
- Accompagner les éleveurs dans les investissements nécessaires à l'adaptation de leurs élevages.

Au niveau régional (Nouvelle-Aquitaine), la feuille de route signée en 2021 entre le BRILAC et la Région Nouvelle-Aquitaine dans le cadre de Néo Terra a pour objectif de généraliser les pratiques agro-écologiques, amortir les effets du dérèglement climatique, améliorer la prise en compte du bien-être animal, ancrer la production caprine au territoire et assurer le renouvellement des générations. Un lien sera établi en 2023 avec la démarche RSE de l'ANICAP en cours d'élaboration.



1 200 élevages

19 sites industriels de transformation

223 millions de litres de lait collectés

44% des livraisons nationales

2020-2030 : maintenir le potentiel de production >> **400** installations en production caprine (+/- 40 par an)

45% des élevages engagés dans des démarches de différenciation (AB, SIQO, DTQ, fermiers, races)



UNE FILIÈRE ENGAGÉE DANS LA TRANSITION AGRO-ÉCOLOGIQUE

AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE DE LA FILIÈRE



> Démarche environnementale :

2020 **13%** → **2030** **80%**

(HVE, AB, CAP2ER2, autres certifications environnementales)



- Développement de l'agriculture biologique (25% des exploitations en 2030)
- Développement des surfaces en prairies
- Encourager l'élevage des races à petits effectifs (Poitevine et Pyrénéenne) au titre de la biodiversité

ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET ATTENUATION

> Exploitations ayant réalisé un diagnostic bas carbone

2020 **8%** → **2030** **100%**



- Développement de l'autonomie alimentaire
- Adaptation des systèmes d'élevage au changement climatique
- Réduction des consommations d'eau et d'énergie
- Réduction des émissions de GES

UNE FILIÈRE SOUCIEUSE DU BIEN-ÊTRE ANIMAL



> Accès à l'extérieur :

2020 **16%** → **2030** **50%**

2030 : toutes les exploitations auront réalisé un diagnostic en bien-être animal et auront signé la charte chevreaux



- Prise en compte des attentes sociétales vis-à-vis du bien-être animal :
-> Concertation avec les ONG
-> Indicateurs de suivi de bien-être animal : projet GOATWELL piloté par l'ANSES
- Amélioration du logement et enrichissement du milieu

L'enjeu de la transmission des exploitations caprines est crucial pour l'avenir de la filière. En Nouvelle-Aquitaine, 57 % des éleveurs ont plus de 50 ans et 42 % ont plus de 55 ans (mise à jour 2022 de l'Observatoire Capr'1 des Chambres d'Agriculture).

3. POURQUOI UNE UMT « CAPRINE » A LUSIGNAN-POITIERS ?

La filière caprine est en forte mutation et les objectifs des travaux de l'UMT SC3D sont de répondre aux enjeux auxquels la filière est confrontée et qui se renforcent : enjeux de durabilité des exploitations et enjeux de réponse aux questionnements de la société.

En Nouvelle-Aquitaine, la filière caprine est une filière forte (en 2020, 1 260 élevages ont livré 223 millions de litres de lait, soit 44 % de la collecte nationale et 300 fromagers). Elle a su s'organiser, se structurer pour créer une dynamique forte avec le Bureau Régional Interprofessionnel du Lait de Chèvre de Poitou-Charentes et Pays de la Loire (BRILAC) qui est un Comité Régional de l'ANICAP et le Réseau d'Excellence Caprine régional (Cluster REXCap). Riche de partenariats historiques forts (recherche / filière / privé), la région bénéficie de dispositifs expérimentaux et de compétences techniques et scientifiques qu'il convient de mobiliser, renforcer et pérenniser au bénéfice de l'ensemble de la filière.

Concernant la recherche et le développement, plusieurs dispositifs existants participent d'ores et déjà à produire des références pour la filière et seront pleinement intégrés et valorisés dans l'UMT SC3D :

- **L'UE FERlus et en particulier son dispositif PATUCHEV** qui dispose d'un troupeau de 180 chèvres et la suite sur une surface de 30 hectares. Le programme de ce dispositif est basé sur la mise au point d'un système innovant basé sur l'herbe sous toutes ses formes (pâturage, foin séché en grange...). Il bénéficie de la dynamique de cette unité qui a pour mission de concevoir et d'évaluer des systèmes fourragers et d'élevage laitier innovants et durables au travers des dispositifs complémentaires OasYs, SOERE et d'expérimentation végétale.
- Ces travaux trouvent un écho sur le terrain **via le réseau de fermes REDCap** piloté par le BRILAC et animé par IDELE. Celui-ci permet la réalisation de tests et évaluations au sein d'élevages souhaitant développer leur autonomie via la production de fourrages divers. Ces fermes pilotes sont également en lien avec **le dispositif INOSYS-Réseaux d'Élevage**,

animé par l'Institut de l'Élevage, qui compte 190 fermes caprines au niveau national dont 55 fermes sur Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire.

- Ces deux dispositifs bénéficient de l'appui de l'**IUR P3F** (Unité de Recherche Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères) dont les travaux concernent l'amélioration de la productivité et de la qualité des prairies semées dans un contexte d'économie en intrants – en particulier azotés, de respect de l'environnement, et d'adaptation au changement climatique.
- Autour de la reproduction, le dispositif **FERTICAP** de l'UE FERlus dispose d'un Centre d'Insémination Animale (24 boucs, bâtiment conditionné pour maîtriser la photopériode, laboratoire de traitement et d'analyses de la semence), d'une équipe comprenant des inséminateurs et personnes formées à l'échographie et d'un réseau d'une vingtaine d'éleveurs fédérés autour de l'amélioration continue des pratiques de reproduction et support d'essais et d'enregistrement de données de reproduction. Ce réseau permet la réalisation d'essais d'innovations et d'alternatives en reproduction ainsi que l'enregistrement de données, en collaboration avec Capgènes et Innoval-Synetics.

En lien avec ces dispositifs, IDELE et INRAE regroupent entre Lusignan et Poitiers, des hommes et des femmes dont **les compétences** participent aux travaux de l'UMT SC3D. Il existe d'ores et déjà des habitudes de travail en commun avec la mise à disposition de bureau pour IDELE sur le site de l'INRAE à Lusignan et de nombreux projets partagés, en cours ou envisagés (cf. plus loin tableaux des projets dans les axes 1, 2 et 3). Ces compétences travaillent de longue date en collaboration avec de nombreux autres ingénieurs, chercheurs ou partenaires plus éloignés qui apporteront des compétences complémentaires indispensables au projet de l'UMT SC3D.

Ces dispositifs et compétences constituent les fondations sur lesquelles va se développer l'UMT SC3D. L'UMT SC3D a été labellisée pour la période 2019-23. Cela a permis de renforcer les partenariats scientifiques et techniques sur place, d'en étoffer d'autres (à la fois sur le site et avec des partenaires extérieurs) et de poursuivre la dynamique d'échanges et de transfert avec les acteurs du développement, de la formation et économiques. Nous proposons dans les paragraphes suivants un bilan succinct de nos actions sur cette période : bilan de l'animation interne et externe de l'UMT, ainsi que de la communication scientifique et technique et les projets lauréats.

Tableau : bilan des activités de l'UMT SC3D (période 2019-23)

Nombre de réunions du comité de coordination	11 réunions
Nombre de réunion de travail avec les membres des différents axes de l'UMT (cercles 1 et 2)	Axe 1 : 7 réunions Axe 2 : 4 réunions Axe 3 : 22 réunions (GAC et GRC) Axe 4 : 4 réunions
Nombre de réunions d'échange avec les partenaires extérieurs (cercle 3)	4 réunions <ul style="list-style-type: none"> - Lancement le 5 mars 2019 - Webinaire en 19 et 23 juin 2020 - Réunion spécifique inter-UMT caprines (1er avril 2022) - Réunion de mi-parcours du 24 novembre 2022
Nombre de communications orales en congrès	37
Nombre d'articles scientifiques	28
Nombre de publications techniques	26
Nombre de participants aux Journées techniques CapVert	420 participants en 2019 et 375 en 2022
Nombre de scolaire (classes) accueillies sur dans les unités INRAE de Lusignan	5 à 7 classes / an (de bac + 2 à ingénieur) Entre 80 et 100 apprenants à la Journée Technique CapVert
Nombre total de projets déposés <i>Dont nombre de projets lauréats</i>	27 23

<i>Dont nombre de projets en cours d'évaluation</i>	3
<i>Dont nombre de projets refusés</i>	1

Articles scientifiques :

Barotin C., Bonnal L., Andueza A., Maudemain S., Jost J., Caillat H., Julien L., Juanes X., Lesnoff M., Assouma M.H., Picard F., Fumat N., El Radi H., Barre P., (2021). La spectrométrie dans le proche infra-rouge pour évaluer la valeur alimentaire des fourrages. *Fourrages* 247, 41-50.

Blanco-Pastor J.L., Manel S., Barre P., Roschanski A.M., Willner E., Dehmer K.J., Hegarty M., Muylle H., Ruttink T., Roldan-Ruiz I., Ledauphin T., Escobar-Gutierrez A., Sampoux J.P. (2019) : "Pleistocene climate changes, and not agricultural spread, accounts for range expansion and admixture in the dominant grassland species *Lolium perenne* L.", *Journal of Biogeography*, 46, 1451-1465.

Caillat H., Duprat A., Bruneteau E., Ranger B., Paraud C., Bossis N., Jost J.. (2021) Use of grazing according to the kidding period to improve sustainability of dairy goat farms in France. In : López-Francos A. (ed.), Jouven M. (ed.), Porqueddu C. (ed.), Ben Salem H. (ed.), Keli A. (ed.), Araba A. (ed.), Chentouf M. (ed.). *Efficiency and resilience of forage resources and small ruminant production to cope with global challenges in Mediterranean areas*. Zaragoza : CIHEAM, 2021. Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 125, 343-346.

Caillat H., Delagarde R., Ferlay A., Barre P., Disenhaus C., Gaborit P., Giger-Reverdin S., Jacquot A-L., Jénot F., Leroux B., Wimmer-Bonneau E., Verdier G., Jost J., (2022). PSDR4 Flèche - L'herbe : un atout pour les élevages caprins du Grand Ouest. *Innovations Agronomiques* 86, 231-245

Charpentier A, Caillat H, Gastal F and Delagarde R (2019). Intake, milk production and grazing behaviour responses of strip-grazing dairy goats to daily access time to pasture and to dehydrated lucerne supplementation, *Livestock Science*, 229, 90-97. DOI : 10.1016/j.livsci.2019.09.019

Charpentier, A., Caillat, H., Gastal, F., Delagarde, R.. (2019). Intake, milk yield and grazing behaviour of strip-grazing Alpine dairy goats in response to daily pasture allowance, *Animal*, 13:11, p 2492–2500, DOI : 10.1017/S1751731119000703

Clement V., Astruc J-M., Bidan F., Erhard H., Fatet A. et al.. (2020) Maxi-mâle - Optimisation de la gestion des reproducteurs mâles dans les schémas de sélection des petits ruminants. *Innovations Agronomiques*, INRAE, 2020, 79, pp.75-87.

Delagarde R., Caillat H., & Charpentier A. (2021). Capacité des chèvres laitières à pâturer des prairies temporaires multiespèces. *INRAE Productions Animales*, 34(1), 15–28. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2021.34.1.4694>

Fatet A., Nadal-Desbarats L., Boissard K., Antar C., Freret S., Pellicer-Rubio M.T., Monniaux D., Goudet G. (2021). Characterization of serum metabolome changes during the 5 weeks prior to breeding in female goat kids. *Livestock Science*, 2021, 250, pp.1-8. (10.1016/j.livsci.2021.104572).

Faverjon L, Escobar-Gutierrez A, Litrico I, Julier B, Louarn G (2019) A generic individual-based model can predict yield, nitrogen content, and species abundance in experimental grassland communities. *Journal of Experimental Botany* 70:2491-2504

Gaudio N, Escobar-Gutierrez AJ, Casadebaig P, Evers JB, Gerard F, Louarn G, Colbach N, Munz S, Launay M, Marrou H, Barillot R, Hinsinger P, Bergez J-E, Combes D, Durand J-L, Frak E, Pages L, Pradal C, Saint-Jean S, Van der Werf W, Justes E (2019) Current knowledge and future research opportunities for modeling annual crop mixtures. *A review. Agronomy for Sustainable Development* 39

Giger-Reverdin S., D. Sauvart D., Caillat H. (2021). Feed efficiency of barn-dried hay obtained in a sustainable goat farming system (Patushev) for dairy goats. In : López-Francos A. (ed.), Jouven M. (ed.), Porqueddu C. (ed.), Ben Salem H. (ed.), Keli A. (ed.), Araba A. (ed.), Chentouf M. (ed.). *Efficiency and resilience of forage resources and small ruminant production to cope with global challenges in Mediterranean areas*. Zaragoza : CIHEAM, 2021. Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 125, 421-424.

Jacquot A.L., Marnet P.G., Flament J., Inda D., Disenhaus C.. (2019). Perception du pâturage par les acteurs de la filière caprine dans le Grand Ouest, *Fourrages*, 238 : 167-170

Jost J., Fañça B., Bluet B., Morin E., Bienne F., Le Tiec M., Rouillé B., (2021). Protein conversion efficiency in French dairy small ruminant systems. In : López-Francos A. (ed.), Jouven M. (ed.), Porqueddu C. (ed.), Ben Salem H. (ed.), Keli A. (ed.), Araba A. (ed.), Chentouf M. (ed.). *Efficiency and resilience of forage resources and small ruminant production to cope with global challenges in Mediterranean areas*. Zaragoza : CIHEAM, 2021. Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 125, 467-470.

Jost J., Tardif V., Soulard T., Guibert E., Caillat H. (2021). Developing annual cereal-legume mixtures in dairy goat farms in South-West of France, to improve protein self-sufficiency and reduce feeding costs. In : López-Francos A. (ed.), Jouven M. (ed.), Porqueddu C. (ed.), Ben Salem H. (ed.), Keli A. (ed.), Araba A. (ed.), Chentouf M. (ed.). *Efficiency and resilience of forage resources and small ruminant production to cope with global challenges in Mediterranean areas*. Zaragoza : CIHEAM, 2021. *Options Méditerranéennes* : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 125, 537-540.

Jost J., Bossis N., Fañça B., Bluet B., Bossis C., Couvet R., Poupin B., Lazard K., Gervais P., Lefrileux Y., Pommaret A., Delagarde R., Caillat H. (2021) Faciliter les transitions des systèmes d'alimentation caprins vers des systèmes plus herbagers. *Innovations Agronomiques*, 82,67-80.

Jost J., Bossis N., Bluet B., (2022). Impacts économiques du manque de pérennité des prairies dans les systèmes caprins : qu'observe-t-on chez les éleveurs de l'Ouest de la France ?, *Fourrages* 252, 9-17

Laurent C., Caillat H., Girard C.L., Ferlay A., Laverroux S., Jost J., Graulet B.. (2023) Impacts of production conditions on goat milk vitamin, carotenoid contents and colour indices, *Animal*, 17, Issue 1, <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100683>

Lemoine M., Piriou M., Charpentier A., Delagarde R.. (2021). Validation of the Lifecorder Plus device for accurate recording of the grazing time of dairy goats. *Small Ruminant Research*, 2021, 202, pp.106469. [10.1016/j.smallrumres.2021.106469](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106469)

Louarn G, Barillot R, Combes D, Escobar-Gutierrez A (2020) Towards intercrop ideotypes: non-random trait assembly can promote overyielding and stability of species proportion in simulated legume-based mixtures. *Annals of Botany* 126:671-685

Meilhac J, Durand JL, Beguier V, Litrico I (2019) Increasing the benefits of species diversity in multispecies temporary grasslands by increasing within-species diversity. *Annals of Botany* 123:891-900

Meilhac J, Deschamps L, Maire V, Flajoulot S, Litrico I (2020) Both selection and plasticity drive niche differentiation in experimental grasslands. *Nature Plants* 28-33

Pellicer-Rubio M.T., Boissard K., Grizelj J., Vince S., Freret S., et al.. (2019) Vers une maîtrise de la reproduction sans hormones chez les petits ruminants. *INRA Productions Animales*, Paris: INRA, 2019, 32 (1), pp.51-66. <https://dx.doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.1.2436>

Pomiès D., Constancis C., Jurquet J., Veissier I., Caillat H., Lagriffoul G., Drouet M., Fossaert C., Le Cozler Y. (2023). Devenir des jeunes ruminants laitiers : comment concilier élevage et attentes sociétales. *INRAE Productions Animales*, 36(1), 13 p. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2023.36.1.7491>

Rouillé B., Laurent M., Bluet B., Fañça B., Morin E., Bienne F., Jost J., (2019). "Contribution nette des productions laitières bovine, caprine et ovine à l'alimentation protéique humaine en France". *Fourrages* 240, 305-309.

Rouillé B., Jost J., Fañça B., Bluet B., Jacqueroud M-P., Seegers J., Charroin T., Le Cozler Y., (2023) Evaluating net energy and protein feed conversion efficiency for dairy ruminant systems in France, *Livestock Science*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105170>

Sauvant D., Chapoutot P., Giger-Reverdin S., Bluet, B. (2022). Extension spatio-temporelle du modèle chèvre INRA 2018 : 1. Application à l'alimentation en lots. *INRAE Productions Animales*, 34(4), 305–326. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2021.34.4.5354>

Sauvant D., Puillet L., Bluet B. (2022). Spatio-temporal extension of the INRA 2018 goat model. 2. Dynamic changes of body reserves, body weight and body condition score throughout a whole productive cycle. *INRAE Productions Animales*, 2022, 35 (1), pp.73-90. [10.20870/productions-animales.2022.35.1.5492](https://doi.org/10.20870/productions-animales.2022.35.1.5492)

Communications orales ou posters lors de congrès :

Barotin C., Bonnal L., Andueza A., Maudemain S., Jost J., Caillat H., Julien L., Juanes X., Lesnoff M., Assouma M.H., Picard F., Fumat N., El Radi H., Barre P., (2021). La spectrométrie dans le proche infra-rouge pour évaluer la valeur alimentaire des fourrages. *Journées AFFF Prairies et Fourrages 2.0*. Communication orale.

Boissard K., Bruneteau E., Borderes F., Weyers E., Ranger B. et al. Une rotation de plusieurs boucs sexuellement actifs améliore la réponse à l'effet bouc 25. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, Dec 2020, Paris, France. <https://hal.inrae.fr/hal-03128873>

Boissard K., Bruneteau E., Borderes F., Weyers E., Lainé A.L., et al. L'exposition transitoire des chèvres à des boucs avant « effet mâle » interfère avec la cinétique de la réponse ovulatoire. 25 *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, Dec 2020, Paris, France. <https://hal.inrae.fr/hal-03128898>

Caillat H., Ranger B., Duprat A., Audebert G., Jost J.. (2019). Development of multi-species grasslands in low input dairy goat farming systems: multiple services and benefits, limits. In: *Improving sown grasslands through breeding and*

management (p. 45-47). *Grassland Science in Europe*, 24. Presented at Joint 20. *Symposium of the European Grassland Federation and 33. Meeting of the Eucarpia section "Fodder Crops and Amenity Grasses"*, Zürich, CHE (2019-06-24 - 2019-06-27). Wageningen, NLD : Wageningen Academic Publishers. p. 558.

Caillat H., Duprat A., Bruneteau E., Ranger B., Paraud C., Bossis N., Jost J.. (2019). Use of grazing according to the kidding period to improve sustainability of dairy goat farms in France. Book of Abstracts *1st Joint Meeting, FAO-CIHEAM Networks on Sheep and Goats and on Mediterranean Pastures*. Meknès, Morocco, 23-25 Oct 2019. Poster

Caillat H., Barre P., Bossis N., Delagarde R., Disenhaus C., Ferlay A., Gaborit P., Giger-Reverdin S., Inda D., Jacquot A-L., Jénot F., Jost J., Leroux B., Puillet L., Wimmer E., Verdier G.. (2020). L'herbe : un atout pour les élevages caprins laitiers en France. 25. *Journées Rencontres Recherches Ruminants (3R)*, Paris, FRA (2020-12-02 - 2020-12-03) 321-325.

Caillat H., Kocken T., Ketavong S., Ranger B., Paraud C., Hoste H.. (2020) Effets sur le niveau d'OPG d'un régime de foin de sainfoin distribué à des chèvres laitières naturellement infestées par des strongles gastro-intestinaux. 25. *Journées Rencontres Recherches Ruminants (3R)*, Paris, FRA (2020-12-02 - 2020-12-03), 529.

Caillat H., Gonzalez M., Delagarde R., Hoste H. (2022). Sainfoin grazing by dairy goats to manage gastro-intestinal parasitism and improve milk performance. 9. *General meeting of the European Grassland Federation (EGF2022)*, Jun 2022, Caen, France. Wageningen Academic Publishers, *Grassland Science in Europe*, 27, 539-541

Caillat H., Locher E., Hoste H., Delagarde R. (2022). Dairy goats grazing plantain: milk performance and consequences on gastro-intestinal parasitism. 29. *General meeting of the European Grassland Federation (EGF2022)*, Jun 2022, Caen, France. Wageningen Academic Publishers, *Grassland Science in Europe*, 27, pp.542-544.

Caillat H., Perrin L., Boisseau C. Delagarde R. (2022). Dairy goat performance fed whole or processed cereal-legume meslin in a based ventilated hay ration. 73. *Annual meeting of the european federation of animal science (EAAP)*, EAAP, Porto-Portugal, 5 Sept – 8 Sept 2022, p.253.

Caillat H, Kocken T., Ranger B, Jost J. (2022). Efficient use of feeding resources of an experimental low-inputs goat flock to produce food for humans. Book of Abstracts *Joint seminar of networks on pasture and forage crops and on Sheep and Goats nutrition –Alternative feed resources and sustainability*. Catania, Italy, 27-29 Sept 2022. 57. Poster

Delagarde R., Moreau C. (2022). Removing concentrate supply in grazing goats: effects on milk production and grazing behaviour. 73. *Annual meeting of the european federation of animal science (EAAP)*, EAAP, Sep 2022, Porto, Portugal. p.388.

Delagarde R., Moreau C. (2022). Supprimer le concentré chez la chèvre laitière au pâturage : effets sur la production laitière, l'ingestion d'herbe et le comportement alimentaire. 26. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants (3R 2022)*, INRAE; idele, Dec 2022, Paris, France. pp.127-130.

Fança B., Pommaret A., Lefrileux Y., Damez-Marti R., (2019). Access time to pasture has an effect on goats' milk production and body condition. *Joint Meeting FAO-CIHEAM Network on sheep and goats and Mediterranean Pastures, Efficiency and resilience of forage resources and small ruminant production to cope with global challenges in Mediterranean areas*, Meknes, Morocco, 23 to 25 October 2019

Fatet A., Sergeant N., Dordas-Perpinyà M., Drouet B., Ponthoreau O., et al.. (2022). Sperm-specific protein proAKAP4 as a marker to evaluate sperm quality and fertility of Alpine and Saanen Bucks. 25. *Annual Conference of the European Society for Domestic Animal Reproduction (ESDAR)*, Sep 2022, Thessaloniki, Greece. *Reproduction in Domestic Animals*, 57 (S4), pp.79-79, 2022, Proceedings of the 25th Annual Conference of the European Society for Domestic Animal Reproduction (ESDAR).

Fatet A., Bordères F., Roy E., Boissard K., Freret S., et al.. (2022). Caractérisation de la part de rayonnement lumineux utile aux traitements photopériodiques et à la sécrétion de mélatonine chez les caprins. 26. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants (3R 2022)*, Dec 2022, Paris, France. pp.388, 2022, 26ème Rencontres Recherches Ruminants.

Freret S., Huau C., Fassier T, Bompa J.F., Ricard E, et al.. (2022). Automate heat detection by promoting electronic identification by RFID tag in goats. 26. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants (3R 2022)*, INRAE; IDELE, Dec 2022, Paris, France. pp.386.

Gafsi N., Bidan F., Grimard B., Legris M., Martin O., Puillet L., (2022). Relations entre réussite à l'IA, dynamique de production laitière, réserves corporelles et stress thermique chez la chèvre laitière de race Alpine. 26. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants (3R 2022)*, INRAE; IDELE, Dec 2022, Paris, France. pp.372-376.

Gafsi N., Bidan F., Grimard B., Legris M., Martin O., Puillet L., (2022). Dynamic interplay between reproduction, milk production and body reserves in Alpine goats. 73rd *Annual Meeting of the European Federation of Animal Science*, Porto-Portugal, 5 Sept – 8 Sept 2022, p.673.

Giger-Reverdin S., D. Sauvant D., Caillat H.. (2019). Feed efficiency of barn-dried hay obtained in a sustainable goat farming system (Pатуchev) for dairy goats. Book of Abstracts *1st Joint Meeting, FAO-CIHEAM Networks on Sheep and Goats and on Mediterranean Pastures*. Meknès, Morocco, 23-25 Oct 2019. Short communication.

Giger-Reverdin S., Duvaux-Ponter C., Friggens N.C.. (2019). Feed intake pattern did not explain individual variation of feed efficiency in dairy goats fed a Total Mixed Ration. In *International Symposium on Ruminant Physiology*, volume 10 of *Advances in Animal Biosciences*, page 609, Leipzig, Germany, September 2019a. URL <https://hal-agroparistech.archives-ouvertes.fr/hal-02376877>.

Jacquot A-L, Marnet P-G, Guinard-Flament J., Inda D, Disenhaus C.. (2019). Perception du pâturage par les acteurs de la filière caprine dans le Grand Ouest – Témoignages. *Journées de printemps de l'AFPF*, Mar 2019, Paris, France. (hal-02091620)

Jost J., Donier H., Caillat H., Brachet A. and Pierre P.. (2019). REDCap, an inter-profession cooperation to improve and promote sown grasslands for sustainable dairy goat systems in western France. *Grassland Science in Europe*, Vol. 24 – Improving sown grasslands through breeding and management. Proceedings of the Joint *20th Symposium of the European Grassland Federation and the 33rd Meeting of the EUCARPIA Section 'Fodder Crops and Amenity Grasses'* Zürich, Switzerland, 24-27 June 2019. p. 538

Jost J., Fañça B., Bluet B., Morin E., Bienne F., Le Tiec M., Rouillé B., (2019). Protein conversion efficiency in French dairy small ruminant systems. Book of Abstracts *1st Joint Meeting, FAO-CIHEAM Networks on Sheep and Goats and on Mediterranean Pastures*. Meknès, Morocco, 23-25 Oct 2019., poster.

Jost J., Gourlez E., Garnier M-G., Couvet R., Blanchard M., Forgerit A., Fañça B., Bayourthe C. (2020). Caractérisation des rations mélangées utilisées en élevage caprin dans l'Ouest de la France. *25. Journées Rencontres Recherches Ruminants (3R)*, Paris, FRA (2020-12-02 - 2020-12-03), 360.

Jost J., Fouilloux M-N., Caillat H. (2021) Estimation de la valeur en protéines brutes d'un mélange de céréales-protéagineux récoltés en grain (méteil) à partir de la composition du mélange moissonné. *3e Rencontres Francophones sur les Légumineuses*, Angers

Jost J., Tardif V., Soulard T., Guibert E., Bourasseau M., Caillat H., Fouilloux M-N. (2021) Développement de mélanges céréales-protéagineux (méteils) dans les élevages de chèvres laitières de Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire, pour améliorer l'autonomie protéique et limiter les intrants sur les cultures le coût de l'alimentation. *3e Rencontres Francophones sur les Légumineuses*, Angers

Kocken J., Jost, J., Ranger B., Caillat H.. (2020). Efficience d'utilisation des ressources alimentaires d'un troupeau caprin visant l'autonomie alimentaire pour produire des denrées alimentaires pour l'Homme. *25. Journées Rencontres Recherches Ruminants (3R)*, Paris, FRA (2020-12-02 - 2020-12-03), 223. Poster.

Laurent C., Graulet B., Caillat H., Girard C.L., Jost J., Bossis N., Lecaro L., Ferlay A.. (2019). Characterization of milk goat composition according to feeding systems in Western France. *70th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science*, Ghent, Belgium, 26-30 Aug 2019, poster.

Parias C., Bluet B., Fassier T., Freret S., Bao T., Oviedo B., Boucherot J., Novak R. (2022). Analyse automatisée du comportement animal, suivi par des enregistrements vidéo, grâce à l'intelligence artificielle : perspectives en élevage caprin. *26. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants (3R 2022)*, INRAE; IDELE, Dec 2022, Paris, France, 577. Poster.

Puillet L., Verges V., Blavy P., Chabrier P., Picheny V.. (2019). Tools for evaluating trade-offs between robustness to price and yield variations in dairy goat farms. Book of abstracts of the *70th Annual Meeting of European Federation for Animal Science*, Ghent, Belgium 26-30 Aug 2019, communication orale.

Ribeiro M.G., Jobim C.C., Daniel J.L.P., Gastal F., Barre P., Caillat H.. (2019). Effect of particle reduction in barn dehydrated hay with an active solar roof collector system: total qualitative losses VI ISFQC Proceedings Book, *6th International Symposium on Forage Quality and Conservation*, Piracicaba, Brazil, November 7-8th. Poster

Ribeiro M.G., Jobim C.C., Daniel J.L.P., Gastal F., Barre P., Caillat H.. (2019). Effect of particle reduction in barn dehydrated hay with an active solar roof collector system: goat intake VI ISFQC Proceedings Book, *6th International Symposium on Forage Quality and Conservation*, Piracicaba, Brazil, November 7-8th. Poster

Rouillé B., Laurent M., Jost J., Fañça B., Morin E., Bienne F., (2019). Feed conversion efficiency in French dairy systems. *Grassland Science in Europe*, Vol. 24 – Improving sown grasslands through breeding and management. Proceedings of the Joint *20th Symposium of the European Grassland Federation and the 33rd Meeting of the EUCARPIA Section 'Fodder Crops and Amenity Grasses'* Zürich, Switzerland, 24-27 June 2019, p. 512, poster.

Rouillé B., Laurent M., Jost J., Fañça B., Morin E., Bienne F., (2019). Caractérisation de l'efficience d'utilisation des ressources. *Journées de printemps de l'AFPF*, Mar 2019, Paris, France. poster.

Rouillé B., Bienne F., M. Le Tiec M., Faça B., Jost J., Bluet B., Morin E., Laurent M., (2020). Des systèmes laitiers caprins, ovins et bovins producteurs nets de protéines et consommateurs d'énergie. 25. *Journées Rencontres Recherches Ruminants* (3R), Paris, FRA (2020-12-02 - 2020-12-03), 198-201.

Wolff B, Julier B, Louarn G (2021) Impact de la variabilité intraspécifique des traits d'interaction sur la compétition interspécifique: une étude de cas sur les légumineuses fourragères, en utilisant le modèle Virtual Grassland. 3e Rencontres Francophones sur les Légumineuses, Angers

Publications techniques :

Bidan F., Fatet A. , Johnson L. (2022). Le programme Chaleurs naturelles (CN) pour l'insémination, Fiche technique du GRC, 4p, https://idele.fr/grc/?eID=cmis_download&olD=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2Fcd09fafa-1bca-48a1-a7b9-e5d0ed8ee0c7&cHash=cdfb6b44592dd22fdee6b84d995424bd

Bidan F., Fatet A. , Johnson L. (2022). Le programme hormonal de synchronisation (PHS) pour la préparation à l'insémination, 4p, https://idele.fr/grc/?eID=cmis_download&olD=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2Ff5833045-5ca7-48ec-8a98-23307b0194a3&cHash=6aa1b7bfa13b52655d306cf07c6f0ec4

Bidan F., Fatet A. , Johnson L. (2022). Le programme Effet bouc (EB) pour la préparation à l'insémination, Fiche technique du GRC, 4p, https://idele.fr/grc/?eID=cmis_download&olD=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2Fdb521ddb-2b38-4c41-b765-91d469f1b181&cHash=7c796bc4b1b789b875ef1f71a2020d27

Bidan F., Fatet A. , Johnson L. (2022). Le programme Eponge et Effet bouc (EpEB) pour la préparation à l'insémination, Fiche technique du GRC, 4p, https://idele.fr/grc/?eID=cmis_download&olD=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2F014230ed-6ea9-4fe3-9336-7031ac47a2c&cHash=1fd9b417adfbdf8278c277f628464fd6

Bossis (2023). Coût de production par système d'exploitation : repères techniques et économiques 2021/22, 8p, https://idele.fr/inosys-reseaux-elevage/?eID=cmis_download&olD=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2Ff54ee92-0827-4731-97c8-735ac72ac99c&cHash=26d8fec1a3526d603fc6c3a35cc70f25.

Bossis (2023). Coût de production par système alimentaire : repères techniques et économiques 2021/22, 8p, https://idele.fr/inosys-reseaux-elevage/?eID=cmis_download&olD=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2Ff325f613-fbd1-4a09-a095-a622c6edb350&cHash=40cadbf61fec72f2b548c12713b7071.

Bossis N., (2019). Accompagner le développement des systèmes herbagers en élevage caprin - Points de vue des techniciens, Institut de l'Elevage, 4 p.

Bossis N., (2019). Les freins et motivations des éleveurs à l'utilisation de l'herbe en élevage caprin - Synthèse des enquêtes en ligne, Institut de l'Elevage, 4 p.

Bossis N., (2019). Les freins et motivations des éleveurs à l'utilisation de l'herbe en élevage caprin - Synthèse des focus groupes, Institut de l'Elevage, 4 p.

Caillat H., Barre P., Bonneau-Wimmer E., Delagarde R., Disenhaus C., Ferlay A., Gaborit P., Giger-Reverdin S., Jacquaroud M-P., Jacquopot A-L., Jénot F., Jost J., Lecaro L., Leroux B., Pelletier E., Verdier G. (2020). L'herbe : un atout pour les élevages caprins du Grand Ouest. Projet PSDR FLECHE. Colloque de restitution, Webinaire, 8 octobre 2020. 58 p. <https://colloque.inrae.fr/psdr-fleche/Actes-du-colloque>

Fança B., (2019). Les derniers résultats de la recherche sur le pâturage des chèvres, Institut de l'élevage, 4 p. <http://idele.fr/filieres/caprin/publication/idelesolr/recommends/les-derniers-resultats-de-la-recherche-sur-le-paturage-des-chevres.html>

Jost J., Bossis C., Tardif V., (2018). Gérer la fibrosité physique de la ration à base de foin ventilé pour limiter les risques métaboliques et les pertes laitières et de matières utiles, Plaquette REDCap, 4 p.

Jost J. & Minette S. (2018). Construire des rotations dans les systèmes caprins en polyculture-élevage. 4 pages, https://redcap.terredeschèvres.fr/IMG/pdf/fiche_methode.pdf

Jost J., (2019). Compte-rendu technique de l'action 2 - Casdar I&P n°5546 CAPHerb, Coll Synthèse, Institut de l'Elevage, 62 p. http://idele.fr/no_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/compte-rendu-technique-casdar-ip-n5546.html

Hulin S., Jost J., Arranz JM. (2019). L'autonomie alimentaire en filières fromagères AOP, entre lien au terroir et agro-écologie, 26 p, https://www.rmtfromagesdeterroirs.com/wp-content/uploads/2019/04/AUTONOMIE-ALIMENTAIRE-COMPLET_HD_v3.pdf

Jost J. et Bluet B., (2019). L'enrubannage en élevage caprin, Collection Synthèse, Institut de l'Elevage, 64 p. <https://acta-editions.com/shop/product/l-enrubannage-en-elevage-caprin-2042?category=25>

Jost J., Bossis C., Blanchin J.-Y., Caillat H., Dufourg V., Humbert L., Quilleré L., Vaubrun A., Tardif V., (2019). Le séchage en grange en élevage caprin, Collection Synthèse, Institut de l'Elevage, 68 p. <https://acta-editions.com/shop/product/le-sechage-en-grange-en-elevage-caprin-2041?category=25>

Jost J., Blanchard M., Forgerit A., Colin D., Garnier M.-G., Couvet R., Gourlez E., (2019). La ration mélangée en élevage caprin, Collection Synthèse, Institut de l'Elevage, 80 p. <https://acta-editions.com/shop/product/la-ration-melangee-en-elevage-caprin-2043?category=25>

Jost J. (2019). Quels méteils grain pour les chèvres de Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire ? De l'itinéraire technique à la valorisation par l'animal, 12 pages, https://redcap.terredeschèvres.fr/IMG/pdf/Plaque_Meteils_REDCAP_VF.pdf

Jost J., Caillat H., Fatet A. (2019). Actes de la Journée Technique Capvert 2019, 50p, https://redcap.terredeschèvres.fr/IMG/pdf/200323ensemble_dossier_A4-compresse-2.pdf

Jost J. (2020). Modules pédagogiques en ligne sur la valorisation de l'herbe. <https://idele.fr/services/outils/capherb> & <https://redcap.terredeschèvres.fr/spip.php?rubrique115>

Jost J. (2020). Les prairies multi-espèces du REDCap : synthèse de dix ans d'essais. 16 pages, https://redcap.terredeschèvres.fr/IMG/pdf/191209syntheses_essais_pme_long_sans_logo.pdf

Jost J., Caillat H., Fatet A., Bluet B. (2022). Actes de la Journée Technique Capvert 2022, 43p.

Jost J., Vigan A., Sauvageot C. (2023). Comment améliorer l'empreinte carbone du lait de chèvre dans le bassin Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire. 8 pages, https://redcap.terredeschèvres.fr/IMG/pdf/230222_Empreinte_carbone_VF.pdf

Lecarme M., Bossis N., Bourrasseau M., Boyer C., Caillat H., Delagarde R., Desmaison P., Lictevout V., Pommaret A., Jost J. (2021). Le pâturage en élevage caprin. Collection Synthèse, Institut de l'Elevage, 167 p. <https://acta-editions.com/shop/t2138-le-paturage-en-elevage-caprin-2098#attr=>

Richard F. et Jost J. (2019). Quelles prairies multi-espèces pour les chèvres ? En Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire, 12p, https://redcap.terredeschèvres.fr/IMG/pdf/200218_guide_pme_vf.pdf

Le comité de coordination a également réalisé une analyse AFOM (Atouts, Faiblesses, Opportunités, Menaces) de ses cinq ans d'exercice. Cette analyse a permis de mettre en avant des points de réussite mais aussi de vigilance pour la suite de l'UMT SC3D.

Tableau : analyse AFOM de l'UMT SC3D par ses membres

Atouts	Faiblesses
Des dynamiques d'échanges ont été engagées, avec une meilleure interconnaissance des partenaires de l'UMT (Idele-INRAE)	Animation des axes de travail à améliorer : structurer des réunions d'échanges (état des projets en cours et/ou journée thématique pour prendre de la hauteur), méthodes d'animation
Une approche systémique des questions scientifiques, avec des réponses analytiques pris en compte sous le prisme de la cohérence du système d'élevage (intégration de solutions analytiques – fourrages, alimentation, reproduction- dans le système d'élevage)	La visibilité de l'UMT, dans des structurations déjà existantes
27 projets multi-partenariaux déposés en lien avec les membres de l'UMT SC3D	Conforter la transversalité sur les thématiques alimentation - reproduction

Une diversité de thématiques abordées : du végétal à l'animal, avec une approche systémique	Forces vives locales Idele sur les fourrages pour faire le lien avec l'URP3F
Des travaux plus finalisés pour les éleveurs, grâce aux échanges Idele-INRAE et UMT-partenaires	Elargir la communication des travaux de l'UMT vers un public plus large (consommateur, citoyen, ...)
Une communication engagée vers les acteurs de terrain via les réseaux REDCap, Ferticap, INOSYS, Cap'Pradel et la Journée Technique CapVert	Impliquer davantage les participants : cercle 1, 2 et 3.
Ouverture plus large de l'URP3F avec éleveurs et techniciens. Poursuite des visites Patuchev et Ferticap.	
Des compétences pour une vision prospective des systèmes caprins de demain	
Opportunités	Menaces
Approche système fourrager caprin... pouvant aller vers système fourrager ruminant (transversalité de la production d'herbe mais spécificité du type de ruminant le valorisant)	COVID en 2020-21, qui a ralenti les échanges informels (et les réunions).
Un noyau local d'animation dynamique et collectif	Des ouvertures de poste ont eu lieu mais il est important de conforter les forces vives d'animation sur place
Développer l'approche polyculture-élevage : interactions entre le système d'élevage et le système de culture, avec une échelle exploitation et territoire	La mobilisation d'un cercle contributeur élargi géographiquement est moins évidente
Transversalité entre les UMT caprin à approfondir (en cours)	Faire perdurer le lien entre production d'herbe et valorisation par l'animal
Partage des connaissances et données Idele/INRAE (en cours)	Formaliser le partage de données, en lien avec la propriété de ces données et les méthodes d'acquisition (en cours)

Enfin, nous souhaitons mettre en lumière les actions mis en place pour répondre à l'avis édité en 2018 du COST de l'ACTA, concernant l'UMT SC3D. Certaines actions ont été mises en place dans la durée 2019-23 et seront approfondies dans la période à venir.

Avis du COST ACTA

Le COST de l'Acta donne un avis très favorable sur un projet de grande qualité dont la filière caprine a besoin.

Il s'appuie sur un très bon partenariat. Il faudrait toutefois veiller à élargir les questionnements et donc les partenaires à la génétique animale et la santé animale. Ceci pourrait être facilement réalisé via un lien aux UMT « Gestion Génétique et Génomique des petits ruminants » et « Santé des petits ruminants ».

Les professionnels agricoles sont très présents avec notamment des réseaux de ferme associés très en amont à la fois pour la collecte de données sur les pratiques et comme premiers lieux de diffusion.

Ce projet s'appuie sur des dispositifs expérimentaux existants originaux, comme Patuchev, ce qui lui donne une réelle crédibilité.

Le projet mentionne un lien avec la formation initiale au travers du lycée agricole de Melle. Il faudrait peut-être mieux utiliser les étudiants comme premiers vecteurs de la diffusion de l'information, mais aussi comme vecteurs des attentes des éleveurs chez qui ils font leurs stages.

Enfin, la gouvernance mobilise des porteurs jeunes et dynamiques, contribuant à renouveler les cadres de la recherche et recherche appliquée.

Quelques remarques et suggestions ont toutefois été formulées et pourraient constituer des points de réflexion au cours des premiers mois de l'UMT.

Ainsi, la prise en compte de la dimension économique pourrait être renforcée. Elle est sans doute envisagée dans les évaluations multi-critères, mais il faudrait être plus explicite sur cette dimension. Elle apparaît seulement dans le dossier sur la question de la reproduction et l'âge de la première mise bas des chevrettes.

L'UMT n'évoque pas le risque d'image pour la filière liée aux chevreaux et à la durée des carrières des chèvres. Ce point mérite peut-être instruction.

Le changement climatique est mentionné, ce qui est très pertinent, mais ce sont surtout les variations inter-annuelles qui sont une source de difficulté et engendrent un besoin de robustesse dans les élevages et dans les systèmes fourragers à la base de l'alimentation des troupeaux. Ceci devrait être pris en compte.

Enfin, rien n'est dit sur la fabrication des fromages. Le projet semble donc plutôt adapté aux filières longues. Ceci est peut-être à discuter, via une implication plus forte de l'industrie laitière, même si le BRILAC est partenaire du projet.

En conclusion, le **COST de l'ACTA propose sans réserve la validation de ce projet d'UMT** et invite les porteurs à prendre en compte les remarques qui précèdent.

Afin d'assurer une transversalité entre les domaines scientifiques et d'appuyer l'approche système de notre UMT, nous avons été à l'initiative d'une rencontre entre les animateurs des UMT SC3D, SPR et Génétique (31 mars et 1er avril 2022). Cela a permis d'identifier des actions transversales à mener et à aboutir à la construction de plusieurs projets déposés à l'AAP FAM 2023 (EcoAgir, ESCALL) et à venir.

Au-delà de l'accueil de stagiaires, les apprenants, notamment du lycée agricole de Melle et de l'Université de Poitiers, ont été fortement impliqués par les ingénieurs et chercheurs de nos structures. Cela s'est traduit par l'animation de sessions pédagogiques, avec la mobilisation de jeux-sérieux, la réalisation d'enquêtes auprès des acteurs de la filière, la réalisation de travaux dirigés et pratiques. Cette organisation originale a ensuite été mobilisée dans le cadre de plusieurs dépôts de projets portés par l'UMT SC3D (Ocalipro, ECD, CapCLimat, EcoAgir).

4. LA STRATEGIE DE L'UMT SC3D – 2024-29

La stratégie de l'UMT SC3D est, à partir de travaux de conception et d'évaluation de solutions biotechniques sur le volet « ressources alimentaires » et « animal », à l'échelle de l'exploitation et du territoire, de concevoir des systèmes caprins laitiers producteurs de multiples services et engagés pour répondre aux défis du changement climatique.

La coopération entre chercheurs, ingénieurs, techniciens et éleveurs, assurera des solutions opérationnelles et transférables. La finalité de nos actions sera de développer des systèmes alimentaires pour l'humain sains et durables.

L'ambition de cette UMT SC3D est de développer autour d'une dynamique régionale élargie aux autres bassins de production nationaux, un lieu de création de références nationales répondant aux enjeux de la filière. Elle produira des résultats divers allant de la production de méthodologie à la production de résultats scientifiques ou techniques en valorisant la complémentarité des compétences associées au projet. **L'ambition de ce projet est de fournir aux éleveurs et à la filière caprine des clés pour aller vers la transition agroécologique des conduites et des systèmes plus durables et résistants aux aléas.** L'UMT SC3D réalisera des travaux sur les ressources alimentaire et sur l'animal pour aller vers des systèmes innovants et robustes. Le couplage entre cultures et élevage sera étudié, à l'échelle de la ferme et du territoire. Bien sûr ces travaux s'appuieront sur de nouveaux outils (capteurs, nouvelles technologies, big data...) ou approches autour de la valorisation de données collectées en élevages à la fois pour améliorer le pilotage des exploitations, pour tenter d'apporter des réponses aux attentes sociétales et aux défis liés au changement climatique et à la perte de biodiversité. Le transfert des résultats vers les

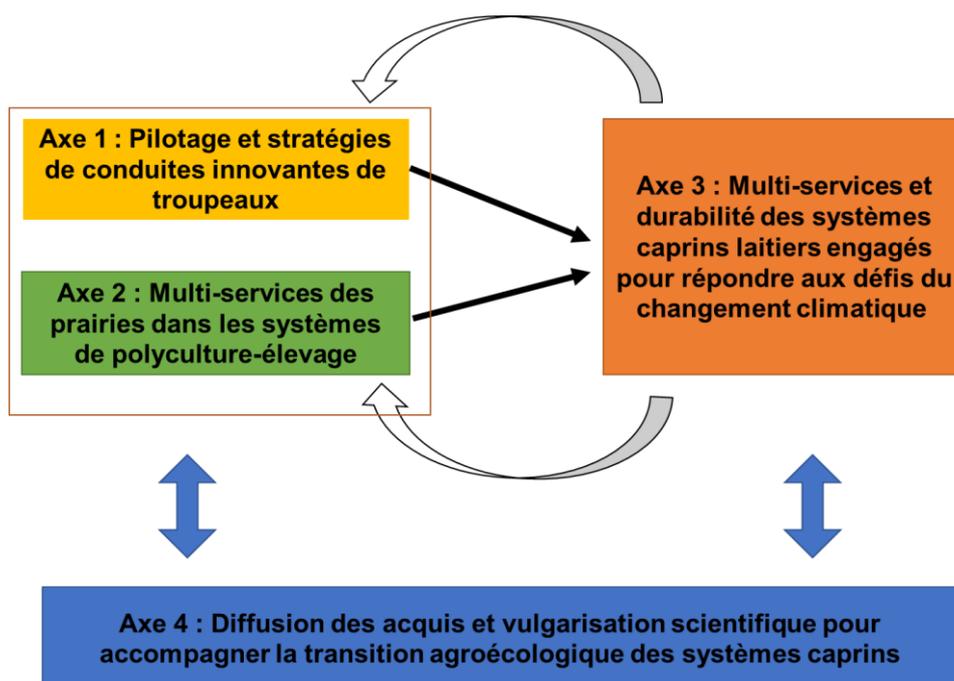
éleveur.es, les technicien.nes, les enseignant.es et leurs apprenant.es constituera un point fort de notre organisation.

Les attendus des travaux de l'UMT SC3D concernent en priorité :

- l'**acquisition et le transfert de connaissances adaptées au contexte caprin**, souvent peu pris en compte par rapport à d'autres filières animales,
- l'**identification de leviers d'actions techniques pertinents et innovants** pour améliorer l'efficacité des conduites en systèmes caprins ;
- l'**évaluation des techniques et des systèmes** au regard des enjeux divers auxquels est confrontée la filière,
- le **développement d'une expertise « multi-partenariale » et « transversale »** pour mieux orienter les évolutions à venir,
- le **transfert des acquis** au bénéfice de tous les techniciens et éleveurs caprins, enseignants et apprenants.

Pour répondre à cette ambition, les recherches (travaux) de l'UMT SC3D seront organisées en trois axes thématiques, qui seront chacun animés par un binôme/trinôme INRAE - IDELE. L'axe en charge de la diffusion et de la communication sera animé par les coordinateurs de l'UMT, avec l'appui d'une enseignante de lycée agricole.

Figure : schéma présentant l'organisation de l'UMT SC3D (2024-29)



- **Axe 1 : Pilotage et stratégies de conduites innovantes de troupeaux caprins**

Animateurs : Alice Fatet (INRAE – UE FERLus), Bertrand Bluet et Fabrice Bidan (IDELE – service productions laitières)

Cet axe s'attachera à construire des outils, méthodes et indicateurs de pilotage du troupeau caprin répondant aux enjeux d'adaptation et de contribution à l'atténuation du changement climatique. Pour atteindre ces objectifs, nous élaborerons et évaluerons des stratégies de conduite de l'alimentation et de la reproduction, dans le but d'améliorer l'efficacité de la conduite du troupeau, de limiter les pertes et gaspillages, de valoriser la biodiversité. Le phénotypage à l'échelle du système d'élevage permettra d'élaborer des stratégies de conduite innovantes, dans des contextes variés. Pour cela, nous associerons dispositifs expérimentaux, réseaux d'élevages et modélisation.

- **Axe 2 : Multi-services des prairies dans les systèmes de polyculture-élevage**

Animateurs : Philippe Barre (INRAE- UR P3F), Patrice Pierre (IDELE – service fourrages et pastoralisme) et Adèle Marsault (IDELE – service Productions laitières)

L'objectif de l'axe 2 est de déterminer les facteurs d'adaptation des ressources végétales valorisées par les chèvres et de re-concevoir des systèmes caprins en polyculture-élevage, i/ en prenant en compte l'adaptation au changement climatique, ii/ dans un objectif de meilleure autonomie alimentaire et protéique des systèmes caprins, iii/ en limitant les intrants au niveau des cultures (azote minéral, IFT des cultures), pour contribuer à l'atténuation du changement climatique et iv/ en étant opérationnel pour les éleveurs du point de vue de la charge de travail. L'enjeu est d'améliorer la résilience des systèmes caprins de demain, *via* le levier de la valorisation des ressources végétales, tout en apportant une diversité de services écosystémiques.

- **Axe 3 : Multi-services et durabilité des systèmes laitiers caprins de demain**

Animateurs : Hugues Caillat (INRAE-UE FERLus) et Jérémie Jost (IDELE – service Productions laitières) et Eric Bertrand (IDELE – service environnement)

L'objectif de cet axe 3 est de contribuer au développement de systèmes caprins durables, offrant de multiples services. L'objectif sera de concevoir les systèmes laitiers caprins de demain et d'identifier des leviers améliorant leurs performances pour accompagner la transition agroécologique des élevages caprins. Cet axe 3 sera alimenté en particulier par les connaissances, outils et innovations sur les ressources végétales et les conduites d'élevage développées dans les deux axes précédents, ainsi que par les acquis d'autres UMT (PSR, Star, Pastoralisme, RIEL).

- **Axe 4 : Diffusion des acquis et vulgarisation scientifique pour accompagner la transition agroécologique des systèmes caprins**

Animateurs : Jérémie Jost (IDELE – service productions laitières), Hugues Caillat (INRAE UE FERLus) et Émilie Bonneau-Wimmer (EPLEFPA Terre et Paysages Sud Deux-Sèvres)

Cet axe transversal vise à assurer une bonne diffusion des résultats acquis au sein de l'UMT SC3D vers différents publics : éleveurs, techniciens, apprenants, enseignants, chercheurs.

Pour cela, nous nous appuyerons sur les outils classiques de communication mais également sur les nouvelles technologies de l'information et de la communication dont les réseaux sociaux, afin d'assurer la vulgarisation scientifique de nos travaux. Une participation étroite dans les modules de formation de l'enseignement agricole assurera la formation initiale et continue des acteurs de la filière caprine, pour assurer la mise en place de pratiques plus favorables à la transition agroécologique.

5. LE FONCTIONNEMENT DE L'UMT SC3D

Les compétences mises à disposition de l'UMT SC3D recouvrent des domaines divers, et sont localisées sur Lusignan-Poitiers (cercle 1). Des compétences externes liées aux ingénieurs et chercheurs s'y ajoutent (cercle 2). En tout le nombre d'ETP impliqués est de 9,55 (voir annexe 2). Un troisième cercle associera des partenaires acteurs de la filière caprine.

- **Cercle 1**

- Les acteurs centraux de l'UMT SC3D**

Les acteurs centraux de l'UMT SC3D se situent à Lusignan dans la Vienne (et dans sa périphérie proche : Poitiers - 86 et Melle – 79).

Ils seront issus de plusieurs services et départements d'INRAE :

- **UE FERlus** (Unité Expérimentale Fourrages, Ruminants, Environnement de Lusignan) : conception et évaluation de systèmes fourrages et d'élevages laitiers innovants et durables.

Rattachée aux départements PHASE (Physiologie animale et systèmes d'élevage), AgroEcoSystem (Agroécosystèmes), et BAP (Biologie et Amélioration des Plantes). Compétences en productions fourragères annuelles et prairiales, en élevage laitier caprin et bovin, en mesures des impacts environnementaux, en techniques de reproduction caprine.

- **UR P3F** (Unité de Recherche Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères) : génétique, écophysiologie et amélioration des espèces fourragères pérennes. Rattachée aux Départements AgroEcoSystem (Agroécosystèmes), et BAP (Biologie et Amélioration des Plantes)

De même pour l'Institut de l'Élevage, les acteurs sont issus de plusieurs services et départements :

- **Productions Laitières** (Département Techniques d'Élevage et Environnement) compétences en reproduction, alimentation, conduites d'élevage, productions fourragères et environnement.

- **Economie des exploitations** (Département économie) compétences en économie, systèmes d'élevage.

- **Qualité du lait** (Département qualité des élevages et des produits) compétences en santé et bien-être des ruminants et qualités des produits laitiers.

Nous associons également d'autres compétences locales :

- **Équipe agronomie du pôle Innovation et transition agricole de la Chambre Régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine** qui, avec son équipe basée dans les locaux de l'UE FERLus apportera une expertise sur les systèmes de culture et l'innovation dans le cadre des axes 2 et 3 (3 ETP sur site)
- **Équipe enseignante de l'EPLEFPA Terre et Paysages de Melle**, qui apportera une expertise sur le transfert des connaissances acquises vers les apprenants (pédagogie). La co-animation de l'axe 4 " Diffusion des acquis et vulgarisation scientifique pour accompagner la transition agroécologique des systèmes caprins" sera assurée par un membre de l'équipe pédagogique.

- **Cercle 2**

Les compétences précédentes seront renforcées par les compétences d'un « second cercle » de participants, localisés au-delà du noyau central Lusignan-Poitiers. Il s'agit :

- ✓ de chercheurs INRAE ou de l'établissement d'enseignement supérieur associé :
 - **UMR PEGASE** (Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Élevage, Rennes) : compétences sur le pâturage des ruminants laitiers et de la chèvre en particulier et sur le travail en élevage
 - **UMR MoSAR** (Modélisation Systémique Appliquée aux Ruminants, Paris) : compétences en modélisation des systèmes caprins et l'alimentation des caprins.
 - **UMR PRC** (Physiologie de la Reproduction et du Comportement, Tours) : compétences en reproduction des ruminants, élevage de précision, relations alimentation-reproduction, saisonnalité, photopériodisme.
- ✓ d'ingénieurs de l'**Institut de l'Élevage** impliqués dans les domaines de la reproduction, des fourrages, de l'environnement, du travail en élevage, de la qualité des produits, de l'alimentation des ruminants, des nouvelles technologies et dans les expérimentations réalisées à la Ferme du Pradel.

Comme déjà évoqué, des liens étroits seront assurés avec la **station expérimentale caprine du Pradel**, localisée en Ardèche et pilotée sur le plan technique par IDELE. Les principaux axes de

travail de cette station portent sur la conduite et l'alimentation du troupeau, la maîtrise des impacts environnementaux et l'utilisation des capteurs afin d'améliorer le pilotage du troupeau. Cette coopération permettra aussi d'assurer les liens entre les deux principaux bassins de production, dans le cadre de cette UMT.

Les temps d'échanges et de partage internes à l'UMT SC3D seront mis en place pour croiser les compétences, les points de vue et les analyses de résultats. Cette action pourra prendre différentes formes : formation commune, instances d'échanges sur une thématique... De plus un outil de partage de documents liés au fonctionnement de l'organisation et de documents scientifiques et techniques a d'ores et déjà été ouvert sous la forme d'un outil interne collaboratif.

- **Cercle 3**

Au-delà des ingénieurs et chercheurs directement impliqués dans les travaux (cercles 1 et 2), l'UMT SC3D s'appuiera également sur des compétences spécifiques d'un « troisième cercle » issues d'autres unités INRAE (UMR SAS et plateformes MEANS et RECORD), d'organismes agricoles, d'entreprises privées, dont plusieurs sont également localisés autour de Lusignan-Poitiers, ceci en fonction des besoins :

- des organismes de conseil et de formation participant au réseau REDCap : les ECEL, les Chambres d'Agriculture, le CIVAM, le BTPL, les GAB, l'enseignement agricole de Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire (15 structures),
- L'ITAB
- Capgènes
- les entreprises Cerience et Agri Obtentions (Lusignan) pour le domaine de l'innovation en variétés fourragères,

Mais aussi d'autres ingénieurs ou chercheurs des 2 partenaires centraux INRAE-IDELE impliqués plus ponctuellement.

Les éleveurs seront aussi parties prenantes *via* des réseaux existants de producteurs de lait de chèvres, parmi ceux-là : **le réseau REDCap** qui regroupe 90 éleveurs sur le territoire de Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire et **le réseau Ferticap** qui regroupe 20 éleveurs en Vienne et Deux-Sèvres fédérés autour de l'amélioration continue des pratiques de reproduction depuis 1992 (dont certains sont communs au réseau REDCap). Les animateurs de ces deux réseaux participent activement à l'animation de l'UMT, favorisant les échanges et le transfert aux éleveurs.

Des échanges réguliers auront lieu avec deux autres UMT traitant des questions de santé et de génétique des petits ruminants (localisées à Toulouse). Cela se traduira par une participation croisée à certaines instances et par des projets communs. L'UMT SC3D a été à l'initiative de la rencontre de travail inter-UMT caprines qui s'est tenue à Marseille à la suite des Journées Techniques Caprines les 31 mars et 1er avril 2022. L'objet était de d'améliorer l'inter-connaissance et la transversalité avec les UMT GPR (Génétique pour un élevage durable des Petits Ruminants) et PSR (Pilotage de la Santé des Ruminants). Ces rencontres ont permis une meilleure connaissance mutuelle des 3 UMTs et de leurs travaux en cours, d'identifier des points de transversalité et de favoriser des échanges, d'avoir une réflexion et une coordination sur les projets à venir (en particulier sur les lactations longues) et d'échanger sur le fonctionnement. Ces rencontres devraient désormais se renouveler à rythme annuel. De même, des échanges auront lieu avec les UMT Riel 3.0 et Sesame qui traitent de questions similaires pour d'autres espèces de ruminants (bovins lait, bovins et ovins viande).

La majorité des animateurs de l'UMT SC3D sont également impliqués dans les RESEAUX MIXTES TECHNOLOGIQUES (RMT). Par exemple Hugues Caillat est impliqué dans le RMT SPICEE (Systèmes Polyculture Elevage), Patrice Pierre dans le RMT Avenir Prairies, Jérémie Jost dans les RMT Fromages de Terroir (Filières fromagères valorisant leur terroir). Des échanges auront également lieu avec les RMT MAELE et Travail, *via* la participation de certains partenaires du cercle 2. Cela favorisera la visibilité de nos travaux et les interactions avec d'autres projets.

L'UMT SC3D sera bien sûr en lien étroit avec trois groupes de réflexion et d'expertise nationaux :

- le **Groupe Filières ovine et caprine** animé par INRAE qui regroupe des scientifiques et ingénieurs dont les thématiques de recherches portent sur les petits ruminants, des structures recherches et développement ainsi que des représentants professionnels de ces filières (co-animation de ce groupe filière par Hugues Caillat)
- le **Groupe Reproduction Caprine** (animé par Fabrice Bidan) et le **Groupe Alimentation Caprine** (animé par Bertrand Bluet) qui regroupent les structures techniques agricoles et permettent de faire émerger les questions posées sur le terrain. Ces deux groupes sont co-animés par la FNEC et l'Institut de l'Élevage, avec des représentants de divers organismes de recherche, conseil et formation caprin. Ils participent au transfert de connaissances et à la diffusion des techniques et stratégies nouvelles en direction des techniciens et des éleveurs.

De plus, nous chercherons à développer nos relations et partenariats avec des acteurs de la recherche et du développement européens en s'appuyant par exemple sur différents consortiums (exemples actuels : projets H2020 Sm@rt et Smarter, Erasmus+ NewCap). L'UMT SC3D a également été sollicitée pour participer au comité scientifique local de l'édition 2023 de l'EAAP à Lyon, ainsi que la proposition de thèmes. La participation à différents colloques européens et international permet également de donner de la visibilité à nos travaux (EAAP, EGF, FAO Ciheam, IGC).

- **Le fonctionnement de l'UMT SC3D**

Plusieurs instances seront mises en place pour assurer un bon fonctionnement de l'UMT SC3D, en poursuivant les dynamiques partenariales et de pilotage de la période 2019-2023 :

- **Le comité d'orientation**, organe central du dispositif présenté et détaillé dans la convention de partenariat, se réunira trois fois durant la mandature, sur invitation. Il regroupera les partenaires institutionnels nationaux et régionaux et aura pour vocation d'orienter les travaux et exprimer les besoins de la filière et des partenaires techniques et scientifiques. Les travaux seront ensuite suivis de façon opérationnelle au niveau de deux instances :
- **Le comité de coordination**. Il réunit les deux animateurs de l'UMT SC3D et les animateurs des axes, avec les responsables hiérarchiques impliqués. C'est un lieu d'échanges et de partage d'informations sur les projets en cours, les résultats, les réflexions prospectives. Cette instance favorisera les échanges entre les axes et évitera l'étanchéité entre les thématiques. Il se réunira 2 à 3 fois par an. En tant que co-animatrice de l'axe 4, une représentante de l'EPLEFPA Terre et Paysages Sud Deux-Sèvres participera à ce comité et assurera la transversalité avec l'enseignement agricole.
- **Les comités de programmation par axe** : ils sont constitués des animateurs, des membres de l'UMT SC3D, aux représentants du second cercle et pourront ouvrir leur porte à des invités impliqués dans la thématique traitée. Ils se réuniront *a minima* 2 fois par an, feront le point sur les travaux en cours et seront force de proposition sur de nouveaux travaux, sur les appels à projet à solliciter et sur les communications à envisager.

6. LE PROGRAMME DE RECHERCHE ET DE DEVELOPPEMENT DE L'UMT SC3D

Notre programme se construit de telle façon que les axes 1 et 2 permettent d'acquérir des connaissances en biotechniques animale et végétale, qui seront intégrées dans une approche système dans l'axe 3. L'axe 4 assure la diffusion des acquis et la vulgarisation scientifique.

6.1 Axe 1 : Pilotage et stratégies de conduites innovantes de troupeaux caprins

Animateurs : Alice Fatet (INRAE – UE FERLus), Bertrand Bluet et Fabrice Bidan (IDELE – service productions laitières)

▪ **Objectif**

L'objectif de cet axe 1 est de doter les éleveurs caprins, de connaissances, d'outils et de méthodes, d'une part pour repenser leurs stratégies de conduite du troupeau pour faire face aux enjeux actuels et à venir de la filière, et d'autre part pour piloter au quotidien leur troupeau en cohérence avec ces stratégies.

Dans la continuité des travaux menés au sein de l'UMT SC3D depuis son lancement, une attention particulière sera apportée à l'analyse des pratiques actuelles, de leurs évolutions, ainsi que des objectifs stratégiques, techniques et organisationnels auxquels elles répondent. Cette analyse permettra de proposer des évolutions de pratiques adaptées aussi bien aux attentes des éleveurs qu'aux enjeux de la filière, en cohérence avec les systèmes caprins durables, offrant de multiples services conçus dans l'axe 3.

Les éléments de conduite d'élevage plus particulièrement étudiés seront la reproduction et l'alimentation, compte tenu de leur importance dans l'économie des élevages. Une attention particulière sera portée à l'intégration des solutions proposées dans une approche globale de la conduite du troupeau, cohérente et multi-performante.

Les résultats de cet axe permettront de sensibiliser les éleveurs aux marges de progrès selon leur système de production et aux adaptations possibles de leurs conduites d'élevage.

▪ **Etat de l'art**

La reproduction des chèvres doit être maîtrisée, en cohérence avec les objectifs de production

La maîtrise de la reproduction est un préalable indispensable à la production laitière. Elle passe par une connaissance des processus physiologiques impliqués et par un suivi adapté et rigoureux des animaux en élevage.

Dans toutes les filières d'élevage de ruminants (laitières comme allaitantes), les résultats de reproduction conditionnent très fortement la rentabilité économique de l'élevage. En race bovine laitière, l'impact d'une amélioration de la fertilité positionne celui-ci en deuxième position des caractères ayant le plus de poids dans le revenu de l'éleveur pour cette race (Pinard *et al.*, 2013). De même, chez les ovins allaitants de race Blanche du Massif Central, la fertilité est le troisième caractère ayant le plus d'importance économique avec une contribution relative au revenu de l'éleveur de 21 % (Guerrier *et al.*, 2010). Il en est de même en filière caprine dans laquelle les principales causes de réforme subie des chèvres sont la reproduction, la production (santé de la mamelle) et les troubles digestifs (IDELE novembre 2012, INOSYS - réseaux d'élevage).

En raison de sa saisonnalité particulière, la reproduction caprine nécessite une bonne planification et des itinéraires techniques en cohérence avec les objectifs de productions des éleveurs et de la filière. La reproduction chez la chèvre est dite « saisonnée » car elle alterne des périodes de repos

et d'activités sexuelles, selon la saison (pour revue : Fatet *et al.*, 2011). Face aux besoins en lait du marché en dehors de la saison de production naturelle, et aux fluctuations intra-annuelles du prix du lait, le désaisonnement et la maîtrise de la reproduction sont devenus essentiels en élevage caprin. Pour atteindre ces objectifs, diverses pratiques de maîtrise de la reproduction (traitements hormonaux d'induction et de synchronisation des chaleurs, effet mâle, traitements lumineux, mélatonine, lactations longues), sont mises en œuvre (seules ou en combinaison) par les éleveurs (pour revue : Pellicer-Rubio *et al.*, 2009, Lurette *et al.*, 2016, Pellicer-Rubio *et al.*, 2018).

Le démarrage et la durée de la saison de reproduction naturelle dépendent de nombreux facteurs comme la latitude, le climat, la race, le stade physiologique, la présence de mâles, les conditions d'élevage et, principalement, la photopériode (Fatet et Tuauden, 2013). Différents facteurs permettent de s'astreindre de cette contrainte pour la mise en place de la reproduction :

- **Les traitements hormonaux d'induction et de synchronisation des chaleurs et des ovulations** sont basés sur l'application d'une éponge progestative et l'injection de prostaglandine et de gonadotrophine. Ils permettent l'induction des chaleurs et de l'ovulation en contre-saison, comme en saison, et la programmation à heure fixe d'une insémination animale (IA). Jusqu'au début des années 1990, c'était la seule méthode de reproduction disponible en contre-saison (Gauband A. et al 2014).
- **La photopériode** : le principal facteur environnemental ayant un effet sur la saisonnalité de la reproduction chez les petits ruminants réside dans les variations annuelles de la durée du jour. Ce contrôle photopériodique de l'activité sexuelle est régulé par la **mélatonine** qui est sécrétée par la glande pinéale pendant les périodes d'obscurité. La période d'activité sexuelle peut être modifiée en manipulant la durée d'éclairage à laquelle sont soumises les chèvres. Une alternance de jours longs et de jours courts artificiels permet de stimuler l'activité sexuelle des animaux à différentes périodes de l'année. Cette manipulation de la durée du jour est appelée traitement lumineux, c'est la méthode de désaisonnement la plus répandue en élevage.
- **La présence du mâle** dans le lot de femelles permet d'allonger la période de cyclicité naturelle. En contre-saison, l'introduction volontaire d'un mâle dans un lot de femelles préalablement isolées des mâles peut déclencher l'ovulation chez certaines femelles réceptives : c'est l'**effet mâle**. Cet effet est multisensoriel (vue, ouïe, toucher), mais l'odorat joue un rôle prépondérant. L'exposition prolongée au bouc va provoquer un pic pré-ovulatoire de LH (Hormone Lutéinisante), accompagné dans la majorité des cas de comportement d'œstrus, suivi d'une première ovulation.

Dans la filière française, 67 534 (IA) ont été réalisées en 2022 (Capgènes, AG 2023), soit 7,5 % du cheptel national. Un enjeu est de soutenir l'utilisation de l'IA, primordiale pour les schémas de sélection et pour assurer la création et la diffusion du progrès génétique dans les troupeaux, non seulement en termes de niveau de production et de qualité du lait (qui augmentent toutes les deux avec le pourcentage de reproductrices issues d'IA dans le troupeau), mais aussi sur d'autres caractères (i.e. morphologie de la mamelle, longévité de la femelle, résistance au parasitisme...) qui s'annoncent aujourd'hui importants pour répondre notamment à des questionnements sociétaux et environnementaux. La fertilité à l'IA constitue donc un facteur majeur d'adhésion des éleveurs à cette technique. Aujourd'hui, cette fertilité à l'IA est en moyenne de 57 % (Capgènes, 2023), avec une variabilité qui est importante entre les lots de chèvres (20 % des lots de chèvres inséminées ont une fertilité inférieure à 50 % et 20 % des lots de chèvres inséminées ont une fertilité supérieure à 70 % - Chanvallon *et al.*, 2013). Depuis l'indexation de janvier 2023, l'index combiné caprin (ICC) évolue pour prendre en compte deux nouveaux caractères dans les objectifs de sélection : les cellules somatiques et la fertilité à l'IA. Au-delà de ce nouvel outil génétique, en systèmes caprins laitiers, comme dans les autres espèces, les causes d'échec de reproduction sont multifactorielles et peuvent dégrader les résultats de fertilité. Dans le cas de l'IA, des études ont pu mettre en évidence certains facteurs de variations de réussite (parité, stade de lactation à l'IA, période d'insémination, échec à la précédente IA, niveau de production laitière au moment de l'IA) (Chanvallon *et al.*, 2013 ; Furstoss *et al.*, 2015 ; Freret *et al.*, 2018). D'autres auteurs ont montré un

effet de l'état corporel sur des paramètres reproductifs plus fins (taux d'ovulation, pic de LH (Luteinizing Hormone) indépendamment des caractéristiques animales et de la production laitière (Branca, 2004; De Santiago-Miramontes et al., 2009; Zarazaga et al., 2014). Les relations entre réserves corporelles, production laitière et réussite à la reproduction ont été explorées chez les vaches laitières (Friggens et al., 2010 ; Cutullic et al., 2012 ; Bedere et al., 2016) et plus récemment dans le cadre d'une thèse CIFRE IDELE-INRAE issue de l'UMT SC3D 2018-2023 : les premiers résultats de Gafsi *et al.* (2022) ouvrent la perspective d'identification d'animaux à risque d'échec de reproduction à l'IA. Ils permettront d'améliorer la prédiction de la réussite à la reproduction en fonction des interactions entre réserves corporelles et production laitière chez la chèvre laitière.

Les problématiques de reproduction caprine s'inscrivent aujourd'hui dans un contexte sociétal où la sécurité alimentaire, la réduction des intrants chimiques (hormones, antibiotiques, antiparasitaires), le respect du bien-être animal et des difficultés structurelles de la filière (au travers du débouchés des chevreaux) sont particulièrement prégnants. Les préoccupations actuelles de la filière sont clairement identifiées grâce :

- au **Groupe Reproduction Caprine (GRC)**, animé par l'Institut de l'Élevage qui rassemble les professionnels et les acteurs de la R&D de la filière caprine impliqués dans la maîtrise de la reproduction : IDELE, INRAE (UE FERlus, UMR PRC, UE Bourges, UMR GenPhySE...), Capgènes, Alice, Innoval-Synetics, Coopelso, Auriva, Apis Diffusion, Seenovia, Eilyps). Ce groupe s'appuie sur l'expertise et les travaux de recherche disponibles pour apporter des réponses concrètes aux préoccupations de terrain ;
- au réseau du dispositif Ferticap de l'INRAE UE FERlus, constitué d'éleveurs caprins de la Vienne et des Deux-Sèvres fédérés autour de **l'amélioration continue des pratiques de reproduction** en 1992 et comptant aujourd'hui une vingtaine d'élevages.
- au programme-cadre CNE « Maîtrise de la reproduction des Petits Ruminants » initié en 2019. Le programme-cadre, soutenu par la CNE et les interprofessions (ANICAP, FBL et Interbev'Ovin), s'inscrit dans une dynamique de R&D existant depuis de nombreuses années en cohérence avec les attentes des filières, en capitalisant sur les forces, réseaux et projets existants, en interaction avec les membres du GRC et de l'ANIO (Association Nationale de l'Insémination Ovine) autour du développement de **nouvelles stratégies de maîtrise de la saisonnalité de la reproduction et des cycles sexuels pour pratiquer l'IA**,

L'augmentation de la pratique des programmes de préparation à l'IA par Eponge et Effet bouc (moins d'hormones) et Effet bouc (pas d'hormones) en substitution du programme hormonal de synchronisation (Bidan *et al.*, 2022) incite à faciliter la mise en œuvre du recours à l'effet mâle et améliorer l'adhésion à ces méthodes avec peu ou moins d'hormones.

La gestion de la reproduction dans les élevages évolue constamment. Pour l'instant marginal, le recours à la semence sexée a débuté en 2022 dans la filière caprine (967 IA réalisées en 2022). Cette pratique répond à des enjeux génétiques, mais s'avère également intéressante pour réduire le nombre de naissances de chevreaux. En parallèle, la pratique des lactations longues (LL) - durée de lactation supérieure à 485 jours - se développe de plus en plus dans les troupeaux laitiers caprins en France : elle représente 10,9% des lactations longues démarrées sur la période 2016-2019 (Bidan *et al.*, 2022), est mise en œuvre par la moitié des éleveurs, et, pour plus d'un quart des éleveurs, fait partie intégrante de leurs stratégies (De Crémoux *et al.*, 2022).

L'alimentation doit être à la fois raisonnée au niveau stratégique et pilotée finement au quotidien pour améliorer l'autonomie, gagner en efficacité d'utilisation des ressources et atteindre les objectifs technico-économiques fixés par les éleveurs en cohérence avec leurs structures et les attentes de la filière et de la société.

L'une des spécificités des élevages caprin est la grande diversité des systèmes alimentaires existants en France, basés sur des fourrages de natures différentes tant pas les espèces végétales consommées que pas les modes de valorisation et de récolte utilisés (Bossis *et al.*, 2016). Chaque éleveur doit choisir un système en fonction du contexte de son exploitation : surfaces disponibles et leurs accessibilités, contexte pédo climatique, main d'œuvre, savoir-faire, matériel, demandes de la

filière et de la société etc. Des différences importantes existent à la fois entre les systèmes mais également au sein d'un système alimentaire en termes de performance technico-économique. Ces écarts se mesurent par exemple en termes d'autonomie alimentaire, de quantité de concentrés utilisés pour produire un litre de lait, ou de marge brute. Les causes de ces écarts sont multiples. Certaines sont liées aux structures des exploitations qui, par manque de surface, ne produisent pas suffisamment d'aliments. D'autres sont liées à la nature et la qualité des aliments produits : valeurs alimentaires trop faibles des prairies, méthodes ou périodes des récoltes inadaptées pour préserver la qualité de l'herbe jusqu'à l'auge, production de concentrés trop pauvres en protéines etc. D'autres enfin sont liées à la conduite alimentaire des animaux à proprement parler : difficultés de pilotage fin du troupeau, déséquilibre des rations et manque d'efficacité d'utilisation des aliments. Quelles que soient les causes, des marges de progrès existent dans toutes les exploitations.

De nombreux projets contribuent ou ont contribué à proposer et diffuser des solutions. Certains projets ont visé notamment à accompagner les agriculteurs dans la production de fourrages et de graines riches en protéines pour les ruminants comme tout récemment le projet « France Relance Cap Protéines ». Il a permis par exemple de promouvoir, au travers de démonstrations, d'essais zootechniques et de témoignages d'éleveurs, l'intérêt de certaines espèces fourragères ou mélanges prairiaux, des techniques de rénovation ou d'amélioration des prairies, mais aussi l'intérêt et les méthodes d'utilisation des protéagineux dans les rations etc. D'autres projets portés par l'UMT SC3D ont travaillé à l'accompagnement des éleveurs dans la valorisation de l'herbe sous toute ses formes. Le projet CASDAR CAPHERB a par exemple permis de guider les éleveurs caprins dans la maîtrise de différents modes de récoltes de l'herbe (enrubannage, affouragement en vert, séchage en grange) ou différents modes de distribution (utilisation des mélangeuses) (Jost *et al.*, 2021). Le projet PSDR Grand Ouest FLECHE a travaillé à identifier et lever les freins à l'utilisation de l'herbe, et notamment au pâturage, dans les élevages caprins de l'ouest de la France (Caillat *et al.*, 2022). D'autres encore se sont focalisés sur la conduite des troupeaux. Le projet CASDAR SysCaRE a notamment travaillé sur les indicateurs de pilotage de l'alimentation des chèvres (Legarto *et al.*, 2013). Enfin le projet CASDAR ACiD a également cherché à valoriser les spectres MIR du lait de chèvre pour aider au pilotage de l'alimentation.

Aujourd'hui encore, qualité des fourrages et maîtrise du rationnement doivent être améliorés en prenant en compte la diversité des systèmes et l'évolution des contextes. L'une des pistes pour améliorer la conduite alimentaire des troupeaux est la maîtrise fine du rationnement. En effet des observations menées en 2017 de 3800 rations distribuées dans 740 élevages dans 26 départements, enregistrées dans le logiciel Cap'Alim basée sur le modèle nutritionnel INRA 2007, montrent que la très grande majorité des animaux est en apparence suralimentée en particulier en protéine. Cette suralimentation apparente a de multiples origines. Tout d'abord, les chèvres sont conduites en lot. Tous les animaux d'un lot reçoivent la même alimentation. Ainsi pour couvrir leurs besoins, les rations sont établies sur les animaux parmi les meilleurs (notion d'animal « cible », Legarto *et al.*, 2011). En conséquence, les animaux à plus faible besoins du même lot sont suralimentés. Ensuite en élevage, il est généralement difficile de connaître les valeurs nutritionnelles de tous les aliments utilisés, les quantités ingérées et les caractéristiques des animaux qui déterminent leurs besoins. Des « marges de sécurité » sont ainsi souvent adoptées pour limiter l'impact de ces imprécisions. Enfin le modèle nutritionnel utilisé a ses propres limites et est perfectible. Depuis, INRAE a complètement revu le système d'alimentation des ruminants en mettant à jour les besoins des animaux, en prenant en compte la mobilisation et la reconstitution des réserves corporelles (réserves adipeuses énergétiques), et surtout en revoyant complètement la démarche de rationnement (INRA, 2018). Les interactions digestives sont désormais prises en compte pour établir la valeur de la ration, qui dépend non seulement de sa composition mais aussi des caractéristiques de l'animal auquel elle est distribuée. Ces interactions vont en effet influencer sur la digestibilité de la matière organique de la ration. En caprin, elles dépendent du niveau d'ingestion des animaux (qui influe sur la vitesse de transit) et de la balance protéique du rumen (qui reflète l'équilibre entre protéines et énergie disponibles dans le rumen). En pratique, ce nouveau modèle, bien que plus complexe, apporte plus de précision. Il est associé au logiciel rationnement INRAtion@V5/Rumin'Al dont la version adaptée aux caprins va être diffusée en 2023. Ce logiciel combine les nouveautés du modèle et l'approche du lot. Sa diffusion pourra permettre de gagner en précision dans le calcul des rations.

Enfin, une fois les rations correctement établies, il convient de doter les éleveurs d'outils pour piloter l'alimentation au quotidien : adaptation de la distribution, ajustement des quantités etc. Pour ce faire, il est nécessaire de proposer des repères et des indicateurs de pilotage adaptés à chaque situation. L'ensemble de ces problématiques ont vocation à être traité au sein de l'UMT SC3D, avec l'appui du Groupe national d'Alimentation Caprine, qui piloté par IDELE et la FNEC, regroupe des chercheurs, ingénieurs, conseillers, responsables de ferme expérimentale et éleveurs pour suivre, coordonner et proposer les travaux sur ces thématiques.

- **Actions de recherche**

- **Action 1.1 Construction d'Indicateurs de pilotage en alimentation et reproduction pour améliorer l'efficacité des élevages caprins**

Les discussions au sein du GRC et du comité de filière caprin IDELE ont acté la nécessité d'avoir une vision précise des pratiques/performances de reproduction et de leur évolution. L'expérience acquise dans la construction de REPROSCOPE, l'observatoire des performances de reproduction des bovins en France (Bidan et al, 2018 ; www.reproscope.fr) doit faciliter cette mise en œuvre.

Les objectifs de ce projet sont :

- i. de permettre de positionner les performances de reproduction d'un élevage dans un groupe d'élevages similaires et visualiser des marges de progrès techniquement atteignables,
- ii. d'objectiver les pratiques d'échecs ou favoriser le déploiement de nouvelles pratiques répondant aux enjeux de la filière (moins ou sans hormone),
- iii. de produire des indicateurs communs issus de la base SIECL et favoriser l'enregistrement des données en montrant les valorisations potentielles et
- iv. de suivre l'évolution des performances de reproduction en France de manière dynamique et automatisée, et ainsi de rendre possible la détection précoce des conséquences d'événements conjoncturels sur les performances de reproduction et, si nécessaire, d'accompagner le plus tôt possible les éleveurs dans la gestion de la reproduction de leur troupeau.

Une première étape est engagée en 2023 pour définir un cahier des charges et explorer la base SIECL afin de proposer des premiers prototypes de valorisation. A l'issue de ces premiers travaux, il sera nécessaire de développer les processus d'automatisation du lancement et du traitement des données et d'explorer les principaux résultats issus de cet observatoire afin d'adapter les recommandations en termes de conduite de la reproduction et d'en diffuser les principaux enseignements auprès des acteurs de la filière.

Concernant l'alimentation, l'UMT SC3D va également concentrer ses travaux sur l'amélioration des modèles nutritionnels et la construction de repères et d'indicateurs de pilotage pour améliorer l'efficacité d'utilisation des aliments tout en veillant à l'adéquation des pratiques avec les objectifs de multi-performance.

Tout d'abord, l'UMT SC3D va faciliter les échanges et engager des travaux en vue d'affiner le modèle nutritionnel INRA 2018 appliqué aux caprins. De nombreuses questions subsistent notamment autour de la prévision de l'ingestion des chèvres et de l'approche du lot.

Ensuite, l'UMT SC3D souhaite contribuer à améliorer la connaissance des pratiques des éleveurs. Aussi elle s'engagera pleinement dans les réflexions initiées au sein de la filière caprine autour de la construction d'un observatoire de l'alimentation des chèvres au travers du projet ANICAP OBALCAP. La meilleure connaissance des pratiques des éleveurs et leurs évolutions en fonction des contextes est indispensable, notamment pour veiller à l'adaptation des programmes de recherche appliquée à leurs besoins voir pour en mesurer l'impact.

L'UMT SC3D ambitionne également d'accompagner les éleveurs et leurs techniciens dans la prise en main du nouveau modèle INRA 2018 et du logiciel INRAIn@V5 / Rumin'al® dans l'objectif de réduire les gaspillages et améliorer l'efficacité d'utilisation des aliments notamment protéique. Pour ce faire, elle a contribué au projet OCALIPRO qui a été construit et proposé à l'appel à projet CASDAR Démultiplication 2023, en collaboration avec la filière ovin-lait. Ce projet prévoit

d'accompagner les éleveurs et les acteurs de la formation et du conseil. Mise à jour du guide pratique de l'alimentation des chèvres, conception de formation pour tous les publics, large communication, déploiement dans les élevages, construction d'un réseau de ferme ambassadrice avec INRAE Ferlus au premier plan, co-construction de démarche de progrès sont autant de moyens que le projet entend mobiliser pour atteindre ses objectifs. Ce projet sera également l'occasion de confronter le modèle INRA 2018 et le logiciel aux pratiques de terrain dans de nombreux élevages dans toute leur diversité et pourra ainsi contribuer à son amélioration.

Toujours plus contribuer à doter les éleveurs d'outil de pilotage de l'alimentation au quotidien est également une préoccupation centrale de l'UMT. Ainsi elle a soutenu, coconstruit et participe activement au projet Carnot France Futur Elevage MaxForGoat qui vise à étudier l'impact de la distribution des fourrages (nombre, ordre de distribution, proportion de refus tolérés) sur leurs valorisations (ingestion, réponse productive, comportement...). Ce projet en cours jusqu'à décembre 2024 est le premier à s'intéresser à cette question pourtant au cœur des préoccupations des éleveurs. Il permettra de construire un outil d'aide à la décision pour adapter leurs pratiques en fonction de leur système alimentaire et de leurs objectifs. Il initie également la suite des travaux autour du modèle nutritionnel INRA 2018 et de l'impact des refus sur l'ingestion. Ce projet a également lancé une thématique de recherche intéressante et l'UMT veillera à construire la suite de ce projet. D'autre part, l'UMT souhaite approfondir la réflexion sur la valorisation des spectres MIR du lait comme indicateur de pilotage de l'alimentation. Ainsi un projet visant à utiliser les spectres pour prédire le statut énergétique des animaux pour aider au pilotage de l'alimentation sera construit avec l'ensemble des partenaires de l'UMT. Enfin l'utilisation de capteurs comme outil de suivi du comportement alimentaire du troupeau et d'aide à la décision sera envisagé dans l'ensemble des projets portés par l'UMT à l'instar des suivis par vidéos effectués dans le projet MaxForGoat.

En 2021, une thèse CIFRE IDELE-INRAE a débuté dans le cadre de l'UMT SC3D avec pour objectif de i) développer des connaissances quantitatives sur les interactions dynamiques entre production laitière, réserves corporelles et réussite à la reproduction pour mieux caractériser l'efficacité et la robustesse à l'échelle de la chèvre laitière, ii) intégrer ces connaissances dans des outils de modélisation pour prédire les conséquences technico-économiques de différentes stratégies de conduite du troupeau et iii) identifier des stratégies de conduite de l'alimentation et de la reproduction qui permettent d'optimiser les performances technico-économiques et la résilience du système d'élevage. Issus de données mobilisées à la station expérimentale du Pradel - EPLEFPA Olivier de Serres et la chèvrerie expérimentale de Thiverval-Grignon (INRAE UMR MoSAR), les résultats de ces travaux nécessiteront une validation dans des élevages commerciaux. La définition des statuts énergétique (cf. paragraphe précédent) pourra également être mobilisée et mise en relation avec les principaux résultats de la thèse pour permettre de mieux caractériser les interactions entre conduite de l'alimentation et de la reproduction à l'échelle du troupeau.

▪ ***Action 1.2 Evaluation de pratiques agroécologiques pour élaborer des conduites innovantes de troupeaux caprins***

Le maintien en lactation des chèvres est spontanément mis en œuvre en élevage notamment en cas d'infertilité pour conserver des femelles performantes en termes de production laitière au sein du cheptel (en augmentant aussi leurs chances de procréation en cas de remise à la reproduction) ou pour prolonger leur durée de vie productive en fin de carrière. Les lactations longues font donc partie inhérente des pratiques d'élevage. Minoritaires, elles ont longtemps été exclues de l'analyse génétique des performances et n'ont été intégrées que marginalement dans les travaux de recherche (peu de travaux spécifiques, analyses thématiques abordant les lactations longues comme une modalité). Au cours de ces dernières décennies, le recours à la lactation longue n'a cessé de progresser pour être désormais considéré comme une stratégie à part entière. Les lactations longues s'avèrent plurielles par la diversité des objectifs visés et de leur mise en œuvre. Elles apportent de la souplesse dans la conduite du troupeau et la gestion du travail, sont présentées comme un élément de réponse à certains enjeux sociétaux (limitation du nombre de chevreaux abattus, bien-être animal) et sont considérées comme un élément de résilience pour les systèmes d'élevage. Face à ces évolutions, les attentes de la part des conseillers et des éleveurs sont

croissantes. Elles couvrent l'ensemble des domaines techniques pour lesquels les références font défaut ainsi que les aspects économiques et entrent en convergence avec les questionnements stratégiques de la filière. La conduite en lactations longues, bien qu'ancienne, repose essentiellement sur des connaissances et des recommandations empiriques, prenant leur source dans l'expérience progressivement acquise par les éleveurs et leur encadrement technique. Partant de ce constat, le projet ESCaLL - rEsilience des Systèmes Caprins par l'intégration des Lactations Longues a pour objectif d'établir un socle de connaissances consolidées pour parvenir à une meilleure intégration des lactations longues dans les systèmes d'élevage, en optimiser la conduite en adéquation avec les attentes des éleveurs et répondre aux enjeux auxquels la filière caprine est confrontée. Le projet ESCaLL a ainsi pour ambition de :

- i. caractériser la diversité des performances en fonction des types de lactations longues mises en œuvre en élevage,
- ii. contribuer à l'optimisation du recours aux lactations longues par
 - a. l'identification de profils de lactation ou de trajectoires de production adaptés au système d'élevage,
 - b. l'évaluation de l'efficacité de différentes conduites d'élevage en réponse à la diversité des objectifs des éleveurs, et
- iii. évaluer les impacts du recours aux lactations longues à différentes échelles (exploitation, système, bassin de production) pour accompagner les prises de décision et le pilotage de cette pratique.

Ce projet déposé en 2023 a su mobiliser dans sa construction les trois UMTs de la filière caprine PSR (Pilotage de la Santé des Ruminants), SC3D (Systèmes Caprins Durables de Demain) et STAR (l'UMT Sélection génétique pour la Transition Agroécologique des petits Ruminants) et leur implication est de nature à favoriser l'émergence de nouveaux projets transversaux multidisciplinaires.

Le recours à l'effet bouc devient également un enjeu pour le maintien de la pratique de l'IA, et favorise le groupage des mises-bas lors des saillies naturelles. Des nouvelles stratégies (traitements lumineux sans mélatonine, suppléments alimentaires, management raisonné des boucs) ont été étudiées afin d'améliorer et de simplifier la pratique de l'effet bouc lors des IA. Différents protocoles d'IA après effet bouc ont été évalués pour une mise à la reproduction soit en saison sexuelle soit en contre-saison. Puisque le degré de synchronisation des ovulations et des chaleurs induites par effet mâle est moindre comparé à la synchronisation hormonale, ces nouveaux protocoles font également appel à la détection des chaleurs pour déterminer à quel moment et quelles femelles inséminer.

Pour réaliser un effet mâle avant insémination, un nombre important de boucs, une manipulation journalière des mâles et l'utilisation de tabliers pour éviter les saillies sont nécessaires. Les éleveurs indiquent que cette pratique nécessite des manipulations lourdes et contraignantes. C'est aujourd'hui le principal frein au déploiement de ces protocoles sur le terrain. Avec le développement de l'utilisation de ces protocoles de préparation à l'insémination avec moins ou sans hormones, la place et l'importance des boucs en élevage évolue. Les boucs sont amenés à réaliser d'autres tâches que les saillies : ils vont être utilisés pour déclencher et grouper les ovulations, mais aussi pour détecter les chaleurs avant l'insémination. Dans ce cas ils doivent être en contact avec les chèvres, sans les féconder. Le recours aux tabliers ou aux boucs vasectomisés devient essentiel et nécessite une adaptation des recommandations. Cela est d'autant plus vrai que les remontées des acteurs de terrains indiquent des dérives quant aux respects des recommandations. Ces différentes attentes de plus en plus marquées nécessiteront des réflexions afin d'affiner les recommandations autour de l'effet mâle en fonction des conduites d'élevages et des stratégies de gestion de la reproduction.

▪ **Tableau des projets en cours ou déposés concernant l'axe 1**

Nom du projet	Actions menées	Guichet	Période de	Porteur	Partenaires
---------------	----------------	---------	------------	---------	-------------

			réalisation		
MaxForGoat Maximiser la valorisation des fourrages en élevage caprin	Enquête et focus groups avec les éleveurs et techniciens sur les pratiques de distribution des fourrages Essais zootechniques sur le nombre, l'ordre de distribution et la gestion des refus de fourrages. Valorisation de bases de données sur les refus Construction d'un outil d'aide à la décision	Carnot F2E	2022-2024	IDELE	INRAE PEGASE, avec en prestataires INRAE FERIus, INRAE MoSAR, CAP Pradel, Touraine Conseil Elevage, ADICE, Chambre d'Agriculture du Lot, Eilyps
OBALCAP	Etude préliminaire à la construction d'un observatoire de l'alimentation des caprin. Test sur la thématique lien alimentation/reproduction	ANICAP	2022-2023	IDELE	Eliance
REXCap Méteils	Valorisation des associations céréales-protéagineux récoltées en grains dans un élevage caprin maximisant l'autonomie alimentaire	CR Nouvelle-Aquitaine	2022-2024	INRAE UE FERLUS Hugues Caillat)	URP3F, UMR PEGASE, UMR Herbivores
OCALIPRO	Vulgariser et diffuser en masse les nouveaux concepts, repères et méthodes de rationnement des troupeaux petits ruminants laitiers via des actions de communication et la formation initiale et continue, Déployer à grande échelle des outils, partager des expériences d'utilisation et mettre en œuvre des démarches d'amélioration de l'efficacité d'utilisation des aliments protéiques dans les élevages caprins et ovins lait. Co-concevoir et mettre en œuvre des démarches de progrès adaptées à chaque situation d'élevage par les conseillers et les éleveurs.	CASDAR Démultiplication	2023-2027	IDELE	Eliance, INRAE (UE FERIus, UE La Fage, UMR PEGASE, UMR SELMET, UMR Herbivores, UMR MoSAR), ADICE, Seenovia, Eilyps, Touraine Conseil Elevage, Chambres d'Agriculture de l'aveyron, l'indre, du lot et des pyrénées atlantiques, SECGR, UNOTEC, CDEO, les EPLEFPA de Terres et Paysages

					Sud-Deux-Sèvres, Olivier de Serre, de la Cazotte, l'institu Polytechnique UniLaSalle, AgroParisTech, ENSFEA
REXCap 2022-2023 Place des boucs en élevage caprins	Matériels spécifiques et compétences des boucs pour répondre aux nouveaux besoins de reproduction Action 1 : Décrire les pratiques actuelles et formuler des recommandations techniques autour de la vasectomie des boucs destinés à l'effet mâle ou la détection des chaleurs Action 2 : Faire un état des lieux du matériel disponible sur le marché pour faciliter la mise en œuvre de l'effet bouc / la détection des chaleurs et pour l'enrichissement des boucs. Affiner les recommandations pour l'insémination sur détection des chaleurs	CR Nouvelle-Aquitaine	2022-2024	INRAE UE FERLUS (Alice Fatet)	ONIRIS Nantes, Innoval-Synetics, IDELE
PEI Résilience des systèmes d'élevage caprins de Nouvelle-Aquitaine Action 2 : Assurer le renouvellement des troupeaux en valorisant mieux les chevrettes comme support de reproduction	Sous-Action 2.1 = Améliorer le groupage des mise-bas de chevrettes et leur intégration aux lots de production adultes et évaluer l'impact technico-économique des solutions proposées, Sous-Action 2.2 = Développer et évaluer une instrumentation de préparation et d'insémination adaptée à la chevrete.	PEI Agri Région NA	2019-2023	INRAE UE FERLUS (Alice Fatet)	Capgènes Evolution IDELE Saperfel-Eilyps
AMI TSARA - Fertunidiv	Évaluation de la diversité génétique et gestion de la fertilité pour la durabilité des élevages de petits ruminants en Tunisie (projet FERTUNIDIV)	INRAE	2022-2023	INRAE UMR GenPhySE	INRAE (SELMET, PRC, FERLUS), Université de Carthage – Tunisie (INRAT, INSAT, INAT)

Thèse cifre	Thèse sur les interactions entre alimentation et reproduction, en mobilisant des données de stations expérimentales et l'outil de modélisation SIGHMA	Cifre	2021-2024	INRAE (UMR MoSAR) IDELE	
Reproscope caprin	Observatoire des performances de reproduction des caprins en France → définition du cahier des charges et exploration des données disponibles	Interprofession ANICAP	2023-2024	IDELE	Membres du GRC
BATCOOL- Bâtiments Adaptés aux Températures élevées pour les Caprins Ovins viande et Ovins Lait	Repérer et caractériser les innovations pour maintenir le confort thermique des Petits Ruminants pendant l'été, d'élaborer des cas type d'innovations, de proposer des outils de diagnostics.	CASDAR I&P	2021-2025	CRA Occitanie	CDA12, IDELE, CDA82, CDA48, CDA11, CDA81, CDA32, CRA-NA, Maison Régionale de l'élevage PACA, UNOTEC, INRAE (La Fage, UE FERLUS), Lycée Agricole Digne-Carnejane, Ferme du Pradel, UNICOR, UICB
ESCaLL	rEsilience des Systèmes Caprins par l'intégration des Lactations Longues i) La chèvre au cours de sa lactation longue ii) Evaluation génétique de l'aptitude à la lactation longue iii) Trajectoires des chèvres réalisant des lactations longues à l'échelle individuelle et collective iv) Résilience et performances des systèmes d'élevages caprins intégrant les lactations longues v) Coordination du projet et communication	FAM Connaissance	Dépôt en 2023	IDELE	EPLEFPA Olivier de Serres – Pradel, INRAE (UMR Mosar, UE FERLUS, UMR GenPhySE, UMR PEGASE, UMR PRC), Capgènes, SAPERFEL, CA de l'Indre, Touraine Conseil Elevage, Seenovia, ADICE, AgroParisTech- Université
CeChELL	Déterminisme Cellulaire et Biomarqueurs des Lactations Longues chez la Chèvre	Apis-Gènes	2025-2026	INRAE (UMR GABI)	INRAE (GenPhyse, Pegase, UE P3R, UMRH,

	WP1. Tâche 2 Précision des points clés de la cinétique de la lactation longue				Get-PlaGE), IDELE
PEPR Agroécologie et Numérique - WAIT4	Intelligence artificielle et nouvelles technologies pour évaluer des indicateurs pertinents de bien-être pour des animaux confrontés aux défis de la transition agro-écologique	ANR	2022-2026	INRAE (UMR PEGASE)	INRAE (UMR MoSAR, UE FERLus, UMR MIA, UMRH, UMR ASSET, UE PTEA, UMR GENPHYSE, UE La Fage, UE GENESI, UMR BioEpar, UE 3P, UE Le Pin, UMR IRISA), LIT Ouesterel, AIHERD

Mots clés : reproduction, saisonnalité, traitements photopériodiques, effet mâle, renouvellement, rationnement, comportement, pâturage, indicateurs, pilotage, pénibilité

6.2 Axe 2 : Multi-services des prairies dans les systèmes de polyculture-élevage

Animateurs : Philippe Barre (INRAE- URP3F), Patrice Pierre (IDELE – service fourrages et pastoralisme) et Adèle Marsault (Idele – service Productions laitières)

▪ Objectif

L'objectif de l'axe 2 est de déterminer les facteurs d'adaptation des ressources végétales valorisées par les chèvres et de re-concevoir des systèmes caprins en polyculture-élevage, i/ en prenant en compte l'adaptation au changement climatique, ii/ dans un objectif de meilleure autonomie alimentaire et protéique des systèmes caprins, iii/ en limitant les intrants au niveau des cultures (azote minéral, IFT des cultures), pour contribuer à l'atténuation du changement climatique et iv/ en étant opérationnel pour les éleveurs du point de vue de la charge de travail. L'enjeu est d'améliorer la résilience des systèmes caprins de demain, *via* le levier de la valorisation des ressources végétales, tout en apportant une diversité de services écosystémiques.

L'action 2.1 permettra de mettre en avant et diffuser l'intérêt de la diversité inter et intra-spécifique des ressources fourragères, afin de contribuer à l'adaptation du système fourrager au changement climatique et à la volonté de réduction des intrants

L'action 2.2 permettra d'approfondir la connaissance des espèces fourragères et des variétés adaptées face au changement climatique. Cela permettra d'identifier et de tester des ressources pas ou peu utilisées actuellement (dispositif siclex).

L'action 2.3 permettra de mieux connaître les services apportés par la prairie dans des systèmes en polyculture-élevage, de l'échelle de l'exploitation agricole au territoire.

▪ Etat de l'art

L'espèce caprine présente des particularités concernant la valorisation des ressources fourragères par rapport aux autres espèces de ruminants :

- Les fourrages conservés par voie humide sont peu utilisés en élevage caprin (moins de 5% d'enrubannage et d'ensilage d'herbe dans la ration annuelle moyenne des chèvres). Le foin est le mode de conservation des fourrages le plus présent en élevage. Il représente 48 % de la ration annuelle des chèvres et est présent dans la quasi-totalité des élevages. L'herbe

verte affouragée ou pâturée représente seulement 11 % de la ration annuelle et est utilisée dans 45 % des élevages (Bossis & Jost, 2016).

- La quasi-totalité du lait de chèvre est valorisée en fromages, pour moitié par des éleveurs eux-mêmes. De nombreux fromages (notamment AOP et fermiers) sont produits avec du lait cru. Le choix des espèces fourragères et du mode de conservation du fourrage induisent ainsi des choix spécifiques des éleveurs de chèvres pour limiter les risques sanitaires (fourrage conservé par voie humide et risque de listériose), avoir un impact positif sur la fromageabilité ou donner un goût aux fromages.
- Les observations de terrain et certains travaux montrent une spécificité caprine sur le comportement alimentaire (Meuret, 1993 ; Morand-Fehr, 1993 ; Legarto *et al.*, 2012). Par ailleurs, la chèvre consomme, en milieu naturel, des régimes très divers et beaucoup plus riches en ligneux que les ovins ou les bovins (Lu, 1988 ; Meuret *et al.*, 1994). L'aptitude à la fauche de la luzerne et du trèfle violet en font les espèces les plus utilisées pour la production de fourrages conservés (Caillat *et al.*, 2016). Les retours d'éleveurs et observations de terrain impliquent des choix spécifiques dans les mélanges prairiaux utilisés, en limitant ou supprimant l'usage de certaines fourragères moins consommées (trèfle blanc ou dactyle par exemple) et en favorisant des mélanges très riches en légumineuses.
- Enfin, 29 % de livreurs et 11 % de fromagers fermiers (RGA 2010) sont en système polyculture élevage avec des rotations impliquant prairies, cultures auto-consommées et cultures de ventes. 35 % des élevages caprins utilisent actuellement des cultures fourragères annuelles complémentaires sur une partie de leur assolement (Jost *et al.*, 2018). Il existe donc un potentiel de développement fort des dérobées fourragères ou des méteils avec un intérêt réglementaire (zone vulnérable) et alimentaire (autonomie fourragère, limitation des intrants).

Différentes études (*CLIMATOR*, *CLIMAGIE*, *CLIMFOUREL* en Rhône-Alpes, *ORACLE* et *Acclimaterra* en Nouvelle-Aquitaine) montrent que les principales zones d'élevage caprin vont être confrontées au changement climatique, avec une modification des périodes de croissance de l'herbe et de valorisation (en vert ou conservé) possible des fourrages (Durand *et al.*, 2010 ; Durand *et al.*, 2015). De plus, la réduction de l'utilisation des engrais azotés de synthèse implique de conforter la place des légumineuses, en particulier au regard de leur contribution à la fourniture d'azote et du bouclage des cycles géo-chimiques lors de leur intégration dans les mélanges et les rotations (Crème *et al.*, 2016, Louarn *et al.*, 2016 et travaux menés dans le cadre du dispositif SOERE de l'UE FERlus). Les systèmes d'élevage caprins vont devoir s'adapter, notamment en plaçant les fourrages pérennes au centre du système d'alimentation et en les complétant par des cultures annuelles.

Il est à ce titre important de conduire une modélisation de la réponse des facteurs de production des espèces fourragères aux variables climatiques en intégrant les réponses à la température, CO₂ et eau (Durand *et al.*, 2016). De plus, la principale source d'adaptation des cultures fourragères au changement climatique réside dans le choix et l'amélioration de phénologies pour des variétés en phase avec les besoins du troupeau (Beaumont *et al.*, 2016). Aussi, une modélisation de la réponse de la date de floraison au climat de prairies semées contribuera à atteindre les objectifs.

Différentes pistes d'adaptation existent, en particulier sur le choix des espèces semées en pur ou en mélange (Litrico *et al.*, 2016 ; Julier *et al.*, 2016 ; Richard *et al.*, 2020) et sur l'amélioration des variétés afin de pouvoir proposer des mélanges d'espèces fourragères pérennes, résistants aux aléas climatiques et productifs même sans intrant (Gastal *et al.*, 2015 ; Kallida *et al.*, 2016 et Jost, 2020). En outre, d'autres productions sont envisagées comme l'utilisation des cultures fourragères annuelles complémentaires à croissance dans les périodes humides de l'année (méteils, dérobées, crucifères) (Emile *et al.*, 2016 ; Jost *et al.*, 2018) et d'espèces plus résistantes à la sécheresse estivale (sorgho) (Lemaire et Pfimlin 2007). Il serait également intéressant de poursuivre les travaux sur de nouvelles légumineuses (Pierre *et al.*, 2016), des feuilles d'arbres et arbustes en complément fourrager ponctuel (Emile *et al.*, 2017a,b, Novak *et al.*, 2020a,b), en prenant en compte la faisabilité en élevage caprin. De plus, les pratiques culturales devront être adaptées avec par exemples des modifications sur le choix du mode de récolte des fourrages (Uijtewaal *et al.*, 2016), sur l'adaptation aux modifications de la période et de la réussite de l'implantation des cultures fourragères consécutive au changement climatique.

Enfin, la valorisation plus efficace des ressources fourragères passe également par l'optimisation des modes de distribution des fourrages, en prenant en compte la limitation des pertes de matières (Uijtewaal *et al*, 2016) mais également une prise en compte de, l'organisation du travail et de la pénibilité de ce travail. En effet, la charge de travail liée à l'alimentation représente près d'un tiers du temps total du travail d'astreinte en système caprin, ce dernier étant déjà un élément de fragilité des systèmes caprins. Cette charge de travail est principalement due à la distribution des fourrages car peu mécanisée contrairement à la distribution des concentrés et qu'elle a lieu tout au long de l'année.

- **Actions de recherche**

Les travaux réalisés dans cet axe de recherche prendront en compte les spécificités des systèmes caprins, tout en prenant en compte également les autres filières ruminantes.

- **Action 2.1. Diversité inter et intra-spécifique dans les ressources fourragères face au changement climatique et à la volonté de réduction des intrants**

Dans un contexte de changement climatique et de transition agroécologique où l'utilisation d'intrants de synthèse est limitée, la diversité spécifique et génétique au sein des espèces est un levier majeur pour faire face aux contraintes environnementales. Il est aujourd'hui reconnu que la culture en mélange de plusieurs espèces permet une meilleure valorisation des ressources pour une surface donnée et une meilleure résilience face à des aléas biotiques et abiotiques (Li *et al.* 2023; Mousavi and Eskandari 2011). Ceci est rendu possible grâce à une différenciation de niches des différents constituants du mélange comme la fixation de l'azote atmosphérique, le prélèvement de l'eau en profondeur, la couverture du sol, la résistance aux pathogènes. L'intérêt d'une diversité au sein d'une parcelle est variable selon les contraintes environnementales et selon le niveau de différenciation entre les constituants de la communauté cultivée (Beillouin *et al.* 2021). En particulier, il ressort que les bénéfiques sont les plus importants en agroforesterie et plus modestes dans les mélanges de variétés en monoculture.

Afin de définir les espèces à cultiver dans une parcelle, il est crucial d'identifier le mieux possible les contraintes environnementales biotiques (adventices, pathogènes) et abiotiques (stress hydrique, niveau de fertilisation, pratiques culturales) ainsi que les objectifs de production (niveau de rendement, grains et/ou plante entière, qualité). Par exemple, pour semer une prairie multi-espèces, il faut prendre en compte les conditions pédo-climatiques, l'utilisation en fauche ou/et en pâture, la durée d'exploitation et le niveau de rendement souhaité afin de définir les espèces à inclure dans le mélange avec des espèces plutôt pour un service de production de biomasse (fétuque élevée, dactyle), des espèces de couverture du sol (ray-grass anglais) et des espèces capables de fixer l'azote atmosphérique (luzerne, trèfles) <https://afpf-asso.fr/guides-des-melanges-prairiaux>. Une fois les espèces définies, se pose la question du choix des variétés à semer.

Les données expérimentales montrent des résultats contrastés quant à l'intérêt de la diversité au sein des espèces dans des mélanges pluri-spécifiques. Ces résultats pourraient être dus à la qualification de la diversité au sein des espèces qui ne reflète pas toujours une diversité fonctionnelle utile dans les conditions d'environnement biotique et abiotique de la culture. Cependant, des exemples se basant sur des mesures de diversité fonctionnelle au sein des espèces montrent l'importance de celle-ci pour certaines performances du mélange comme la stabilité de la résistance aux maladies (Barot *et al.* 2017). Un autre exemple concerne des prairies pluri-spécifiques et montre clairement l'intérêt de la diversité génétique au sein des espèces pour la stabilité des proportions d'espèces au sein du couvert (Meilhac *et al.* 2020; Meilhac *et al.* 2019). Dans cet exemple, la diversité intra-spécifique a permis une évolution adaptative de la morphologie des plantes au sein de chaque espèce conduisant à une différenciation de niche entre espèces. Cette évolution de la morphogenèse était non seulement due à de la plasticité phénotypique mais aussi à de la sélection génétique. Ces études expérimentales montrent que la diversité génétique peut être intéressante

au sein de couverts pluri-espèces mais seulement si elle est bien choisie. Ce choix est difficile face à la multitude des combinaisons. La modélisation peut aider à y contribuer.

La modélisation du fonctionnement de peuplements hétérogènes en considérant certaines interactions entre plantes est aujourd'hui une réalité bien qu'encore à ses débuts (Evers et al. 2019; Gaudio et al. 2019). Par exemple, le modèle individu centré, VirtualGrassLand, simule le fonctionnement d'une prairie en prenant en compte l'acquisition de la lumière, de l'eau et de l'azote par chaque plante du couvert (Faverjon et al. 2019). A partir des croissances individuelles des plantes, il est possible de ressortir des caractères émergents du couvert comme le rendement ou la proportion de feuilles (Louarn et al. 2020). Récemment, ce modèle a été amélioré pour faire varier en plus de la moyenne des paramètres de croissance leur variance, simulant ainsi une diversité génétique au sein des espèces ([Wolff et al. 2021](#)).

Des données expérimentales et de modélisation accompagnées de connaissance en écophysiologie et en écologie permettent de mieux appréhender le comportement de mélanges pluri-spécifiques et donc d'être force de proposition pour les établir. Cependant, il reste à conforter ces théories par des observations dans des environnements variés et pour des compositions de mélanges différentes.

Nous proposons de regarder avec un nouvel œil les données expérimentales obtenues dans différents projets dont en particulier CapProtéine et REDCap et un essai association de l'INRAE P3F. Ce travail pourra prendre la forme d'une thèse CIFRE (IDELE-INRAE) encadrée par Gaëtan Louarn spécialiste des interactions plante-plante (P3F) et par Patrice Pierre spécialiste des prairies (IDELE). L'objectif sera de mieux comprendre l'évolution de prairies pluri-espèces abritant des degrés variés de diversité génétique dans différents environnements afin d'en tirer des recommandations pour composer des mélanges et des connaissances pour améliorer les variétés pour ces mélanges.

▪ **Action 2.2. Quelles espèces et quelles variétés face au changement climatique**

Les projections climatiques pour la France montrent une augmentation très probable de l'intensité des sécheresses et de leur fréquence provenant d'une augmentation des températures et de la diminution des précipitations en été (Déqué 2015). L'augmentation des sécheresses estivales diminue la production des prairies l'été par manque d'eau, ce qui stoppe la croissance foliaire (Durand et al. 2010) mais elle peut aussi impacter la production le reste de l'année suite à une évolution de la composition botanique. En effet, les populations locales, naturelles ou semées, peuvent ne pas être adaptées à une sécheresse particulièrement intense. Par exemple, une étude comparant la croissance de variétés tempérées et méditerranéennes de dactyle et de fétuque élevée a montré qu'au-delà d'un déficit hydrique de 500 mm pendant l'été la survie des talles des variétés tempérées diminuait drastiquement alors que celle des variétés méditerranéennes permettait la pérennité et donc la résilience du couvert (Poirier et al. 2012).

Aujourd'hui, la majorité des variétés sont issues de populations naturelles provenant de régions au climat tempéré ce qui permet de maximiser le rendement en conditions favorables mais pas forcément de survivre à des sécheresses estivales de plus en plus intenses. Chez le ray-grass anglais, il a été montré récemment que la grande majorité des variétés provenaient de populations naturelles de l'ouest de l'Europe (Blanco-Pastor et al. 2019). Chez la luzerne, la sélection est essentiellement conduite au sein du matériel génétique ayant la dormance automnale ciblée, délaissant les autres populations, cultivées ou sauvages. De nombreuses ressources génétiques pour les principales espèces fourragères sont disponibles dans des centres de ressources génétiques (e.g. ECPGR : <http://www.ecpgr.cgjar.org/>) et peuvent être utilisées pour créer de nouvelles variétés à la fois adaptées aux sécheresses et productives.

Contrairement aux principales espèces de grande culture (blé, maïs...), il n'existe pas pour les espèces fourragères d'essais post-inscriptions exhaustifs permettant de partager l'information sur les performances des variétés inscrites dans différents environnements. L'information donnée actuellement dans HerbeBook (<https://www.herbe-book.org/>) repose sur les essais d'inscription réalisés par le GEVES et donne une évaluation moyenne dans des conditions plutôt favorables. Il est donc difficile de savoir si tel type de variétés (par exemple très précoce pour un ray-grass anglais ou de faible dormance pour une luzerne) est adapté à un niveau de stress hydrique. Cependant,

cette information est essentielle pour choisir des variétés qui vont être implantées pour plusieurs années et subir différents stress (canicule, déficit hydrique, excès d'eau...).

Nous proposons d'étudier, pour les principales espèces fourragères françaises, les performances d'un panel de variétés représentatif de la diversité génétique de l'espèce dans un essai multi-local représentant un gradient de stress hydrique. De plus, des mélanges pluri-espèces avec une diversité génétique étudiés dans CapProteine et dans le simulateur de climats extrêmes (SICLEX) à l'URP3F pourront aussi être intégrés dans cet essai. Ce travail sera porté par le COPIL Herbe Nouvelle-Aquitaine (Chambre Régionale d'Agriculture Nouvelle Aquitaine, CRIEL, Interbev), l'IDELE et l'INRAE. Il impliquera des partenaires spécialisés dans les essais de variétés fourragères pour une évaluation fine ainsi que des éleveurs pour une évaluation plus grossière mais plus représentative de la réalité. Un premier travail consistera à étudier la diversité génétique des variétés en lien avec celle des populations naturelles afin de choisir un panel.

▪ **Action 2.3. Services rendus par la prairie de la ferme au territoire**

Les ressources végétales disposent de nombreuses fonctions, dont la principale est la production d'aliments (fonction quantitative) riche en énergie et/ou protéine (fonction qualitative). On dispose de nombreuses références actuelles sur la valeur alimentaire des fourrages classiques et des intérêts de leur diversification pour l'améliorer (tables INRA, 2018 ; Niderkorn, 2017). Par contre, peu de références existent sur les nouveaux fourrages (dérobées, feuilles d'arbres, méteils) (Maxin, *et al.*, 2015). Par ailleurs, les progrès récents du NIRS (Andueza *et al.*, 2016; Barotin *et al.*, 2022) sont prometteurs : connaissance plus rapide et fiable de la valeur alimentaire des fourrages conservés pour de nombreuses ressources (notamment les mélanges), estimation de la part de graminées et de légumineuses présentes. Les études sont en cours pour les fourrages en frais et les mélanges de céréales et protéagineux récoltés en grain. Cela laisse espérer la création d'outils plus rapides et moins onéreux pour l'éleveur pour connaître la valeur alimentaire de son fourrage, son taux de matière sèche, et ainsi piloter plus finement le rationnement. Cela permet de conforter l'autonomie protéique de nos élevages (Duflot, 2023).

Sur un plan agronomique, l'utilisation de ces différentes espèces dans les successions culturales contribuent à la fourniture d'une diversité de services écosystémiques dont la nature et leur contribution est souvent mal connue des praticiens : fertilité des sol et apport d'azote à la culture et/ou aux cultures suivantes (Julier *et al.*, 2017), diminution de la pression en adventices (Gastal *et al.*, 2022). Les travaux en cours sur les plantes compagnes (Leclerc *et al.*, 2017) permettra d'associer des idéotypes spécifiques de luzerne avec une culture annuelle, pour ainsi diminuer les intrants dans les systèmes de culture.

La prairie contribue également à limiter le réchauffement climatique, grâce à l'effet albedo (Mischler *et al.*, 2022), qui mérite d'être approfondi dans nos contextes. Par ailleurs, certaines espèces riches en tanins condensés (lotier, sainfoin), réduisent les émissions de méthane des ruminants (Niderkorn & Baumont, 2009) et les excréments d'azote urinaire (Mueller-Harvey *et al.*, 2019). Enfin, une meilleure valorisation des apports d'azote aux cultures suivantes permis par les légumineuses, en lien avec l'usage d'engrais de ferme, contribue à réduire de 3 à 6 % le bilan d'émission de GES des exploitations caprines de l'Ouest de la France (Jost *et al.*, 2023).

Plusieurs espèces fourragères secondaires sont riches en métabolites secondaires bioactifs, telles que des légumineuses contenant des tanins condensés (sainfoin, lotier) et d'autres espèces diverses (chicorée, plantain lancéolé par exemple). Des premières études semblent montrer un intérêt de ces espèces riches en métabolites secondaires bioactifs, sur différentes fonctions (Beaumont *et al.*, 2016) :

- Plusieurs études *in vivo* et *in vitro* (synthétisées par Hoste *et al.*, 2006), montrent que la consommation d'espèces riches en métabolites secondaires bioactifs (MSB) perturbe la biologie des strongles gastro-intestinaux et la dynamique des infestations (rôle anthelminthique), tout en favorisant la résilience des animaux infestés et le maintien des performances de production. Elles sont également susceptibles d'améliorer la santé des animaux du fait des propriétés antioxydantes des MSB (Poutaraud *et al.*, 2017). On se trouve dans un rôle d'alicament de ces fourragères riches en MSB (Hoste *et al.*, 2015).

- Les espèces riches en tanins condensés réduisent les émissions de méthane et autres gaz à effet de serre, soit en se combinant avec des protéines ruminales, bloquant leur dégradation, soit par l'intermédiaire d'une action toxique sur les méthanogènes (Doreau *et al*, 2017 ; Pinares-Patino *et al*, 2009). Une partie de ces espèces sont des légumineuses, ce qui permet aussi de réduire les émissions de protoxydes d'azote, autre gaz à effet de serre, du fait de leur fixation d'azote symbiotique.

Il reste cependant encore de nombreuses questions à résoudre quant à la variabilité des teneurs en MSB dans les plantes, leurs évolutions en cours de végétation, leurs modalités d'utilisation sur le terrain (Gaudin, 2017).

Dans les systèmes en polyculture-élevage (caprin), la prairie (principalement temporaires, riches en légumineuses tels que la luzerne et les trèfles) s'inscrit positivement au sein d'un système de cultures, en apportant des services écosystémiques : fertilité des sols grâce à la fourniture d'azote couplé à la matière organique, gestion des adventices, réduction des pollutions émises par les élevages de ruminants, préservation de la biodiversité (Louarn *et al.*, 2022). Ces services écosystémiques sont rarement mesurés et surtout pris en compte par les éleveurs de chèvre. L'objectif de cette action sera de mieux connaître les services apportés par la prairie dans des systèmes en polyculture-élevage, de l'échelle de l'exploitation agricole au territoire, de les quantifier et de les optimiser.

Face à une absence de références opérationnelles pour la conduite de ces fourrages dont certaines tout particulièrement utilisées dans les systèmes caprins (luzerne, trèfle violet, sainfoin), il est important de mener des travaux pour poursuivre la connaissance de ces fonctions complémentaires des fourragères (mieux connaître leur fonctionnement au niveau végétal, leurs effets sur la chèvre) et de déterminer des itinéraires techniques de valorisation possible en élevage caprin. La mise en œuvre de ce travail mobilisera différents dispositifs en place comme Patuchev et les éleveurs du réseau REDCap. Ce travail de référencement serait complémentaire de l'approche développée par le RMT SPICEE autour du couplage cultures Élevages. Le rendu à réaliser pourrait d'ailleurs mobiliser ces différentes approches, de la parcelle au territoire.

▪ **Tableaux des projets en cours ou déposés concernant l'axe 2**

Nom du projet	Actions menées concernant cette action de l'UMT	Guichet	Période de réalisation	Porteur	Partenaires
Améliorer la résilience des systèmes alimentaires caprins autonomes	-Développer des systèmes fourragers résilients face au changement climatique -Développer des systèmes alimentaires et fourragers vivables et viables pour les éleveurs actuels et attractifs pour les futurs éleveurs	AMI Agri PEI Région NA	2019-2023	IDELE (Jérémy Jost)	CA, ECEL, Civam de NA INRAE
Carpeso	Concilier autonomie alimentaire et réduction significative des pesticides dans les systèmes de polycultures-élevage du sud-ouest de la France	DEPHY expé 2018	2019-2023	CA Haute Vienne	CRA Nouvelle-Aquitaine et Occitanie, IDELE, INRAE, Irstea
MELANGES	Quels idéotypes de variétés d'espèces prairiales pour des mélanges prairiaux et comme plantes de services pérennes	Casdar	2020-24	(Philippe Barre) INRAE	INRAE, Idele, CRA NA, ...

	associées à des grandes cultures				
Apache	Valorisation de l'arbre fourrager dans les systèmes caprins du Massif Central		2021-24	Claire Boyer (Idele)	Idele, station du Pradel Fidocl, CA, Ardepal, INRAE
Casdar ADAoPT	Identifier des ressources fourragères adaptées au changement climatique en zone AOP et leurs conséquences vis-à-vis des AOP laitières.	Casdar	2022-25	Delphine Neumeister (Idele)	CNAOL, Idele, CA, INRAE

Mots-clés : *système fourrager, fourrage, caprin, multifonctionnalité, adaptation, changement climatique, légumineuses, arbre, prairie, polyculture-élevage, rotations, couplage culture-élevage, échelle spatiale.*

6.3 Axe 3 : Multi-services et durabilité des systèmes caprins laitiers engagés pour répondre aux défis du changement climatique

▪ **Objectif**

L'objectif de cet axe 3 est de contribuer au développement de systèmes caprins durables, offrant de multiples services. L'objectif sera de concevoir les systèmes laitiers caprins de demain et d'identifier des leviers améliorant leurs performances pour accompagner la transition agroécologique des élevages caprins. Cet axe sera alimenté en particulier par les connaissances, outils et innovations sur les ressources végétales et les conduites d'élevage développées dans les deux axes suivants, ainsi que par les acquis d'autres UMT (PSR, Star, Pastoralisme, RIEL).

L'**action 3.1.** aura pour objectif de réaliser un état des lieux des multi-services permis par les systèmes caprins agroécologiques, sur la qualité nutritionnelle du lait, la préservation de la biodiversité (animale, végétale, sauvage), atténuation des émissions de GES, préservation de la ressource en eau, fumure organique.

L'**action 3.2.** visera à intégrer les connaissances transversales pour la conception de systèmes d'élevage caprins agroécologiques, répondant aux défis du changement climatique et évaluation de la durabilité et des services rendus par les systèmes caprins agroécologiques.

▪ **Etat de l'art**

Les systèmes caprins sont riches de leur diversité, ce qui apporte une forme de résilience à la filière face aux aléas économiques ou climatiques pouvant survenir dans les différents bassins de production (Prache *et al.*, 2018). Toutefois, pour faire face à la compétitivité d'autres bassins de production européens, le développement de systèmes produisant de multiples services devient un enjeu majeur pour la filière caprine en France. Valoriser l'herbe dans les systèmes d'élevages peut s'avérer être une piste intéressante pour une plus grande autonomie fourragère et alimentaire, une maîtrise des coûts de production, une plus grande sécurisation des systèmes face aux aléas climatiques et économiques et proposer des produits de hautes valeurs nutritionnelles (Caillat *et al.*, 2022 ; Laurent *et al.*, 2023).

Les controverses, parfois vives, autour de l'élevage incitent fortement à évoluer vers des modes de production adoptant des pratiques agroécologiques et plus durables pour répondre aux attentes et demandes de la société (GIS Elevages Demain, 2014). Ainsi, dans le but de pérenniser la filière laitière caprine sur les territoires, l'ANICAP s'est engagée dès 2018 dans le cadre des Etats Généraux de l'Alimentation à développer et encourager des systèmes et des pratiques d'élevages

allant dans ce sens (www.agriculture.gouv.fr/telecharger/88265?token=796e869778b8c05f99404f1d13aac28f).

Pour prendre en compte la multifonctionnalité de l'agriculture, ces dernières années ont été marquées par le développement de multiples outils d'évaluation de la durabilité. C'est pourquoi, après un état des lieux des outils existants réalisés dans le cadre de l'UMT SC3D 2019-2023, un outil a été construit et est en cours d'évaluation par le biais du projet Elevage Caprin Durable (202-2026) porté par l'Institut de l'élevage. Plusieurs dispositifs et bases de données d'envergure abordent cette dimension multicritère et sont mobilisés dans le présent projet, tels que les dispositifs Patuchev et REDCap (Bonnes *et al.*, 2012).

L'existence d'autres réseaux tels que les **réseaux INOSYS-réseaux d'élevages** ou **Autosysel** répartis sur le territoire français, associés à des bases de données telle que Diapason, constituent une véritable source d'informations à dimension nationale. Ces élevages représentent un support pertinent pour évaluer la durabilité des systèmes actuels et repérer les systèmes innovants pour concevoir les systèmes d'élevages caprins de demain (Bossis *et al.*, 2016).

- **Actions de recherche**
- **Action 3.1 : état des lieux des multi-services permis par les systèmes caprins agroécologiques**

L'objectif de cette action sera dans un premier temps de faire un **état des lieux de la diversité des services qui peuvent être rendus par des systèmes caprins pouvant être qualifiés d'agroécologiques**.

Ce travail se basera sur l'analyse de systèmes identifiés comme innovants et multi performants sur les plans environnementaux, économiques et techniques (incluant la reproduction, la santé, l'alimentation, les conditions de travail, le bien-être).

Il pourra s'appuyer sur :

- la valorisation et l'analyse de bases de données existantes (réseaux de fermes laitière Inosys Réseaux d'élevage : 170 exploitations, réseau ECD : 400 exploitations...);
- l'évaluation de différents systèmes caprins laitiers conduits dans le cadre l'expérimentation-système Patuchev de l'UE FERLus ou de la ferme expérimentale du Pradel. Ces systèmes intègrent des conduites et innovations en lien avec les objectifs fixés et peuvent évoluer pour mieux répondre aux objectifs fixés ;
- le suivi de fermes pilotes portant sur l'efficacité et la résilience dans le cadre des réseaux REDCap et Cap'Pradel, ainsi que du projet PEI Résilience des systèmes caprins de Nouvelle-Aquitaine.

L'évaluation des déterminants techniques et la **production de références** mobiliseront les bases de données développées par l'IDELE (INOSYS-Réseaux d'élevages, Autosysel) ou INRAE (SICPA Ovins-Caprins, SICPA Parcelles).

- **Action 3.2 : intégration des connaissances transversales pour la conception de systèmes d'élevage caprins agroécologiques, répondant aux défis du changement climatique et évaluation de la durabilité et des services rendus par ces systèmes**

La question de l'innovation dans les systèmes de production est souvent posée. Un nouveau regard sur la cohérence des systèmes permet non seulement d'être en phase avec la demande sociétale mais également d'être une source de réflexion pour la filière et ses dispositifs techniques. Les projets développés dans cette action participeront à la **conception de systèmes d'élevages caprins plus durables au travers de pratiques innovantes et produisant des services multiples**. Cette action abordera la multiperformance selon une approche plus intégrée, en étudiant les antagonismes et les synergies entre production, environnement et économie pour identifier les pratiques et/ou les systèmes les plus durables. Les conséquences de ces pratiques sur le travail de l'éleveur seront également évaluées.

Au-delà de ces analyses, cette action vise à créer une réflexion sur les systèmes de demain par la mise en place d'actions de « brainstorming » au sein de l'UMT SC3D. La formation mise en place

en 2023 (28-29/11/2023) sur l'initiation à la conception innovante au travers de la théorie C-K (plateforme IDEAS - Initiative for the Design in Agrifood Systems) répondra à cet objectif. Un accompagnement pourra être imaginé à partir de 2024 pour poursuivre les réflexions et en particulier aborder le thème « des systèmes carbone neutres ». Ces réflexions se nourriront des sources précédemment citées et demanderont un travail de simulation dont les méthodes concernant l'environnement, les performances sont connues. Il sera essentiel d'y associer des éléments d'analyse liés au bien-être animal, au travail et à la qualité des laits. Des projets seront proposés dans le cadre de cet axe autour de systèmes non encore étudiés dans le cadre des dispositifs de réseaux existants. Pour répondre à ces objectifs, cet axe se nourrira des travaux et réflexions menés dans les autres axes, auxquelles viendront s'ajouter les travaux conduits dans les autres UMTs en petits ruminants (Star, PSR, Pastoralisme).

Cette action s'appuiera sur des démarches expérimentales (expérimentation-système PATUCHEV, ferme caprine du Pradel), des outils de modélisation (SIGHMA) et des méthodes d'évaluation multicritères (plateforme INRAE MEANS), ainsi que sur le suivi des fermes du réseau INOSYS-Réseaux d'élevages et REDCap. Le modèle SIGHMA (Puillet *et al.*, 2010) permet de simuler un troupeau caprin laitier sur une longue durée et en fonction des pratiques de conduite relatives à la réforme, au renouvellement, à la reproduction et à l'alimentation. Le simulateur fonctionne à taille de troupeau constante (les effectifs de renouvellement compensent les effectifs réformés). Des travaux initiés dans le projet PSDR FLECHE ont permis d'introduire des surfaces végétales à l'origine d'une disponibilité d'aliments qui approvisionnent le troupeau (actuellement, les aliments sont considérés comme complètement disponibles) et ainsi simuler les performances techniques du troupeau pour différents systèmes d'alimentation. Le modèle a été évalué avec une analyse de sensibilité globale : pour chaque système d'alimentation, un grand nombre de simulations permettent d'explorer les effets combinés des paramètres de conduite du troupeau. Dans le cadre de l'UMT, l'objectif sera **d'évaluer sur le plan économique, environnemental et social les simulations générées par le modèle.**

Pour cela, les données économiques seront estimées sur la base des données issues des réseaux élevages et les données environnementales à partir des sorties générées par l'outil Cap'2ER de l'IDELE et MEANS In-Out de la plateforme MEANS. Ce travail de développement sera donc réalisé en lien avec le service environnement de l'IDELE, les plateformes RECORD et MEANS et s'appuiera sur les résultats du projet Osiris et du Rami fourrager développés en caprin en collaboration avec IDELE.

Le travail réalisé dans cette action ne vise pas à promouvoir un modèle unique, mais **des systèmes de production diversifiés**, s'appuyant sur une « boîte à outils » de leviers dont la combinaison sera très dépendante du contexte pédoclimatique, mais aussi des débouchés que l'on peut envisager à des échelles multiples, combinaisons de pratiques que les agriculteurs ou groupes d'agriculteurs devront concevoir et mettre en œuvre.

L'ensemble de cette thématique mobilisera des compétences pluridisciplinaires (zootechnie, écologie, agronomie, économie, travail en élevage) au travers d'un partenariat élargi (e.g. INRAE UMR MoSAR, PEGASE, SAS, GenPHYSE). Les projets se focaliseront sur les systèmes caprins laitiers qu'ils soient spécialisés ou plus intégrés (polyculture/poly-élevages). Des « Focus groups » rassemblant éleveurs, conseillers, représentant de la filière et des laiteries permettront de co-construire ces systèmes caprins durables de demain.

▪ **Tableaux des projets en cours ou déposés concernant l'axe 3**

Nom du projet	Actions menées	Guichet	Période de réalisation	Porteur	Partenaires
REDCap	Réseau d'Expérimentation et de Développement Caprin sur l'autonomie	Régions Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire	2012-...	BRILAC (Jérémie Jost)	INRAE, ECEL, CA, Civam, BTPL, lycée

	alimentaire et la valorisation de l'herbe				agricole de NA et PdL
Patuchev	Conception de systèmes d'élevages caprins durables	Région Nouvelle-Aquitaine	2014-...	INRAE UE FERlus (Hugues Caillat)	
Améliorer la résilience des systèmes alimentaires caprins autonomes	Construction et évaluation des systèmes alimentaires autonomes et résilients	PEI Agri de Nouvelle-Aquitaine	2019-23	IDELE (Jérémy Jost)	CA, ECEL, Civam de NA INRAE
Cap'Adapt	Adaptation des élevages caprins de Pays de la Loire au changement climatique	Région Pays de la Loire	2021-23	IDELE (Jérémy Jost)	Idele, Seenovia, GAB 72, CRA PdL
Casdar ADAoPT	Accompagner les filières laitières en AOP et IGP dans l'adaptation au changement climatique	Casdar	2022-25	Idele (Delphine Neumeister)	CNAOL, Idele, CA, INRAE
Elevage Caprin Durable	Elevage caprin durable	FAM démultiplication	2023-26	Idele (Eric Bertrand)	Idele, CA, ECEL, Civam, INRAE, EPL
CAP'Climat territoire	Accompagner la filière caprine dans sa stratégie d'adaptation des élevages au changement climatique et à la limitation des émissions de GES	Financement ANICAP	2023-26	Idele (Caroline Sauvageot)	ANICAP et structures techniques locales
Eco-Agir	Accompagner et former à la Gestion Intégrée des strongyloses gastro-intestinales tout en valorisant le pâturage.	FAM démultiplication	Dépôt en 2023	Idele	

Mots clés : Multi performance, efficacité, durabilité, multi échelles (temps, espace), approche intégrée, transdisciplinarité, modélisation, conception innovante, démarches participatives.

6.4 Axe 4 : Diffusion des acquis et vulgarisation scientifique pour la transition agroécologique des systèmes caprins

Animateurs : Jérémie Jost (IDELE – réseau REDCap), Hugues Caillat (INRAE) et Émilie Bonneau-Wimmer (EPLEFPA Terre et Paysages Sud Deux-Sèvres - Synergie caprine)

Cet axe transversal vise à assurer l'échange et une bonne diffusion des résultats acquis au sein de l'UMT SC3D vers différents publics : les membres de l'UMT SC3D, les éleveurs, les techniciens, les apprenants, les enseignants, les chercheurs.

Pour cela, nous nous appuyons sur les outils classiques de communication mais également sur les nouvelles technologies de l'information et de la communication dont les réseaux sociaux, afin d'assurer la vulgarisation scientifique de nos travaux. Une participation étroite dans les modules de formation de l'enseignement agricole assurera la formation initiale et continue des acteurs de la filière caprine, pour assurer la mise en place de pratiques plus favorables à la transition agroécologique.

▪ **Action 4.1 : animation scientifique interne**

Afin de conforter les échanges techniques et scientifiques, les animateurs de l'axe 4 appuieront les différents animateurs de l'UMT. L'objectif est de fournir les méthodes et outils d'animation adéquates pour assurer l'animation des échanges, stimuler l'innovation et favoriser la diffusion en interne de nos travaux.

Par ailleurs, pour mettre en synergie les compétences de spécialistes (axes 1 et 2) avec l'approche système d'élevage caprin (axe 3), des séquences d'animation scientifique seront organisées pour les partenaires des cercles 1 et 2. Ces animations scientifiques permettront d'approfondir des thématiques précises puis d'imaginer leur intégration dans le système d'élevage. Ces animations se feront en lien avec les travaux de l'axe 3. L'objectif sera de proposer une dizaine d'animations scientifiques (1h) par an, associées à des réunions de l'axe 3.

▪ **Action 4.2 : vulgarisation et transfert vers les partenaires de la filière**

L'UMT SC3D bénéficie depuis sa création d'une identification visuelle partagée et connue. Ils seront conservés (logo, masque de présentation) et/ou mis à jour (site web, kakémono, fiche de présentation, ...). Cette action s'appuiera sur les compétences, les outils de diffusion et leur complémentarité des services communication de l'INRAE Nouvelle-Aquitaine-Poitiers et de IDELE dont l'efficacité a été prouvée lors des journées techniques Cap'Vert depuis 2015.

Les différentes cibles de nos travaux sont :

- Les chercheurs et ingénieurs français, européens et internationaux,
- Les conseillers d'élevage caprin et les conseillers fourrages des organismes de conseil en élevage (Chambre d'Agriculture, Contrôle Laitier, CIVAM, BTPL, conseil privé, laiteries, ...)
- Les éleveurs caprins de la filière régionale et nationale,
- Les apprenants, futurs éleveurs et conseillers (enseignement secondaire et supérieur).

La diffusion auprès des **conseillers et des éleveurs** mobilisera comme principal support la journée technique Cap'Vert. Il s'agit d'une journée organisée tous les deux ans par le REDCap sur le dispositif expérimental PATUCHEV de l'UE FERlus, en lien avec de nombreux partenaires de la filière caprine de l'Ouest (accueil de 375 participants en octobre 2022). Il s'agit de la journée de transfert des travaux de l'UMT SC3D vers les acteurs des filières laitières. Depuis 2022, cette journée associe également les dispositifs OasYs (INRAE) et Accelair (CRIEL Nouvelle-Aquitaine et Idele) pour les éleveurs et conseillers bovin laitier. La prochaine édition (2024), permettra de faire le bilan des 10 années d'expérimentation-système Patuchev.

La diffusion auprès des **chercheurs et ingénieurs**, *via* :

- des publications techniques et scientifiques dans des revues françaises (Fourrages, Inrae Productions Animales, Innovations Agronomiques) et internationales (Small Ruminant Research, Animal, Journal of Dairy Science)
- la participation à des congrès français (3R, AFPP, SN GTV, ...), européens (EGF, EAAP, ESDAR) et internationaux (International Goat Conference, ISNH)

La diffusion auprès des **conseillers d'élevage, des conseillers agronomes et des conseillers fourrages** se fera à travers les échanges techniques dans les organes de diffusion de l'Institut de l'Élevage et de ses partenaires :

- lors des réunions du GAC (Groupe technique national sur l'Alimentation des Chèvres), et du GRC (Groupe technique national sur la Reproduction Caprine)
- lors des réunions techniques du réseau REDCap en Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire. Ce groupe de techniciens aura régulièrement accès à l'avancée des travaux de l'UMT, et servira également de support pour faire remonter des questions de terrain auprès des chercheurs,
- Lors des réunions des référents IRD de la Chambre d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine,
- lors des réunions en régions, des techniciens des réseaux INOSYS-Réseau d'Élevage caprin,

- lors des Journées techniques Caprines (JTC), organisées tous les 2 ans et rassemblant 130 techniciens caprins et lors des Biennales des conseillers fourrages rassemblant 110 techniciens « fourrage ».

En complément, nous réaliserons :

- la rédaction de guides, plaquettes et fiches techniques, de vidéos et d'infographies de vulgarisation des travaux de l'UMT, également diffusés sur le site web de l'Institut de l'Élevage, idele.fr et de ses partenaires,
 - l'organisation de sessions de formation,
 - des articles de presse de vulgarisation des travaux menés,
 - la diffusion de l'actualité de l'UMT sur les réseaux sociaux (twitter, notamment)
- **Action 4.3 : intégration des acquis dans l'enseignement et les modules de formation (formation initiale et continue)**

Concernant l'**enseignement**, les cibles privilégiées seront :

- pour le **niveau secondaire**, un partenariat fort existe avec l'EPLEFPA Terre et Paysages Sud Deux-Sèvres à Melle, l'EPLEFPA Jean-Marie Bouloux de Montmorillon, l'IREO des Herbiers, le campus des Sicaudières à Bressuire, l'EPLEFPA de Châteauroux (CS caprin au Blanc) et l'EPLEFPA d'Aubenas (Ferme du Pradel). Cela se traduit par la participation d'ingénieurs et de chercheurs de l'UMT SC3D à l'enseignement, à la réalisation de suivis sur les fermes de ces établissements, l'accueil de stagiaires dans le cadre des travaux de l'UMT ou de visites des dispositifs expérimentaux.
- pour le **niveau supérieur**, des liens avec Agro Campus Ouest, Bordeaux Sciences Agro, l'ENSAT et le Master 2 « Plantes et Société » de l'Université de Poitiers. Ces échanges iront de la réalisation de projets avec les étudiants jusqu'à la valorisation des résultats de l'UMT SC3D dans l'enseignement.

Au-delà de l'accueil de stagiaires, les apprenants, notamment du lycée agricole de Melle et de l'Université de Poitiers, seront fortement impliqués par les ingénieurs et chercheurs de nos structures. Cela se traduira par la poursuite de l'animation de sessions pédagogiques, avec la mobilisation de jeux-sérieux, la réalisation d'enquêtes auprès des acteurs de la filière, la réalisation de travaux dirigés et pratiques. Cette organisation originale prendra de l'ampleur (en thématique et localisation géographique) dans le cadre de plusieurs projets portés par l'UMT SC3D (Ocalipro, ECD, CapCLimat, EcoAgir).

7. BIBLIOGRAPHIE

Andueza Urrea, J. D., Picard, F., Martin-Rosset, W., Aufrere, J. (2016). Near-infrared spectroscopy calibrations performed on oven-dried green forages for the prediction of chemical composition and nutritive value of preserved forage for ruminants. *Applied Spectroscopy*, 70 (8), 1321-1327.

Barot S, Allard V, Cantarel A, Enjalbert J, Gauffreteau A, Goldringer I, Lata J-C, Le Roux X, Niboyet A, Porcher E (2017) Designing mixtures of varieties for multifunctional agriculture with the help of ecology. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 37

Barotin C., Bonnal L., Andueza A., Maudemain S., Jost J., Caillat H., Julien L., Juanes X., Lesnoff M., Assouma M.H., Picard F., Fumat N., El Radi H., Barre P., (2021). La spectrométrie dans le proche infra-rouge pour évaluer la valeur alimentaire des fourrages. *Fourrages* 247, 41-50.

Bedere, N., Delaby, L., Ducrocq, V., Leurent-Colette, S., Disenhaus, C., 2016. *J. Dairy Sci.* 99, 1266–1276.

Beillouin D, Ben-Ari T, Malezieux E, Seufert V, Makowski D (2021) Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services. *Global Change Biology* 27:4697-4710

Bidan F., Fatet A., Johnson L., 2022. Effet bouc pour l'IA : cela ne va pas si "mâle", de plus en plus d'adeptes. 8èmes Journées Techniques Caprines. Marseille.

Bidan F., de Crémoux R., Legris M., Bluet B., Clément V., Arnal M., 2022. Caractérisation des courbes de production des chèvres en lactation longue. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*. 26.

- Blanco-Pastor J.L., Manel S., Barre P., Roschanski A.M., Willner E., Dehmer K.J., Hegarty M., Muylle H., Ruttink T., Roldan-Ruiz I., Ledauphin T., Escobar-Gutierrez A., Sampoux J.P. (2019) : "Pleistocene climate changes, and not agricultural spread, accounts for range expansion and admixture in the dominant grassland species *Lolium perenne* L.", *Journal of Biogeography*, 46, 1451-1465.
- Bonnes A., Caillat, H., Guillouet P. (2012). Patuchev et REDCap : deux dispositifs complémentaires de Recherche et Développement pour des élevages caprins performants et durables. *Fourrages* 212 : 263-268.
- Bossis N., De Boissieu C., Guinamard C., Peglion M., (2016). Le réseau thématique « autonomie » en élevage caprin : un réseau de fermes qui innove pour l'autonomie alimentaire et protéique. Collection Thema, Institut de l'élevage. 32 p..
- Branca A. 2004. Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 59, p. 73-77
- Caillat H., Bruneteau E., Ranger B., Furstoss V., Guillet I., Paraud C., Hoste H., El Korso R., Delagarde R., Quénon J., Bossis N., Guillouet P. (2016). Conception de systèmes d'élevages caprins laitiers durables : éléments sur la transition agro-écologique du dispositif Patuchev. 23èmes Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants. 7-8 décembre 2016, Paris, Communication orale, p. 247-250.
- Caillat H., Bossis N., Jost J., Pierre P., Legarto J., Lefrileux Y., Delagarde R., (2016). Les légumineuses dans les systèmes caprins : quelles espèces pour quelles valorisations ?, *Fourrages*, 227, 199-206.
- Caillat H., Delagarde R., Ferlay A., Barre P., Disenhaus C., Gaborit P., Giger-Reverdin S., Jacquot A-L., Jénot F., Leroux B., Wimmer-Bonneau E., Verdier G., Jost J., (2022). PSDR4 Flèche - L'herbe : un atout pour les élevages caprins du Grand Ouest. *Innovations Agronomiques* 86, 231-245
- Capgènes, 2023. Assemblée générale ordinaire du 14 avril 2013. Chiffres-clés 2022
- Chanvallon A., Coyral-Castel S., De Crémoux R., Piacère A., Ribaud D., 2013. Évolution de la fertilité à l'IA chez les chèvres de 2004 à 2010. Collection Résultats, Institut de l'Élevage.
- Creme, A., Rumpel, C., Gastal, F., de la Luz Mora Gil, M., Chabbi, A. (2016). Effects of grasses and a legume grown in monoculture or mixture on soil organic matter and phosphorus forms. *Plant and Soil*, 402 (1-2), 117-128.
- Cutullic E, Delaby L, Gallard Y, Disenhaus C., 2012 *Animal*, vol. 6, Elsevier; p. 476–87.
- De Crémoux R., Bluet B., Legris M., Arnal M., Clément V., Bossis N., Couvet R., Lictévout V., Oviedo B., Pasquet P., Poupin B., Bidan F., 2022. Journées techniques caprines.
- De Santiago-Miramontes, M.A., Malpaux, B., Delgadoillo, J.A., 2009. *Anim. Reprod. Sci.* 114, 175–182.
- Déqué M. (2015) : "Le changement climatique en France et en Europe atlantique: les domaines méditerranéens et tempérés". In: Durand JL, Enjalbert J, Hazard L, Litrico I, Picon-Cochard C, Prud'homme MP, Volaire F (eds) *Adaptation des prairies au changement climatique Actes du colloque présentant les méthodes et résultats du projet Climagie (métaprogramme ACCAF)*, Poitiers ,16 et 17 novembre 2015, pp 24-30.
- Duflot B. (2023). Autonomie protéique en élevages : enjeux et leviers à différentes échelles, Journées de printemps de l'AFPF 2023.
- Durand J., Bernard F., Lardy R., Graux I. (2010) : "Changement climatique et Prairies: l'essentiel des impacts", In: Brisson N, Levraut F (eds) *Livre vert du projet Climator Changement climatique, agriculture et forêt en France: simulation d'impacts sur les principales espèces*. ADEME et INRA, pp 181-190.
- Durand JL., Andrieu B., Barillot R., Barre P., Combes D., Enjalbert J., Escobar Gutiérrez A., Faverjon L., Goldringer I., Lecarpentier C., Litrico I., Louarn G., Migault V., Sanchez L. (2016) Progresser dans la simulation mathématique des performances des mélanges de variétés fourragères pour composer et améliorer les prairies. *Fourrages*, 225, 21-28.
- Emile J.C., Barre P., Delagarde R., Niderkorn V., Novak S. (2017) : « Les arbres, une ressource fourragères au pâturage pour des bovins laitiers ? », *Fourrages*, 230, 155-160.
- Emile J.C., Delagarde R., Barre P., Niderkorn V., Novak S. (2017) : « Evaluation of the feeding value of leaves of woody plants for feeding ruminants in summer », *Grassland Science in Europe*, vol. 22, 548-550.
- Evers JB, van der Werf W, Stomph TJ, Bastiaans L, Anten NPR (2019) Understanding and optimizing species mixtures using functional-structural plant modelling. *Journal of Experimental Botany* 70:2381-2388
- Fatet A, Pellicer-Rubio M.-T., Leboeuf B, 2011. Reproductive cycle of goats. *Animal Reproduction Science* 124 (2011) 211–219

- Fatet A., Tuauden M., 2013. Reproduction des chèvres en toute saison : FLOCK-REPROD une solution durable. Paris, FRA : Edition INRA, 22 p.
- Faverjon L, Escobar-Gutierrez A, Litrico I, Julier B, Louarn G (2019) A generic individual-based model can predict yield, nitrogen content, and species abundance in experimental grassland communities. *Journal of Experimental Botany* 70:2491-2504
- Freret S., Philippe P., Brun T., Legarto J., Clément V., Bidan F., 2018. Facteurs de variation de la fertilité après insémination animale et lors des retours en chaleurs chez la chèvre : caractéristiques individuelles, production laitière et conduite alimentaire. 24^{ème} journées des Rencontres Recherche Ruminants.
- Friggens NC, Disenhaus C, Petit H V.,2010. *Animal* 2010;4:1197–213.
- Furtoss V., David I., Fatet A., Boissard K., Clément V., Bodin L., 2015. Genetic and non-genetic factors related to the success of artificial insemination in dairy goats. *Animal*. 9:12 : 1935-1942.
- Gafsi N., Bidan F., Grimard B., Legris M., Martin O., Puillet L., 2022. Relations entre réussite à l'IA, dynamique de production laitière, réserves corporelles et stress thermique chez la chèvre laitière de race Alpine. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*. 26.
- Gastal F., Schuster M. Z., Chargelègue J., Charrier X., Médiène S., (2022). « Dynamique à long terme des adventices dans des rotations prairies-cultures. 1. Effet de la durée de la phase prairie exploitée en fauche ». *Fourrages* 252, 41-53
- Gaudio N, Escobar-Gutierrez AJ, Casadebaig P, Evers JB, Gerard F, Louarn G, Colbach N, Munz S, Launay M, Marrou H, Barillot R, Hinsinger P, Bergez J-E, Combes D, Durand J-L, Frak E, Pages L, Pradal C, Saint-Jean S, Van der Werf W, Justes E (2019) Current knowledge and future research opportunities for modeling annual crop mixtures. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 39
- Gaunand A., Chemineau P., Dufourny L., Fatet A., Pellicer Rubio M., Vignon, X., 2014. Département PHASE, ASIRPA (Analyse Socio-économique des Impacts de la Recherche Publique Agronomique) (2014). Control of animal reproduction in small ruminants: seasonality - photoperiod. 15 p. <https://prodinra.inra.fr/record/391281>.
- Guerrier J., Praud J.P., Poivey J.P., Batut H., Grenet G., Bouix J., 2010. Définition économique des objectifs de sélection en ovins allaitants. Application à la race Blanche du Massif Central. *Renc. Rech. Ruminants*, 2010, 17, 443-446.
- Jacquot A-L, Marnet P-G, Guinard-Flament J., Inda D, Disenhaus C.. (2019). Perception du pâturage par les acteurs de la filière caprine dans le Grand Ouest – Témoignages. Journées de printemps de l'AFPF, Mar 2019, Paris, France. (hal-02091620)
- Jost J. (2020). Les prairies multi-espèces du REDCap : synthèse de dix ans d'essais. 16 pages, https://redcap.terredeschèvres.fr/IMG/pdf/191209syntheses_essais_pme_long_sans_logo.pdf
- Jost J., Bossis N., Faça B., Bluet B., Bossis C., Couvet R., Poupin B., Lazard K., Gervais P., Lefrileux Y., Pommaret A., Delagarde R., Caillat H.. (2021) Faciliter les transitions des systèmes d'alimentation caprins vers des systèmes plus herbagers. *Innovations Agronomiques*, 82,67-80.
- Jost J., Vigan A., Sauvageot C. (2023). Comment améliorer l'empreinte carbone du lait de chèvre dans le bassin Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire. 8 pages, https://redcap.terredeschèvres.fr/IMG/pdf/230222_Empreinte_carbone_VF.pdf
- Julier, B., Barre, P., Gastal, F., Ghesquière, M., Litrico, I., Louarn, G., Sampoux, J.-P. (2016). Breeding of lucerne for better adaptation to mixture. In: Breeding in a world of scarcity. Proceedings of the 2015 meeting of the section "Forage crops and amenity grasses" of Eucarpia (p. 321-322). Presented at 31. International Eucarpia symposium section Forage crops and amenity grasses, Ghent, BEL (2015-09-13 - 2015-09-17). Springer International Publishing Switzerland. 337 p.,
- Julier B., Gastal F., Louarn G., Badenhassner I., Annicchiarico P., Crocq G., Le Chatelier D., Guillemot E., Emile J.C., (2017). "Alfalfa (lucerne) in european cropping systems." *Legume futures*, S. F., W. C., and M.-B. D., eds., CABI, Wallingford, 168-192.
- Julier B., Louarn G., (2022). « Rôle des légumineuses pérennes dans une agriculture agroécologique ». *Fourrages* 251, 17-25
- Laurent C., Caillat H., Girard C.L., Ferlay A., Laverroux S., Jost J., Graulet B.. (2023) Impacts of production conditions on goat milk vitamin, carotenoid contents and colour indices, *Animal*, 17, Issue 1, <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100683>
- Leclercq D., Basset A., Bourdon P., Gras M.-C., Julier B., Leclerc C., Litrico I., (2017). "Catalogue français : Valorisation de la sélection pour les variétés de cultures intermédiaires multi-services." *Innovations agronomiques*, 62, 101-114

- Legarto J., Leclerc MC., 2011. L'alimentation pratique des chèvres laitières. Collection les incontournables Institut de l'Elevage
- Legarto J., Bossis N., Lefrileux Y., Lazard K, Richard V., Coursange H., Bluet B., Bealu C., Poupin B., Lictévout V., Desbos V., Pommaret A., Blanchard F., Coutineau H., Ouin S., Morge F., 2012. Des indicateurs liés à l'observation des troupeaux pour ajuster le rationnement des chèvres laitières. Casdar Syscare – Systèmes caprins d'alimentation respectueux de l'environnement. Collection Fiches Techniques – Institut de l'Elevage.
- Legarto J., Lefrileux Y., Pommaret A., Coutineau H. (2012). Effets de deux taux de refus sur les comportements des chèvres laitières. Renc. Rech. Rum.,19, 223.
- Lemaire G. et Pflimlin A. (2007). Les sécheresses passées et à venir : quels impacts et quelles adaptations pour les systèmes fourragers ? Fourrages n°190, 163-180
- Li C, Stomph T-J, Makowski D, Li H, Zhang C, Zhang F, van der Werf W (2023) The productive performance of intercropping. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 120:e2201886120-e2201886120
- Litrico, I., Barkaoui, k., Barradas, A., Barre, P., Beguier, V., Birouste, M., Bristiel, P., Crespo, D., Deléglise, C., Durand, J.-L., Fernandez, L., Gastal, F., Ghesquière, M., Godinho, B., Hernandez, P., Julier, B., Louarn, G., Meisser, M., Mosimann, E., Picon-Cochard, C., Roumet, C., Volaire, F. (2016). Utiliser les mélanges fourragers pour s'adapter au changement climatique : opportunités et défis. Fourrages, 225, 11-20.
- Louarn, G., Faverjon, L., Bijelic, Z., Julier, B. (2016). Dynamique de l'azote dans les associations graminées-légumineuses : quels leviers pour valoriser l'azote fixé ?. Fourrages (226), 135-142.
- Louarn G, Barillot R, Combes D, Escobar-Gutierrez A (2020) Towards intercrop ideotypes: non-random trait assembly can promote overyielding and stability of species proportion in simulated legume-based mixtures. Annals of Botany 126:671-685
- Lu C. D. (1988): "Grazing Behavior and Diet Selection of Goats", Small Ruminant Research, 1, 205-216.
- Lurette A., Fréret S., Chanvallon A., Experton C., Frappat B., Gatien J., Dartois S., Martineau C., Le Danvic C., Ribaud D., Fatet A., Pellicer-Rubio M., 2016. La gestion de la reproduction en élevages ovins et caprins, conventionnels et biologiques : état des lieux et intérêt et acceptabilité de nouveaux outils dans six bassins de production en France. INRA Productions Animales. 29 (3) : 163-184.
- Maxin, G., Andueza Urrea, J. D., Aufrere, J., Baumont, R., Ginane, C., Niderkorn, V. (2015). Quels sont les besoins de recherche sur la valeur des fourrages pour les ruminants ? Analyse d'avis d'experts. Fourrages, 221, 69-76
- Meilhac J, Durand JL, Beguier V, Litrico I (2019) Increasing the benefits of species diversity in multispecies temporary grasslands by increasing within-species diversity. Annals of Botany 123:891-900
- Meilhac J, Deschamps L, Maire V, Flajoulot S, Litrico I (2020) Both selection and plasticity drive niche differentiation in experimental grasslands. Nature Plants 28-33
- Meuret M., Viaux C., Chadoeuf J. (1994) : "Grazing land heterogeneity stimulates intake rate" Ann, Zootechnie, 43, 296.
- Meuret M. (1993). Piloter l'ingestion au pâturage, Etudes et Recherches Systèmes Agraires et Développement, 27, 161-198.
- Mischler P., Ferlicq M., Ceschia E., Kerjose E., (2022). « L'albédo, un levier d'atténuation du changement climatique méconnu : quel potentiel d'atténuation pour les prairies ? ». Fourrages 251, 1-16
- Mousavi SR, Eskandari H (2011) A general overview on intercropping and its advantages in sustainable agriculture. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences 1:482-486
- Morand-Fehr P., Hervieu H., Bremart Le Gousse C., 1977: « Comportement de la chèvre : réaction de l'animal vis-à-vis du fourrage distribué », Symp. Inter. sur la chèvre des pays méditerranéens, Malaga, Grenada, Murcia (Espagne)
- Morand-Fehr P., Hervieu H., Sauvart D., 1980 : « Contribution à la description de la prise alimentaire de la chèvre », Repr. Nutr. Develop., 20 (SB), 1641-1644.
- Morand-Fehr P. (1993). Dietary choices of goats at the through, Small Ruminant Research, 49, 3, 231-239.
- Mueller-Harvey I., Bee G., Dohme-Meier F., Hoste H., Karonen M., Kolliker R., Luscher A., Niderkorn V., Pellikaan W.F., Salminen J.P., Skot L., Smith L.M.J., Thamsborg S.M., Totterdell P., Wilkinson I., Williams A.R., Azuhwi B.N., Baert N., Brinkhaus A.G., Copani G., Desrues O., Drake C., Engstrom M., Frygas C., Girard M., Huyen N.T., Kempf K., Malisch C., Mora-Ortiz M., Quijada J., Ramsay A.,

- Ropiak H.M., Waghorn G.C., (2019). "Benefits of condensed tannins in forage legumes fed to ruminants: Importance of structure, concentration, and diet composition." *Crop Sci.*, 59(3), 861-885.
- Niderkorn, V. (2017). Diversification des fourrages : intérêts pour améliorer leur valeur alimentaire et réduire les impacts environnementaux de la production de ruminants (Habilitation à diriger des recherches).
- Niderkorn V., Baumont R., (2009). "Associative effects between forages on feed intake and digestion in ruminants." *Animal*, 3(7), 951-960.
- Novak S., Barre P., Delagarde R., Mahieu S., Niderkorn V. & Emile J.-C. (2020a). «Composition chimique et digestibilité in vitro des feuilles d'arbre, d'arbuste et de liane des milieux tempérés en été». *Fourrages*, 242, 35-47. Doi : 10.15454/1.5572219564109097E12
- Novak S., Chargelègue F., Chargelègue J., Audebert G., Liagre F. & Fichet S.. (2020b). « Premiers retours d'expérience sur les dispositifs agroforestiers intégrés dans le système laitier expérimental OasYs », *Fourrages*, 242, 71-78 Doi : 10.15454/1.5572219564109097E12
- Pellicer-Rubio M.T., Ferchaud S., Freret S., Tournadre H., Fatet A., Boulot S., Pavie J., Leboeuf B., Bocquier F., 2009. Les méthodes de maîtrise de la reproduction disponibles chez les mammifères d'élevage et leur intérêt en agriculture biologique. *INRA Prod. Anim.*, 22 (3), 255-270.
- Pellicer-Rubio M.T, Boissard K., Grizel J., Vince S., Fréret S., Fatet A., Lopez-Sebastian A., 2018. 3R. Vers une maîtrise de la reproduction sans hormones chez les petits ruminants. *Renc. Rech. Ruminants*, 24, 327-338.
- Pierre P., Bourdon P., Delagarde R., Besnard A. (2016). La diversité des légumineuses fourragères. Intérêts et perspectives d'utilisation des légumineuses actuelles, nouvelles ou oubliées. Actes des journées de printemps de l'AFPF, « Les légumineuses fourragères et prairiales », 21-22 mars 2016.
- Pinard D., Regaldo D., Guerrier J., 2013. Un modèle bioéconomique pour mettre à jour l'objectif de sélection de la race Prim'Holstein. *Rencontres Recherches Ruminants*, 20 : 137-140.
- Poirier M., Durand J.L., Volaire F. (2012) : "Persistence and production of perennial grasses under water deficits and extreme temperatures: importance of intraspecific vs. interspecific variability", *Global Change Biology*, 18, 3632-3646.
- Prache S., Caillat H., Lagriffoul G., 2018. Diversité dans la filière petits ruminants : une source de résilience ? *Innovations Agronomiques* 68, 171-191 - dx.doi.org/10.15454/LB7VKP
- Puillet L., Martin O., Sauvant D., Tichit M., (2010). An individual-based model simulating goat responses variability and long term herd performance. *Animal*, 4, 2084-2098.
- Richard F. et Jost J. (2019). Quelles prairies multi-espèces pour les chèvres ? En Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire, 12p, https://redcap.terredeschèvres.fr/IMG/pdf/200218_guide_pme_vf.pdf
- Uijtewaal A., Chapuis S., Crocq G., Lépée P. (2016) : "Quoi de neuf en matière de récolte et conservation des légumineuses fourragères ?", *Fourrages*, 227, 157-166..
- Wolff B, Julier B, Louarn G (2021) Impact de la variabilité intraspécifique des traits d'interaction sur la compétition interspécifique: une étude de cas sur les légumineuses fourragères, en utilisant le modèle Virtual Grassland. 3e Rencontres Francophones sur les Légumineuses, Angers
- Zarazaga LA, Gatica MC, Gallego-Calvo L, Celi I, Guzmán JL. 2014 *Anim Reprod Sci*;146:170–5.