

Le programme SCHOPPER – ANR 16-CE38-0007 Simulation des Comportements des HOMmes Préhistoriques Paléolithiques dans leur Environnement pour la Recherche



Opportunité

Caune de l'Arago, 600 k ans
d'enregistrement
archéologique,
54 ans de fouilles,
BDD avec plus de 500 k objets,
nombreuses études
pluridisciplinaires,
52 unités
archéostratigraphiques...

Objectif

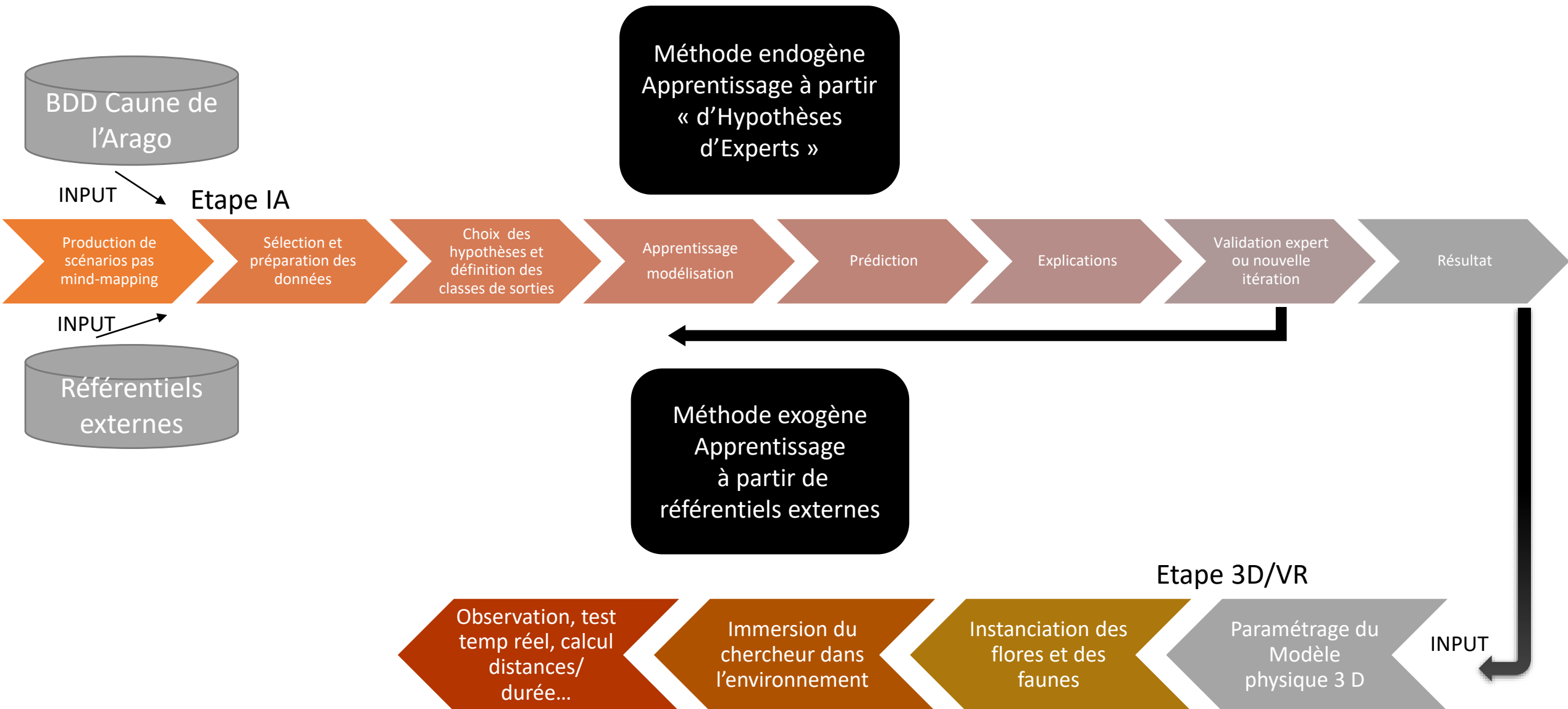
Création d'une plateforme
numérique collaborative pour
le test et la validation
d'hypothèses de recherche
sur les comportements et les
environnements
préhistoriques par
modélisation et simulation
virtuelle

Consortium

CRPE 4 partenaires Fr. et 2
étrangers
-HNHP- S. Grégoire coord.
-CEROS, Univ Nanterre
-Société Craft ai.
-Société Immersion Tools
+ coll. LIX, Ecole
Polytechnique

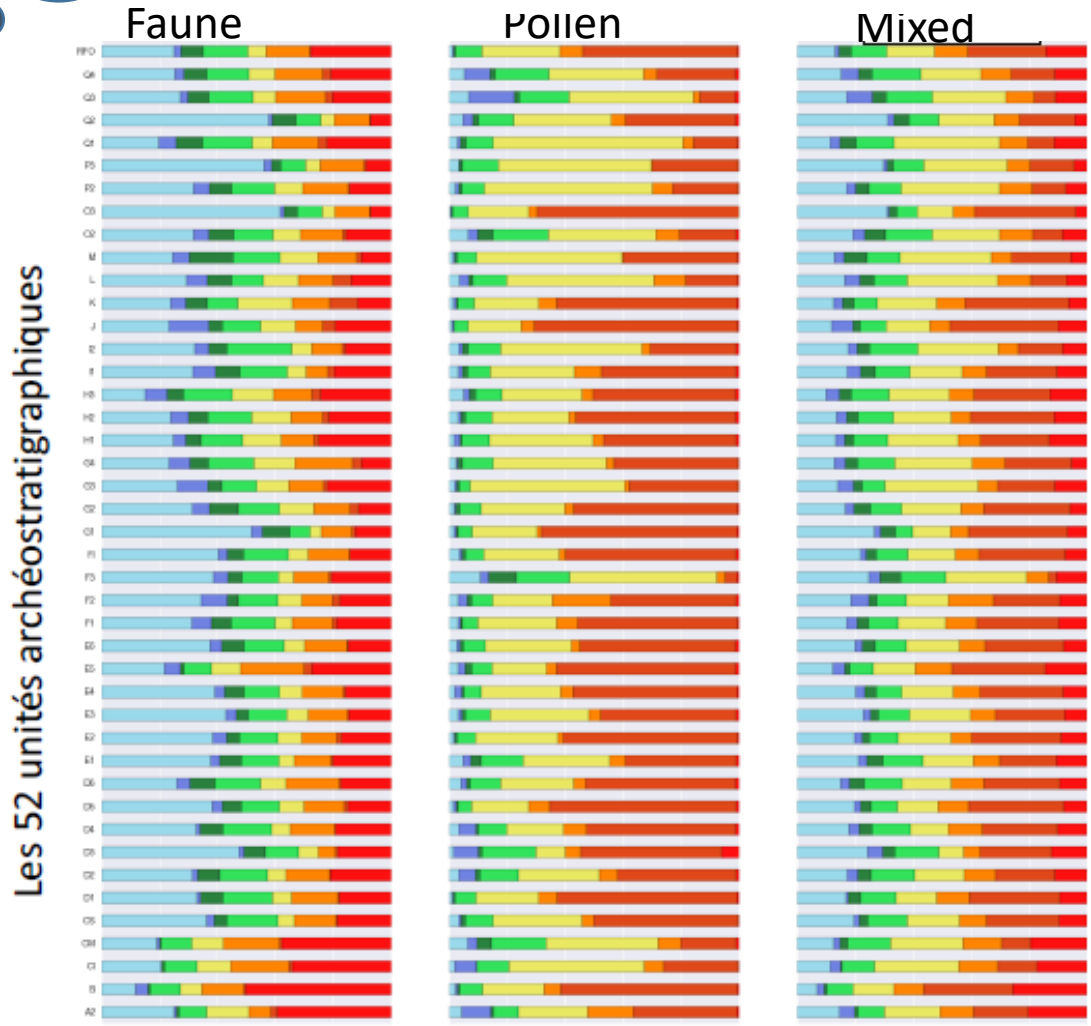


Principe général d'exploitation des données par Machine Learning et modélisation 3D



Quels biomes, écorégions, T, climat ?

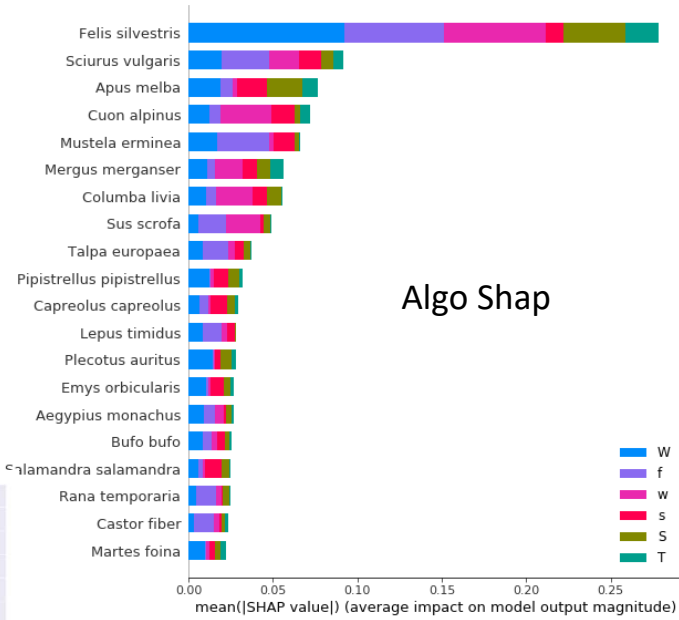
Prediction des biomes dans chaque UA



- Tundra
- Montane Grasslands and Shrublands
- Boreal Forests/Taiga
- Temperate Coniferous Forests
- Temperate Broadleaf and Mixed Forests
- Temperate Grasslands, Savannas, and Shrublands
- Mediterranean Forests, Woodlands, and Scrub
- Deserts and Xeric Shrublands

Explications des predictions

Méthode exogène
Apprentissage
à partir de
référentiels externes



Apprentissage sur des bases de données actuelles mondiales (open source), d'espèces végétales et animales

Prédiction des biomes suggérés par les pollens et la faune dans les 52 unités archéostratigraphiques de la Caune de l'Arago

I.A. et hypothèses comportementales

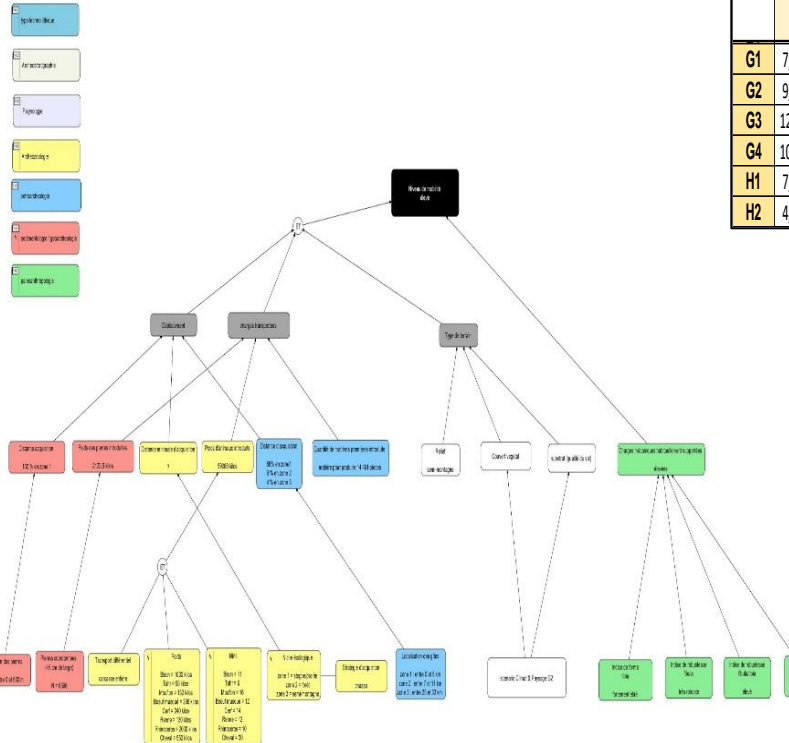
UA F : occupation longue ou succession de haltes de chasse ?

2/ Extrait de Dataset d'apprentissage

Archeostratigraphic unit	Raw material (4 dimensions)				Lithics (16 dimensions)												Fauna - herbivors (7 dimensions)							Expert's estimation of Duration of occupation				
	MP in situ %	MP local %	MP semi-local %	MP allochton %	% Manuports	% Percuteurs	CO complete QL9	CO partielles QL9	CO complete SJ	CO partial SJ	CO complète SCH9	CO partial SCH9	% cortical flakes	% retouch flakes	% ravaillage flakes	% multiples tools	% recycled tools	% ébréchures	% retouched stones	ratio pebble/stone	species diversity	Simpson D	Shannon H		% IFO	% anthropic marks	% carnivors marks	% anatomical connexion
G1	7,0%	68,9%	21,7%	2,4%	7,0%	1,4%	x	x	x	x	x	x	25,5%	2,1%	1,1%	1,9%	0,8%	7,2%	0,8%	22,1	11	0,23	1,75	1,8%	21,7%	2,9%	4,6%	Long and frequent
G2	9,8%	67,7%	18,7%	3,8%	10,0%	1,8%	x	x	x	x	x	x	21,9%	2,6%	1,7%	2,7%	1,2%	8,8%	1,2%	23,4	10	0,25	1,73	1,7%	21,6%	2,8%	5,6%	Long
G3	12,4%	62,4%	20,3%	4,8%	9,8%	1,3%	x	x	x	x	x	x	19,8%	3,2%	1,2%	3,4%	1,7%	10,3%	1,6%	23,8	10	0,33	1,49	0,9%	24,5%	3,3%	7,6%	Long and frequent
G4	10,5%	65,4%	16,9%	7,2%	8,1%	0,5%	x	x	x	x	x	x	22,9%	5,0%	1,2%	3,4%	1,7%	9,8%	1,0%	21,5	9	0,34	1,42	0,8%	23,9%	3,1%	9,7%	Long and short
H1	7,2%	62,4%	20,1%	10,4%	7,1%	1,0%	x		x		x		23,4%	4,4%	2,6%	5,6%	3,4%	11,6%	0,1%	7,3	7	0,30	1,48	0,0%	25,0%	2,5%	7,0%	...
H2	4,8%	60,2%	24,8%	10,2%	8,9%	0,2%	x		x		x		22,6%	2,3%	2,9%	3,1%	2,0%	12,1%	0,0%	9,8	7	0,22	1,67	3,1%	31,0%	3,0%	4,2%	...

Méthode endogène Apprentissage à partir « d'hypothèses d'experts »

1/ Scénario multidisciplinaire



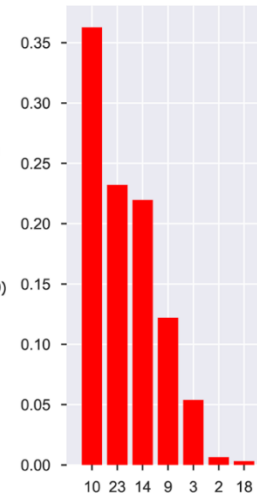
3/ Prédications pour chaque UA

Unités archéologiques	densité d'objets par surface fouillée (m2)	MP éloignée %	% Manuports	CO complète SCH9	% éclats corticaux	% éclats de retouche	% outils multiples	Indice de diversité (Shannon H)	% IFO (indice de fragmentation osseuse)	% traces anthropiques	% traces carnivore	Expert label	Prediction
RFO	1613,5	11,4%	0,6%	53,1%	0,3%	1,1%	1,87	2,6%	1,4%	1,4%	0,0%	?	NC
A1	845	7,1%	0,3%	42,7%	0,3%	1,1%	1,88	0,0%	17,6%	0,0%	0,0%	?	NC
A2	95	10,3%	0,0%	13,3%	0,0%	6,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	?	NC
A3	182,85 71429	4,4%	0,0%	6,5%	1,1%	3,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	?	C
A4	362,5	2,0%	2,0%	18,7%	0,4%	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	?	NC
B	175	4,1%	2,2%	18,4%	3,4%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	?	NC
C	377	3,5%	1,1%	33,9%	1,0%	1,4%	1,58	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	?	NC
CS	445,4	2,1%	0,5%	48,0%	0,5%	1,3%	1,12	0,0%	3,0%	0,0%	0,0%	NC	NC
CM	115,5555556	3,9%	0,4%	32,2%	0,2%	2,3%	0,60	0,0%	10,4%	0,0%	0,0%	?	NC
NC	35,6	7,0%	4,1%	21,6%	0,0%	0,7%	0,69	0,0%	12,5%	0,0%	0,0%	?	NC
D1	34,03333333	8,1%	1,7%	53,2%	0,4%	1,2%	1,85	0,0%	9,5%	0,0%	0,0%	?	NC
D2	43,38095238	7,1%	0,9%	53,2%	0,0%	1,0%	1,75	0,0%	3,3%	2,2%	0,0%	NC	NC
D3	30,8	10,1%	0,8%	51,2%	0,1%	1,2%	1,73	18,2%	10,9%	4,3%	0,0%	NC	NC
D4	15,38461538	6,2%	1,3%	33,5%	0,3%	0,9%	1,59	25,0%	13,0%	6,5%	0,0%	?	NC
D5	48,75757576	5,8%	1,1%	36,9%	0,2%	1,6%	1,73	7,1%	16,8%	3,2%	0,0%	C	NC
D6	40,02777778	6,2%	0,9%	34,7%	0,3%	1,0%	1,60	0,0%	10,1%	1,1%	0,0%	C	NC
E1	47,21428571	4,0%	3,6%	24,8%	0,5%	1,6%	1,36	0,0%	19,2%	1,3%	0,0%	NC	NC
E2	145,0714286	4,8%	3,1%	24,1%	1,0%	2,3%	1,46	1,2%	0,7%	0,0%	0,0%	C	C
E3	63,76744186	6,0%	5,1%	23,9%	1,9%	3,5%	1,55	2,9%	14,8%	0,8%	0,0%	NC	NC
E4	27,65636364	7,1%	4,3%	25,7%	2,7%	3,2%	1,29	0,0%	10,9%	1,5%	0,0%	NC	NC
E5	15,13333333	4,5%	3,1%	27,4%	2,0%	2,3%	1,30	0,0%	19,6%	2,2%	0,0%	C	C
E6	28,10869565	4,0%	8,1%	24,7%	1,7%	1,7%	1,37	0,0%	16,2%	2,4%	0,0%	NC	NC
F0	16,18181818	2,7%	3,7%	23,8%	0,0%	2,7%	0,99	0,0%	26,3%	1,4%	0,0%	C	C
F1	299,1276596	4,8%	4,1%	20,5%	3,1%	3,2%	1,28	0,0%	21,7%	2,3%	0,0%	NC	NC
F2	569,9791667	5,3%	5,7%	21,1%	2,6%	2,6%	1,24	0,8%	21,5%	2,2%	0,0%	NC	NC
F3	450,1020408	5,1%	7,6%	23,6%	2,6%	2,2%	1,29	1,4%	20,3%	3,0%	0,0%	NC	NC
F4	74,79	2,9%	4,2%	25,5%	1,7%	2,4%	1,49	0,4%	18,5%	2,9%	0,0%	NC	NC
G1	706,5961538	2,4%	7,0%	25,5%	2,1%	1,9%	1,75	1,8%	21,7%	2,9%	0,0%	NC	NC
G2	866,1071429	3,8%	10,0%	21,6%	2,6%	2,7%	1,73	1,7%	21,6%	2,8%	0,0%	NC	NC
G3	699,5333333	4,8%	9,8%	19,8%	3,2%	3,4%	1,49	0,9%	24,5%	3,3%	0,0%	NC	NC
G4	580,3934426	7,2%	8,1%	22,9%	5,0%	3,4%	1,42	0,8%	23,9%	3,1%	0,0%	NC	NC
H1	52,48076923	10,4%	7,1%	23,4%	4,4%	5,6%	1,48	0,0%	25,0%	2,5%	0,0%	NC	NC
H2	41,73469388	10,2%	8,9%	22,6%	2,3%	3,1%	1,67	3,1%	31,0%	3,0%	0,0%	NC	NC
H3	35,02	8,3%	4,6%	23,4%	1,4%	6,4%	1,78	0,0%	30,7%	4,1%	0,0%	NC	NC
H4	69,13461538	5,5%	5,3%	13,1%	1,3%	2,3%	1,64	2,0%	32,0%	3,8%	0,0%	C	NC

4/ explication des décisions de l'algorithme

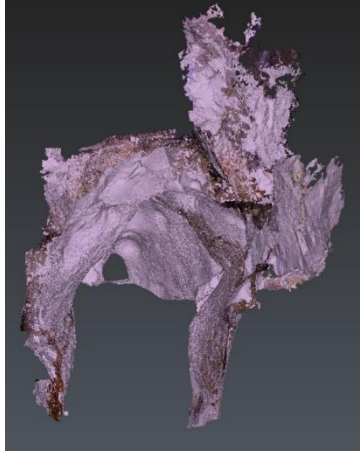
Feature ranking

1. feature % éclats corticaux (0.362637)
2. feature % traces carnivore (0.232044)
3. feature % outils multiples (0.219555)
4. feature CO complète SCH9 (0.121895)
5. feature MP locale % (0.053803)
6. feature MP in situ % (0.006419)
7. feature Richesse spécifique (0.003072)
8. feature % éclats de ravaillage (0.000481)
9. feature densité d'objets par surface fouillée (m2) (0.000078)
10. feature % éclats de retouche (0.00013)
11. feature % outils réutilisés (0.00002)
12. feature % connexion anatomique (0.000000)
13. feature % ébréchures (0.000000)
14. feature % Manuports (0.000000)
15. feature NR lithique / (NR lithique+faune) (0.000000)
16. feature % traces anthropiques (0.000000)
17. feature % IFO (Indice de fragmentation osseuse) (0.000000)
18. feature MP semi-locale % (0.000000)
19. feature MP éloignée % (0.000000)
20. feature CO complète QL9 (0.000000)
21. feature % Percuteurs (0.000000)
22. feature Indice de diversité (Shannon H) (0.000000)
23. feature NR Carnivores/NR Herbivores (0.000000)
24. feature CO complète SJ (0.000000)
25. feature % Pierres retouchées/Total Pierres (0.000000)
26. feature NR Herbivores (0.000000)



Plus que la prédiction elle-même c'est l'explication des décisions de l'algorithme qui constitue un vrai résultat !

Le modèle 3D de la grotte et de la vallée de Tautavel



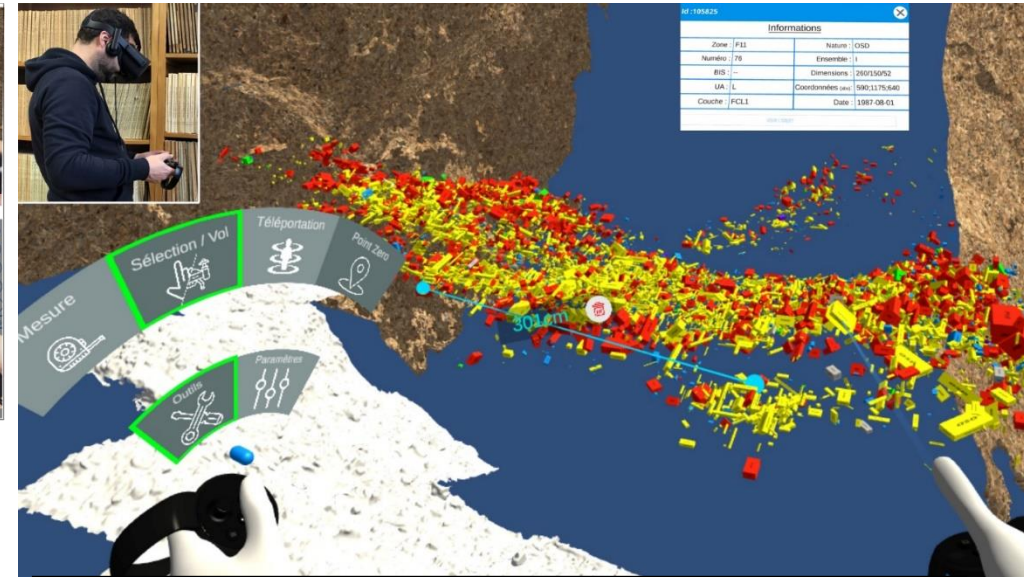
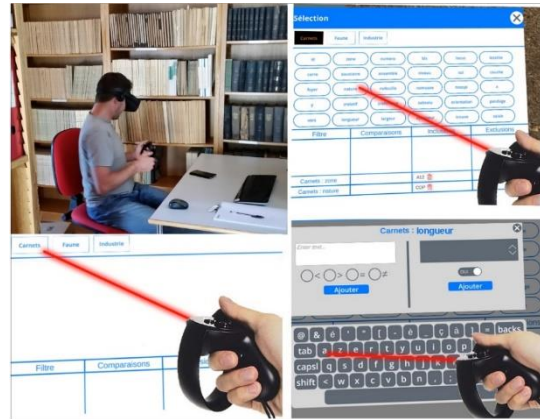
Deux zones immersives indépendantes reconstituées grâce aux données de recherche :

1 – **Grotte** : modèle 3D haute résolution et projection des objets en volume, par couleur selon leur nature (multiples choix possibles)

2 – **Vallée** : topographie IGN maille fine

+ plaquage paysages procéduraux dynamiques (Unity 3D)

- Géologie
- Flore
- Faune



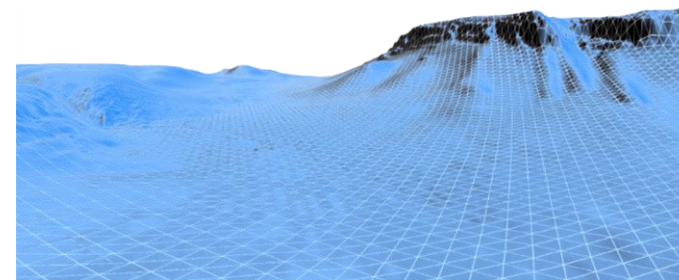
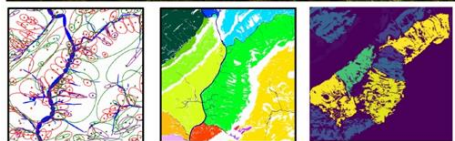
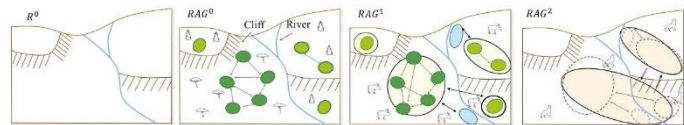
-Interrogation intuitive et rapide de la BDD SQL sur interface virtuelle

-Immersion au milieu du sol d'habitat.
- Affichage du matériel archéologique, par UA, nature, mat. 1ere....
-Affichage des modèles 3 D d'objets (biface)

-Accès facilité aux données de chaque objet (entre 30 et 300 attributs descriptifs). -Outils de mesure de distances, -pose de repères stratigraphiques...

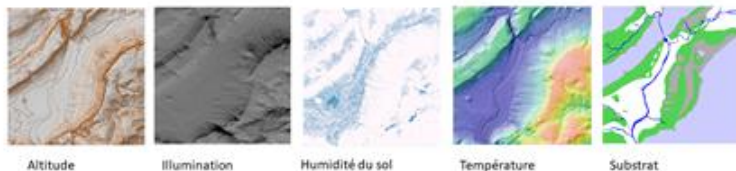
Le modèle 3D de la vallée de Tautavel

Resource Access Graph

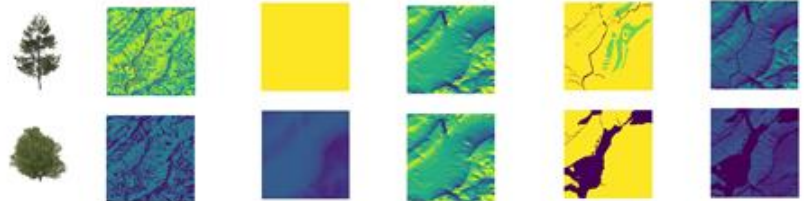


Instanciation sur fond topo IGN 3D sur 24 km²

Calcul des conditions environnementales

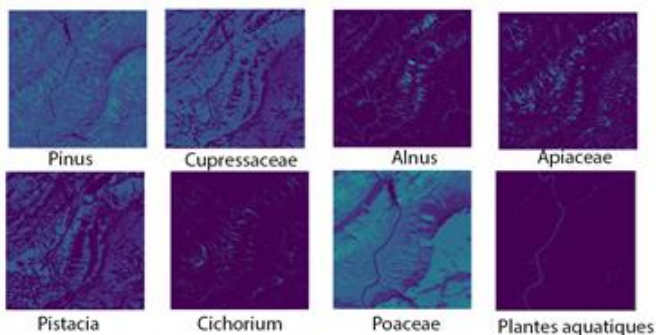


Calcul des viabilités locales (survie vs critères climatiques)

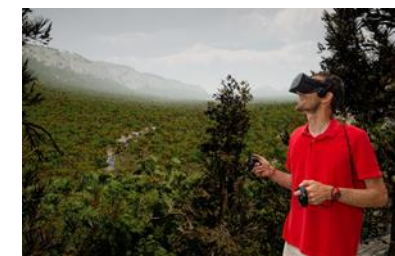


Principe de reconstitution de la vallée par calcul de carte de densité de faune et flore

Calcul pour les espèces sélectionnées



Reconstitution du paysage UA L, MIS 14, 500 ky



Immersion des utilisateurs

IA

Machine Learning

Méthodes exogène

- Résultats robustes sur les paléoenvironnements
- Constitution de BDD externes

- Application à Pinanggul (Corée du sud)
et à l'Abric Romani (Espagne)

Méthode endogène

Résultats d'explicabilité permettant de valider des hypothèses mais aussi d'identifier le poids des variables archéologiques dans la caractérisation de la fonction de site, des activités, durée d'occupation, gestion du territoire...

Constitution de BDD référentielles sur sites archéo + ethno

Immersion 3D

Grotte 3D

Permet une visualisation 3D de tout le matériel archéologique du site, l'interrogation de la BDD temps réel, un accès facilité à l'information archéologique et l'observation des UA, pour étudier leur organisation, les relations entre objets...

Vallée 3D

Permet une visualisation du paysage et de la répartition des espèces animales sur le territoire en fonction des données archéostratigraphiques, des déplacements temps réel, des calculs de durée de déplacement....
Immersion en tant que « chercheur incarné »

Perspectives :

ANR

PALEOMOB

Immersion en tant que « chercheur observateur »
Transfert du système sur 20 sites paléo + autres dével.