

Résultats du projet EVABIO : mesures et compréhension de l'impact de jeux ludo-éducatifs à thématiques environnementales

Emmanuel Dubois, Stefano Farolfi, 25 janvier 2024

Personnes impliquées dans le projet EVABIO

- Aurélie Binot (MSH-SUD, CIRAD Astre)
- Jean thierry Winstel (Dirig. Fond. Bioviva)
- Daniel Priolo (UPV, Epsilon)
- Marine Buon (UPV, Epsilon)
- Patrick Rateau (UPV, Epsilon)
- Chloé Galli (UPV, Epsilon)
- Stefano Farolfi (CIRAD, G-EAU)
- Sébastien Roussel (CEE-M, Epsilon)
- Lisette Ibanez (INRAE, CEE-M)
- Emmanuel Dubois (CNRS, MSH-SUD)
- François Dulac (CEA, LSCE)
- Christophe Le Page (CIRAD, SENS)
- Sylvain Dernas (INRAE, Territoires)
- François Johany (INRAE, Territoires)
- Michael Rambeau (Equipe développement, Bioviva)
- Emeline Lebouteiller (Equipe développement, Bioviva)
- Igor Davin (Equipe développement, Bioviva)
- Caroline Bouchard (Étudiante, UPV)
- Léa Sanchez (Étudiante, UPV)
- Emma Hocquaux (Étudiante, Université Lyon 2)
- Inas Aoudia (Étudiante, Institut Agro Montpellier)

Question de recherche

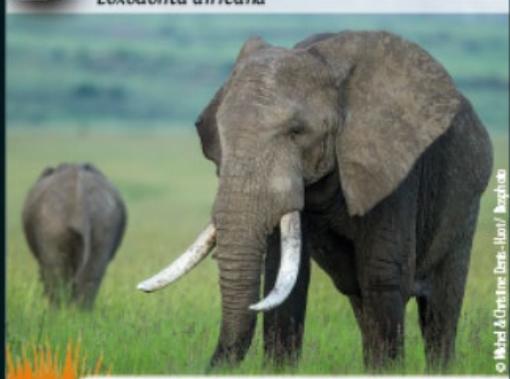
- Enjeu : mesurer et comprendre les effets de sensibilisation à l'environnement produits par des jeux ludo-éducatifs de type jeux de société grand-public.
- Entrée psychologie sociale environnementale : attitudes, représentations sociales ; et économie expérimentale : comportements pro-environnementaux
- Question de recherche (1/2) : la mobilisation d'outils de mesures des attitudes, des représentations, et des comportements, empruntés à la psychologie et à l'économie est-elle pertinente pour mesurer des effets de sensibilisation à l'environnement de jeux de sociétés grand public ?
- Ouverture de la « boîte noire » des jeux :
 - Mesure des attitudes implicites
 - Analyse des interactions
 - Mesure de l'acquisition de connaissances
 - Ratio de victoires
- Question de recherche (2/2) : la mobilisation d'outils de mesures supplémentaires dans les protocoles d'évaluation est-elle pertinente pour apporter des connaissances sur les causes des changements observés ? Le choix des facteurs explicatifs mis à l'épreuve est-il pertinent ?

Jeux Bioviva

Défis nature



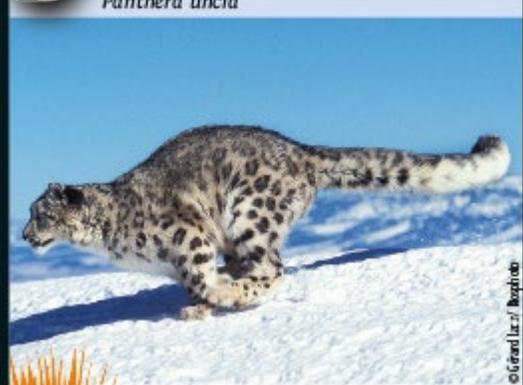
 **Éléphant d'Afrique**
Loxodonta africana



Poids : 5 000 kg
Longueur : 600 cm
Longévité : 65 ans
Gestation ou Incubation : 660 jours

Aussi lourd que six voitures, l'éléphant d'Afrique est le plus gros animal terrestre. C'est aussi l'animal ayant les plus grandes oreilles : elles peuvent mesurer près de 2 m² ! Elles sont parcourues de très nombreux vaisseaux sanguins. En les secouant, il refroidit son sang et régule ainsi la température de son corps, ce qui est très utile pour supporter la chaleur de la savane.

 **Panthère des neiges**
Panthera uncia



Poids : 45 kg
Longueur : 130 cm
Longévité : 12 ans
Gestation ou Incubation : 96 jours

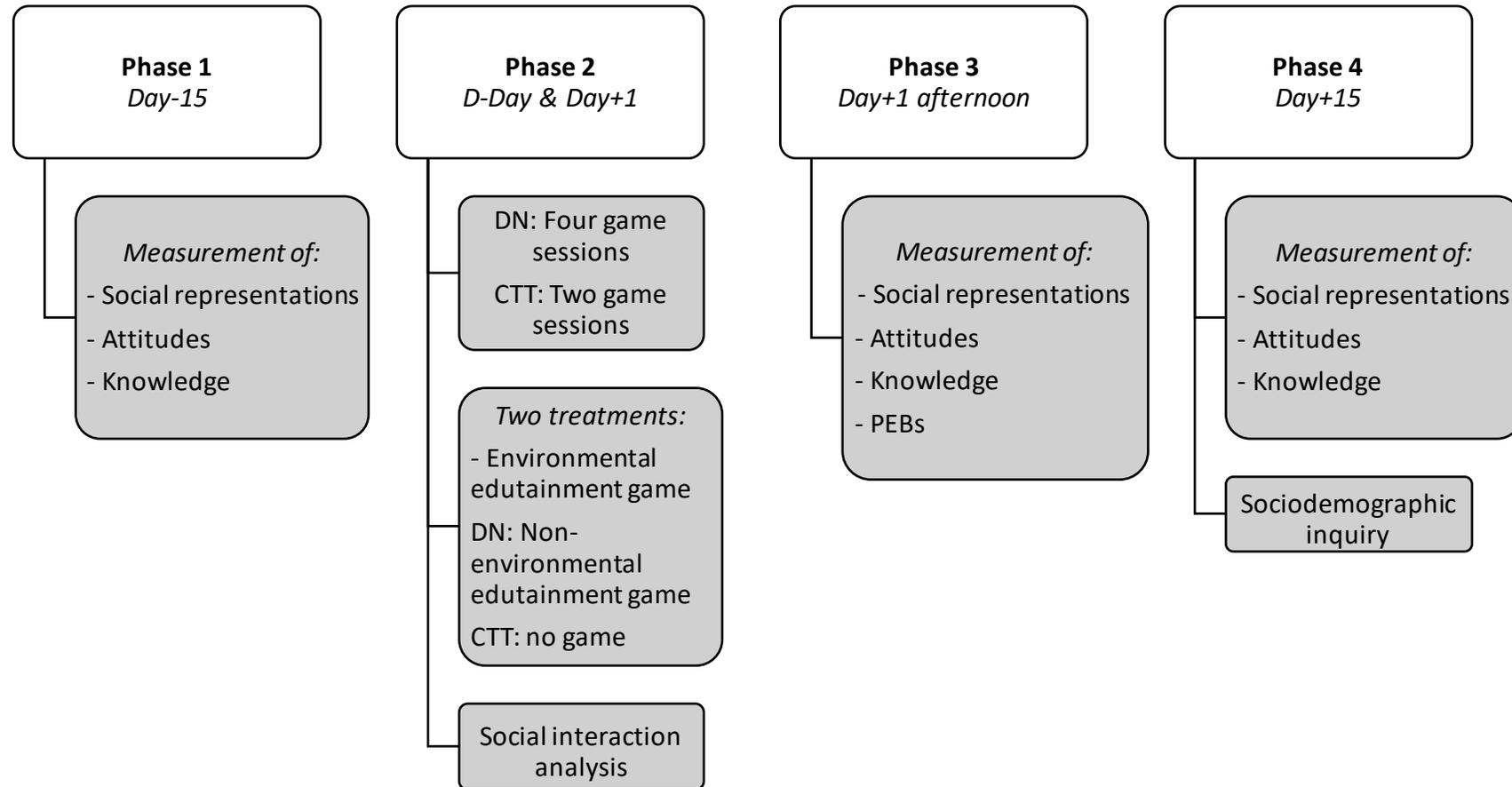
Perché à 5 000 mètres d'altitude dans les montagnes d'Asie centrale et de Sibérie, ce félin est un véritable athlète. Pour arpenter les pentes escarpées parcourues de crevasses, il est bien équipé. Avec ses grandes et puissantes pattes arrière, il se propulse au-dessus des précipices pour attraper ses proies. Il est ainsi capable d'effectuer des sauts de plus de 15 mètres de long !

Jeux Bioviva

Climat tic-tac



Protocoles expérimentaux



Défis Nature : échantillon

- 7 écoles : Assas, Prades-le-Lez, Fabrègues, Simon Bolivar (Montpellier), Julie Daubié (Montpellier), March Bloch (Montpellier), Alain Savary (Montpellier)
- Échantillon :

	Phase 1	Phase 3	Phase 4
Groupe expérimental	141	117	111
Groupe Contrôle	124	121	113

- Sélection des participants : phase 1 & phase 3
- Échantillon analysé :

Groupe expérimental	110
Groupe contrôle	116

Climat Tic-Tac : échantillon

- 5 lycées : Sérignan, Clermont-Ferrand, Saint Clément de Rivière, Agde, Frédéric Bazille (Montpellier)

- Échantillon :

	Phase 1	Phase 3	Phase 4
Groupe expérimental	196	179	170
Groupe Contrôle	113	92	71

- Sélection des participants : phase 1 & phase 3

- Échantillon analysé :

Groupe expérimental	165
Groupe contrôle	87

Attitudes explicites

Attitude : tendance psychologique exprimée en évaluant une entité particulière avec un degré favorable ou défavorable (Eagly & Chaiken, 1993)

Attitude explicite : jugement à propos d'un objet, fondé sur un raisonnement propositionnel (Gawronski & Bodenhausen, 2006).

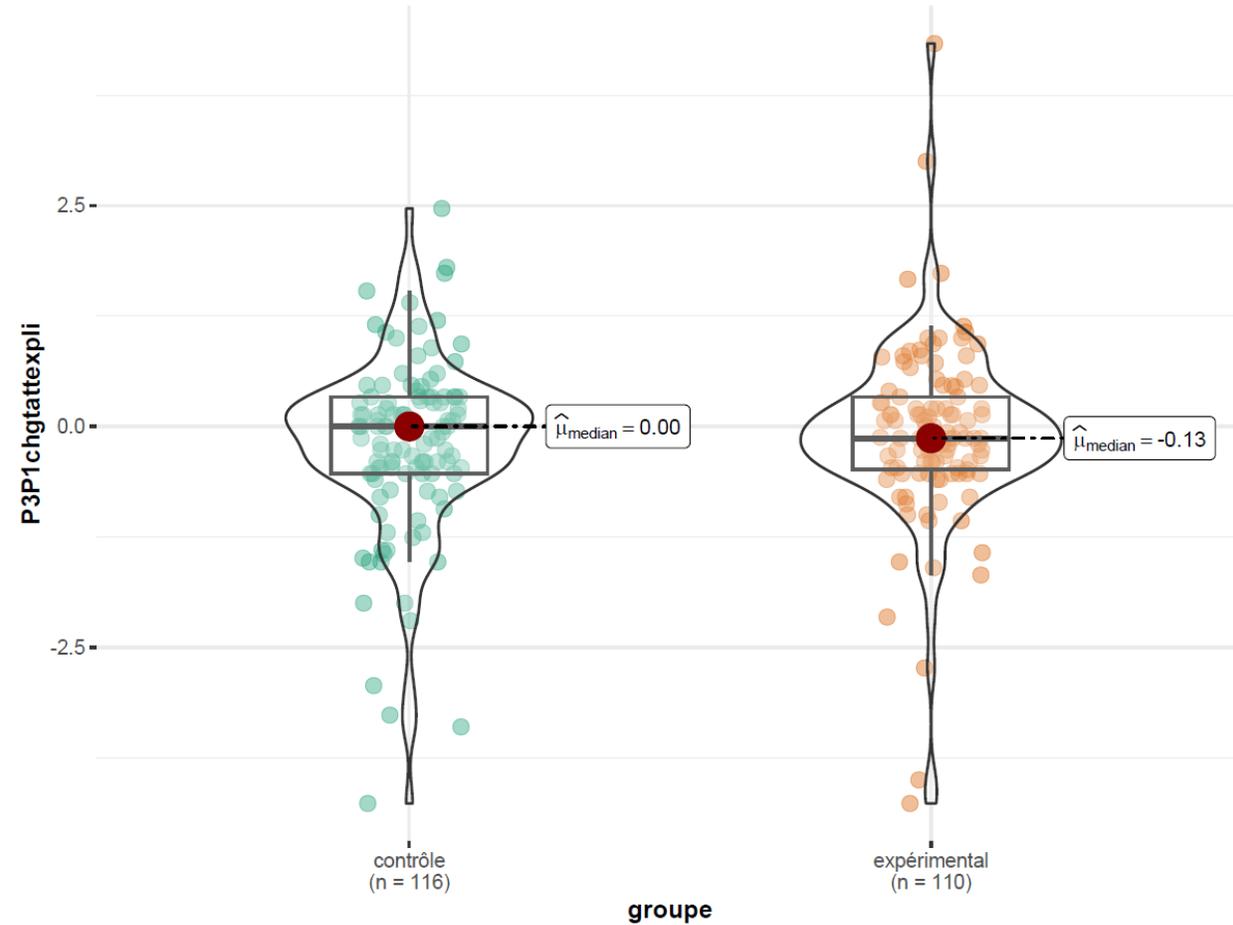
- **Méthode** : Echelles d'attitudes environnementales
 - Défis Nature : Children Environmental Perception Scale (Larson & al., 2011)
 - E.g. : « Ma vie serait différente s'il n'y avait pas de plantes ni d'animaux. »
 - Climat Tic-Tac : Climate Change Attitude Survey (Christensen & Knezek, 2015)
 - E.g. : « Je pense qu'il existe des preuves que le climat change dans le monde. »
- **Mesure** : Score aux échelles de Likert.
- **Hypothèse** : les participants du groupe expérimental ont un score plus élevé après avoir joué.

Attitudes explicites : résultats Défis Nature

Mann-Whitney

Changement d'attitudes / Groupe

$W_{\text{Mann-Whitney}} = 6110.00$, $p = 0.58$, $\hat{\rho}_{\text{biserial}}^{\text{rank}} = -0.04$, $CI_{95\%} [-0.19, 0.11]$, $n_{\text{obs}} = 226$

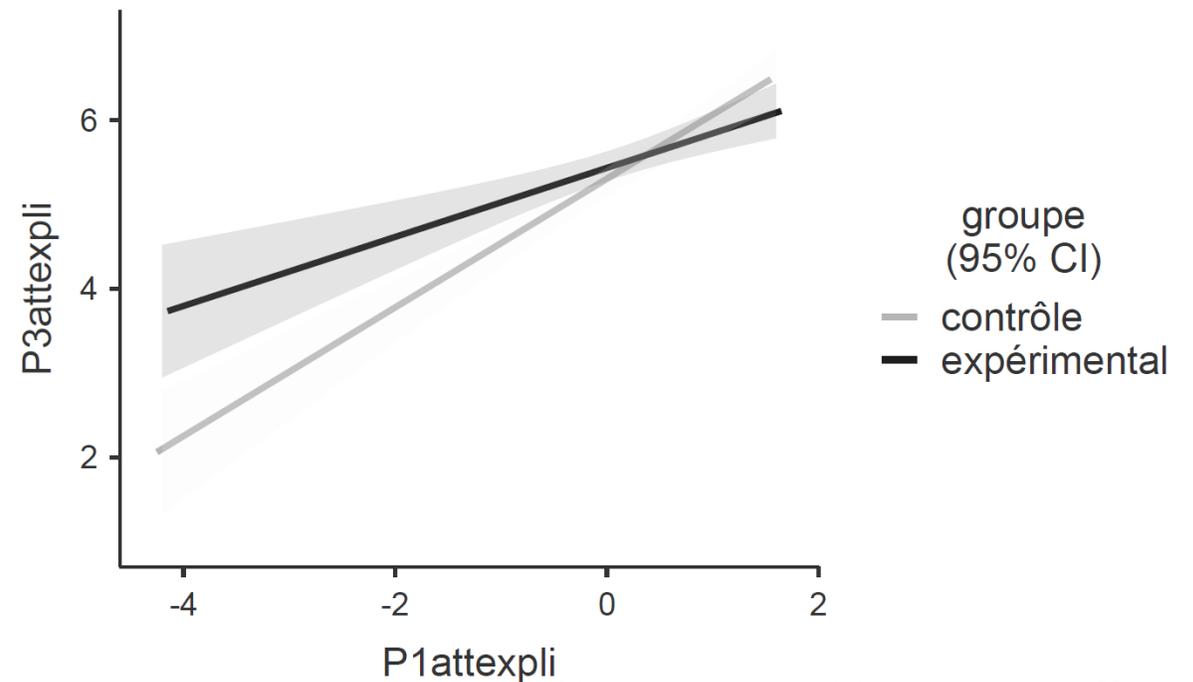


Régression linéaire robuste

Standard errors: Robust, type = HC3

	Est.	S.E.	t val.	p
(Intercept)	5.26	0.09	57.78	0.00
Plattexpli_c	0.76	0.09	8.03	0.00
groupe_c	0.19	0.13	1.50	0.13
Plattexpli_c:groupe_c	-0.35	0.17	-2.07	0.04

Continuous predictors are mean-centered.



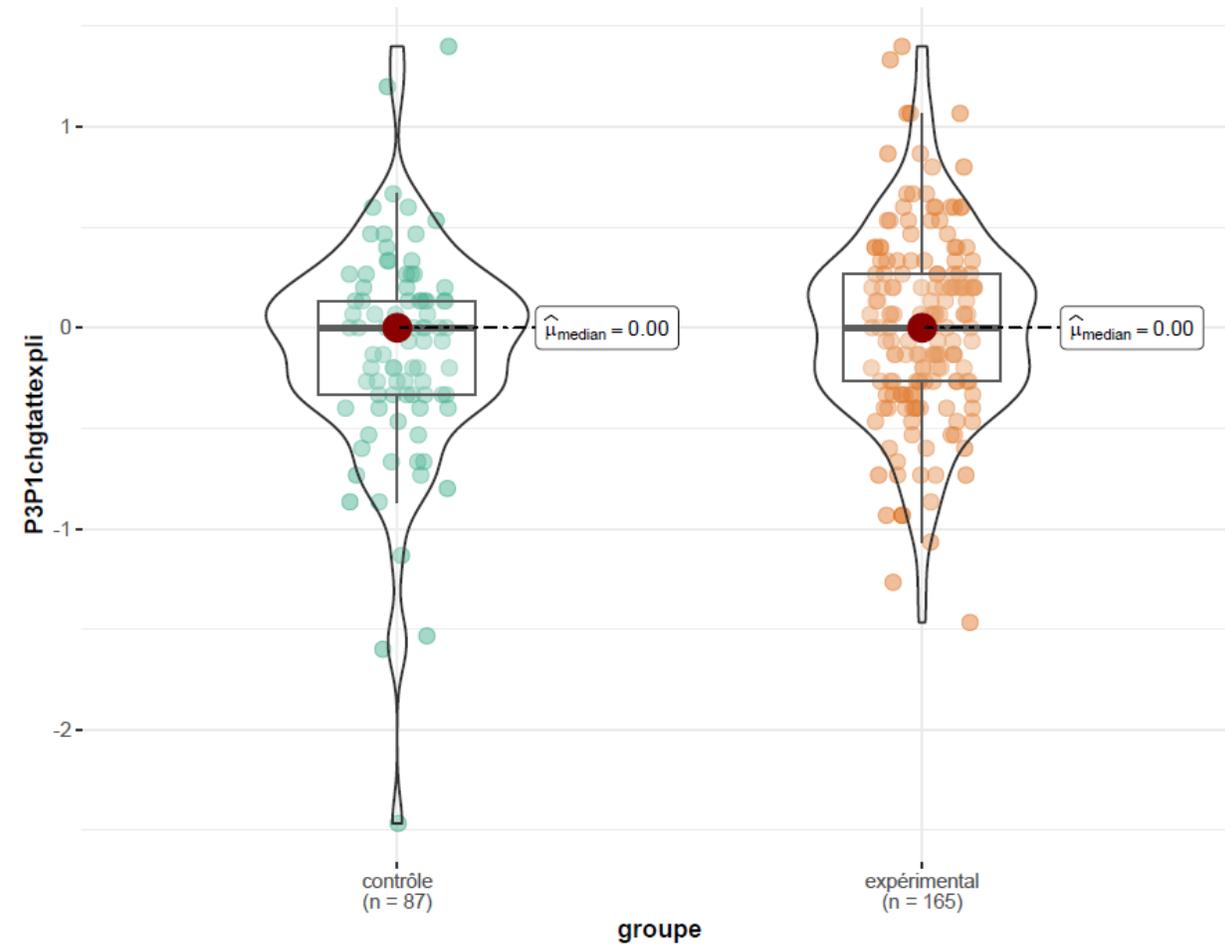
➔ Le groupe expérimental est moins influencé par l'attitude initiale que le groupe contrôle, le jeu semble avoir un effet.

Attitudes explicites : résultats Climat Tic-Tac

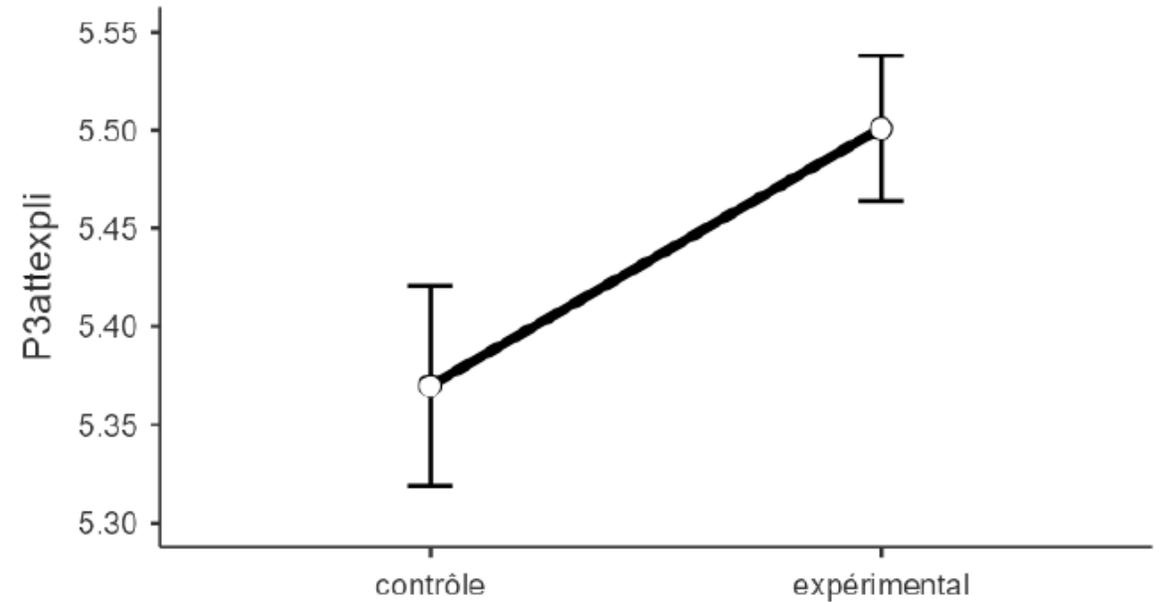
Mann-Whitney

Changement d'attitudes / Groupe

$W_{\text{Mann-Whitney}} = 6251.50$, $p = 0.09$, $\hat{r}_{\text{biserial}}^{\text{rank}} = -0.13$, $CI_{95\%} [-0.27, 0.02]$, $n_{\text{obs}} = 252$



ANCOVA



➔ Après avoir joué, le groupe expérimental est plus favorable explicitement à la nature que le groupe contrôle.

Attitudes implicites

Attitude implicite : réaction affective automatique qui résulte d'associations (en mémoire) activées automatiquement lorsqu'un individu se retrouve face à un stimulus pertinent (Gawronski & Bodenhausen, 2006)

- **Méthode** : STIAT (Bluemke & Friese, 2008) → Variante de l'IAT (Greenwald & al., 1998)
- **Mesure** : temps de réaction.
- **Hypothèse** : les participants du groupe expérimental sont plus rapides pour traiter les essais congruents et plus lents pour traiter les essais incongruents après avoir joué.
- Lien pour faire des tests en ligne : <https://implicit.harvard.edu/implicit/france/>

Appuyez sur la touche "E" pour

Mauvais

Appuyez sur la touche "I" pour

Bon

ou

Causes du changement climatique

Mal

Si vous faites une erreur, une croix rouge **X** va apparaître. Appuyez sur l'autre touche pour continuer.

Appuyez sur la touche "E" pour

Mauvais

Appuyez sur la touche "I" pour

Bon

OU

Causes du changement climatique



Si vous faites une erreur, une croix rouge **X** va apparaître. Appuyez sur l'autre touche pour continuer.

Appuyez sur la touche "E" pour

Mauvais

Appuyez sur la touche "I" pour

Bon

ou

Causes du changement climatique



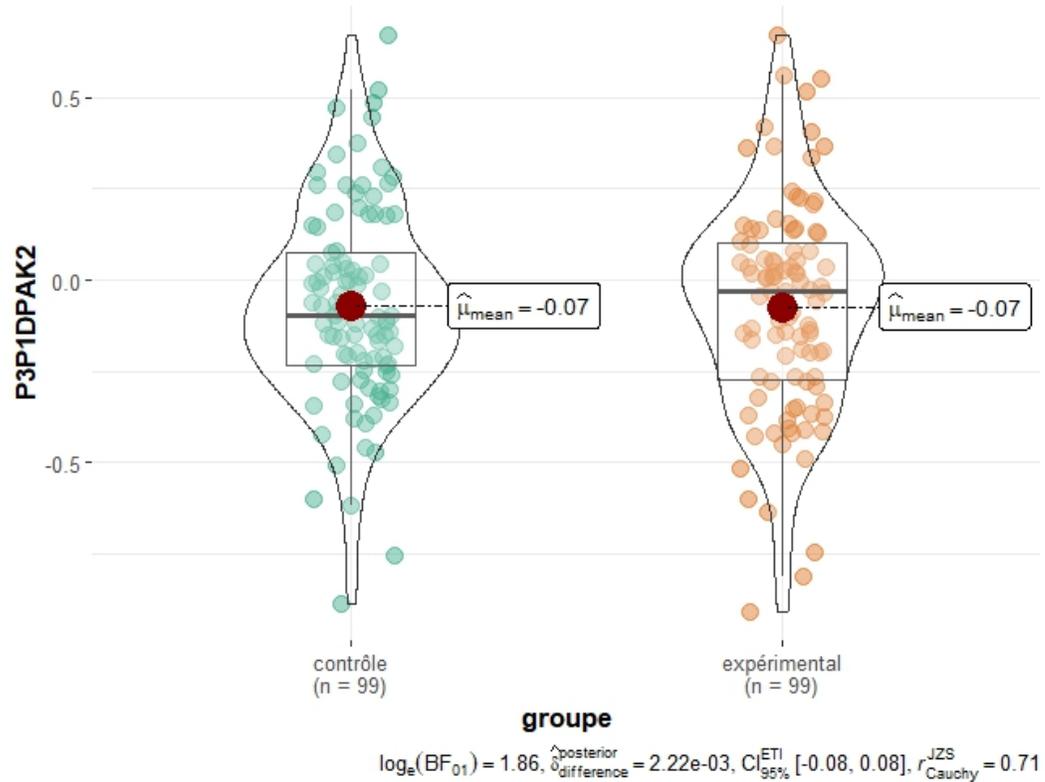
Si vous faites une erreur, une croix rouge **X** va apparaître. Appuyez sur l'autre touche pour continuer.

Attitudes implicites : résultats Défis Nature

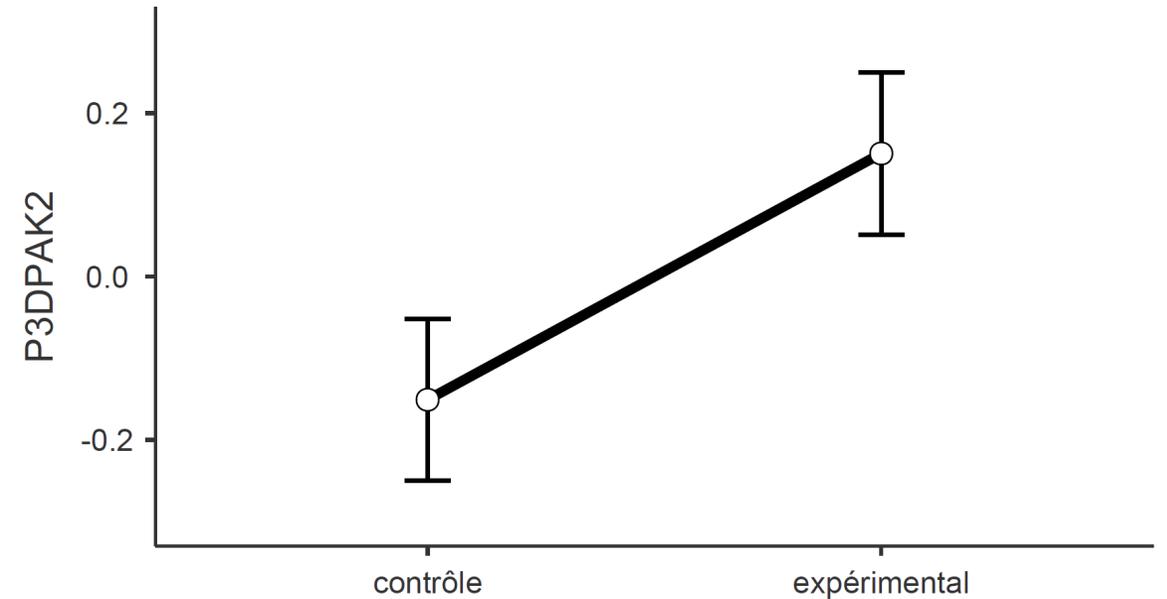
t de Welch

Changement d'attitude implicite en fonction du groupe

$t_{\text{Welch}}(194.94) = 0.07, p = 0.95, \hat{g}_{\text{Hedges}} = 9.55\text{e-}03, \text{CI}_{95\%} [-0.27, 0.29], n_{\text{obs}} = 198$



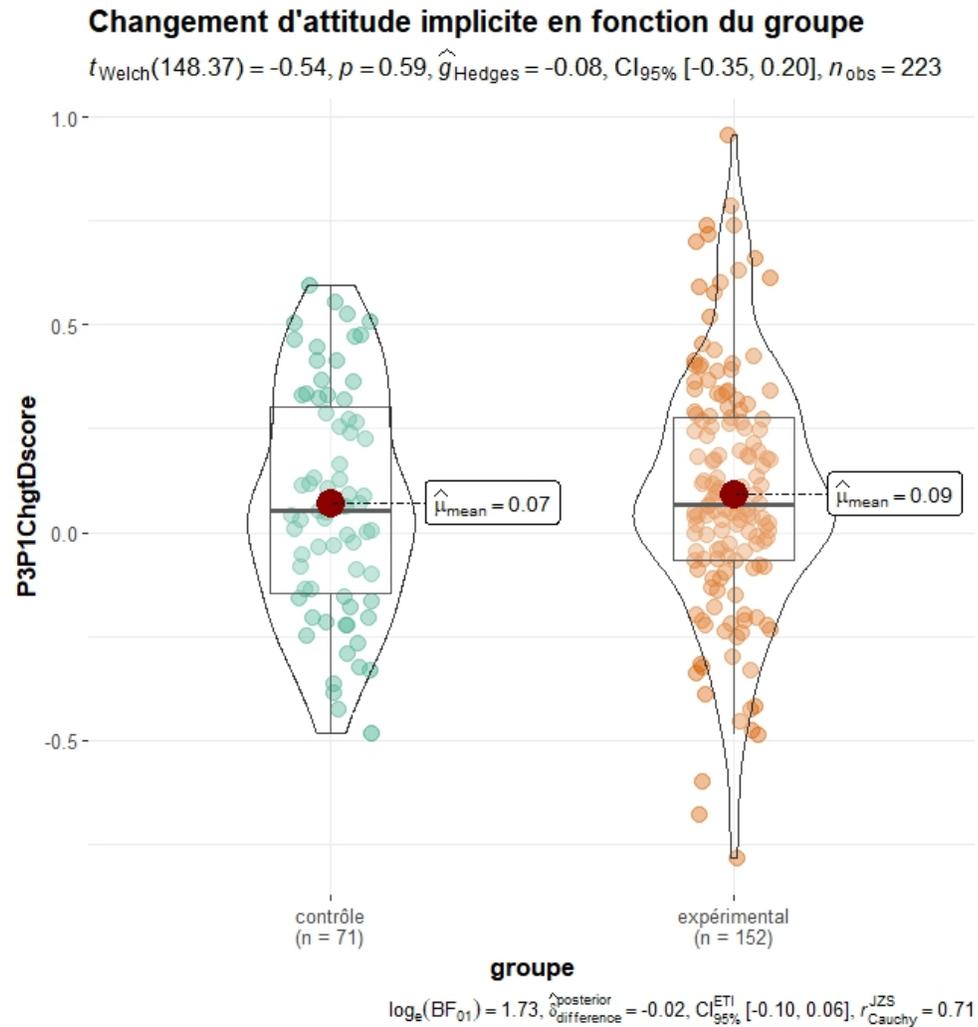
ANCOVA



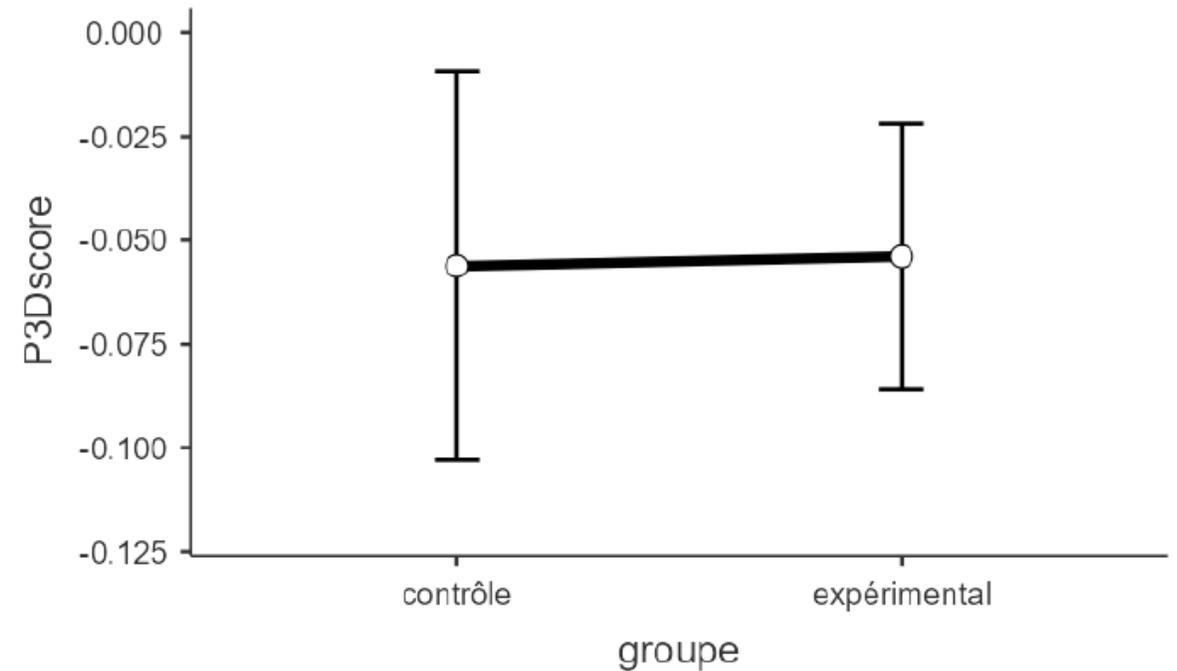
➔ Après avoir joué, le groupe expérimental est plus favorable implicitement à la nature que le groupe contrôle.

Attitudes implicites : résultats Climat Tic-Tac

t de Welch



ANCOVA



➔ Les résultats suggèrent une absence d'impact du jeu sur les attitudes implicites.

Attitudes : conclusion

Les analyses suggèrent que le jeu Défis Nature, Records des Animaux a un impact :
léger sur les attitudes explicites
significatif sur les attitudes implicites

Les analyses suggèrent que le jeu Climat Tic-Tac a un impact :
Significatif sur les attitudes explicites
Inexistant sur les attitudes implicites

Acquisition de connaissances

- **Méthode** : questionnaire de connaissances (éléments inclus dans les jeux).
- **Mesure** : score au questionnaire de connaissances.
- **Hypothèse** : l'acquisition de connaissances liées à l'environnement favorise la sensibilisation.

Questionnaire de connaissances Défis Nature

1/ Parmi les animaux ci-dessous, cochez celui ou ceux qui ont une espérance de vie de plus de 40 ans :

Dauphin bleu et blanc / Dromadaire / Girafe réticulée / Eléphant d'Afrique / Guépard d'Afrique de l'est

2/ Parmi les animaux ci-dessous, cochez celui ou ceux qui ont une longueur moyenne de plus d'1 mètre 50 :

Tortue géante des Seychelles / Pélican à lunettes / Chamois / Salamandre géante de Chine / Cobra cracheur du Mozambique

3/ Parmi les animaux ci-dessous, cochez celui ou ceux qui appartiennent à des espèces menacées, en voie de disparition :

Dromadaire / Baleine bleue / Python réticulé / Eléphant D'Afrique / Tortue géante des Seychelles

4/ Reliez chaque animal à la famille d'animaux à laquelle il appartient (par exemple, la Ménure superbe est un oiseau).

Atlas

Atèle à mains noires

Ombrette d'Afrique

Kitti à nez de porc

Labre nettoyeur commun

Poisson

Oiseau

Chauve-souris

Singe

Papillon

5/ Reliez chaque animal à son propre record

Autruche Masaï

Espadon voilier

Baleine à bosse

Grand cachalot

Baleine bleue

Plus grand et plus lourd animal de la planète

Pond les plus gros œufs du monde

Émet les sons les plus forts

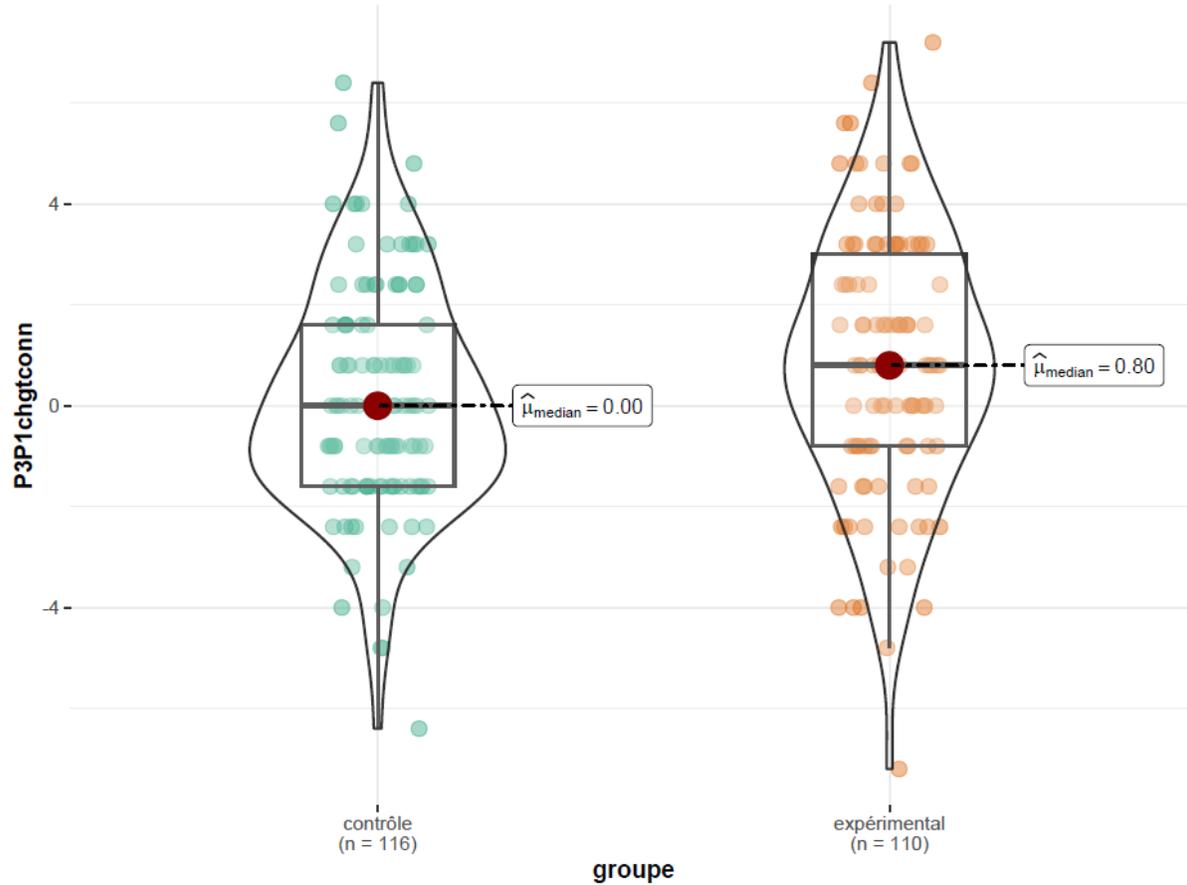
Peut atteindre les 110 km/h

Peut parcourir plus de 10 000km pendant les migrations

Acquisition de connaissances : Défis Nature

Acquisition de connaissances / Groupe

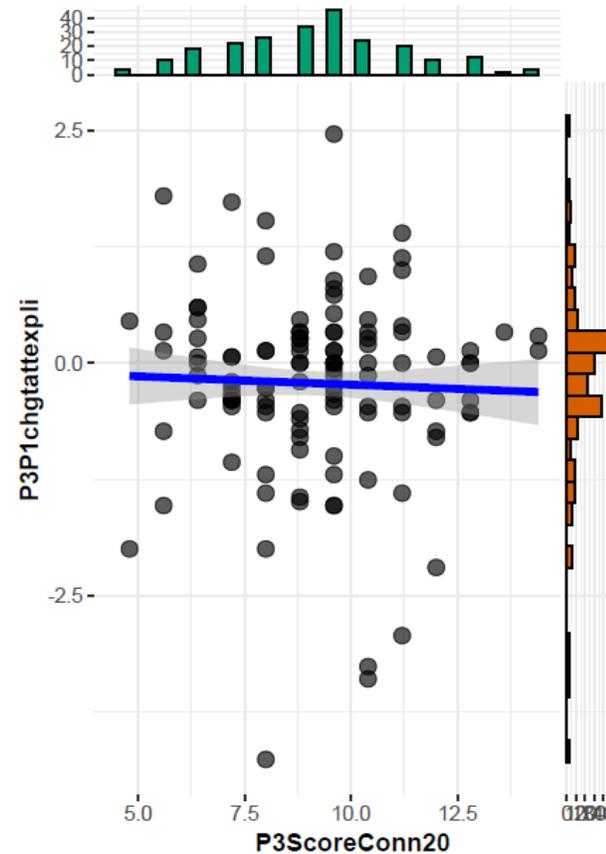
$W_{\text{Mann-Whitney}} = 5188.50$, $p = 0.01$, $\hat{r}_{\text{biserial}}^{\text{rank}} = -0.19$, $CI_{95\%} [-0.33, -0.04]$, $n_{\text{obs}} = 226$



Corrélation changement d'attitude / connaissance P3

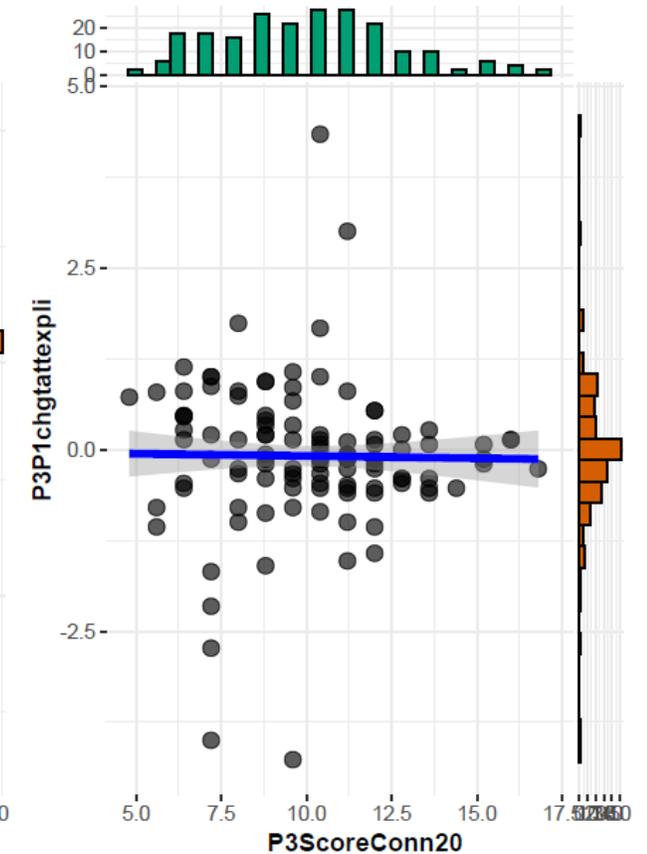
contrôle

$S = 2.14e+06$, $p = 0.64$, $\hat{\rho}_{\text{Spearman}} = -0.03$, $CI_{95\%}$



expérimental

$S = 2.06e+06$, $p = 0.02$, $\hat{\rho}_{\text{Spearman}} = -0.16$, $CI_{95\%}$



Questionnaire de connaissances Climat Tic-Tac

1/ Le sigle PPM correspond à une unité de mesure pour quantifier la concentration de gaz en traces dans l'air, comme le CO₂ (dioxyde de carbone). Mais que signifient les lettres « P », « P » et « M » ?

Pollution Pool Measurement (mesure du réservoir de pollution) / Partie Par Million / Pollution Par M³ / Proportion de Pollution Mesurée / Protocarbonic Particle Measure (mesure des particules protocarboniques)

2/ Cochez les phénomènes aggravant l'ampleur du réchauffement climatique

La hausse du niveau de la mer / L'augmentation de la population mondiale / La déforestation / Le pompage excessif des nappes phréatiques / L'augmentation de la force des tempêtes

3/ L'augmentation de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère a une conséquence directe sur ? (Une seule bonne réponse)

L'augmentation des températures / La montée du niveau de la mer / La fonte des glaciers / La sécheresse / La fréquence des précipitations

4/ Cochez les actions qui ont un effet de limiter l'augmentation de concentration de CO₂ dans l'atmosphère

Cultiver des nouvelles variétés de plantes plus résistantes à la sécheresse / développer des systèmes pour faire des économies d'eau / Augmenter les prix des énergies fossiles / Modifier les méthodes de culture pour permettre aux sols de stocker plus de carbone / Privilégier les visioconférences par rapport aux déplacements

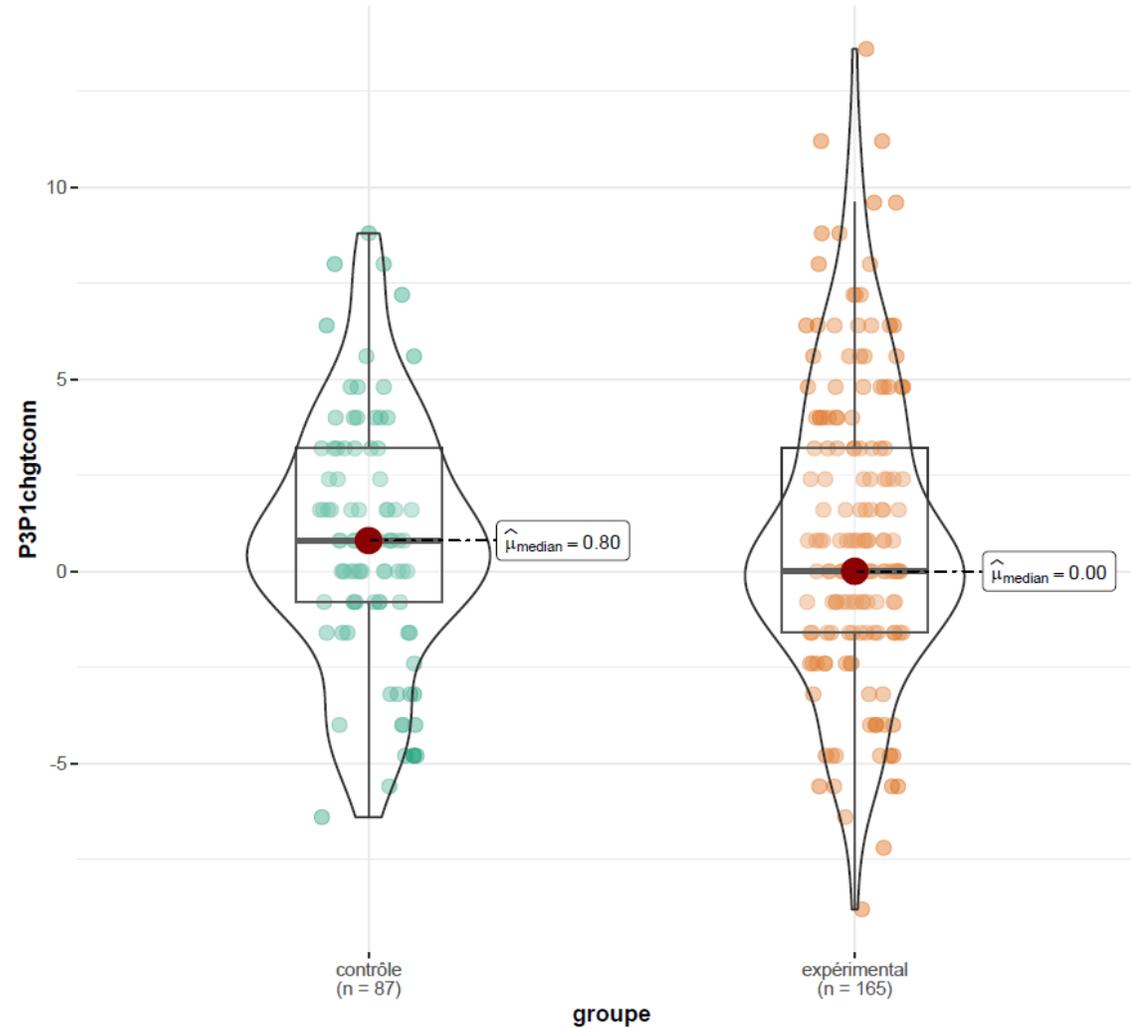
5/ D'après les scientifiques, laquelle de ces solutions est la plus efficace pour lutter contre le dérèglement climatique ? (Une seule bonne réponse)

Concentrer toutes nos actions sur la limitation d'émissions de gaz à effet de serre / Les actions seront dans tous les cas très peu efficaces car nous avons passé un point de non-retour / Coordonner les actions de lutte à l'échelle de la planète / Le problème du dérèglement climatique va se résorber par des innovations technologiques / Chacun doit faire sa part de son côté

Acquisition de connaissances : Climat Tic-Tac

Acquisition de connaissances / Groupe

$W_{\text{Mann-Whitney}} = 7134.50$, $p = 0.94$, $\hat{\rho}_{\text{biserial}}^{\text{rank}} = -5.99\text{e-}03$, $\text{CI}_{95\%} [-0.15, 0.14]$, $n_{\text{obs}} = 252$



Interactions Sociales

Hypothèses :

- Défis Nature et Climat Tic-Tac provoquent, en sessions, des interactions verbales entre joueurs au sujet de la nature ou du changement climatique.

- Les interactions verbales au sujet de la nature ou du changement climatique favorisent la sensibilisation.

Échantillon :

Défis Nature : 3 groupes de 3 participants (4 parties)

Climat Tic-Tac : 5 groupes de 3 participants (2 parties)

AGEB								
session	objet	sujet	joueur 1	joueur 2	joueur 3	temps début	temps fin	temps total
1	HS		1	2		00:00:00	00:00:20	00:00:20
1	JEU	ils jouent	1		3	00:00:20	00:00:46	00:00:26
1	JEU	règles	1	2	3	00:00:46	00:02:16	00:01:30
1	JEU	ils jouent			3	00:02:16	00:02:22	00:00:06
1	JEU	but du jeu	1		3	00:02:22	00:02:29	00:00:07
1	JEU	plateau	1		3	00:02:29	00:02:38	00:00:09
1	JEU	ils jouent	1		3	00:02:38	00:02:45	00:00:07
1	JEU	but du jeu	1	2		00:02:45	00:02:52	00:00:07
1	JEU	règles	1	2	3	00:02:52	00:03:11	00:00:19
1	HS	"il est quelle	1	2		00:03:11	00:03:30	00:00:19
1	AUTRES	création de j	1	2	3	00:03:37	00:04:10	00:00:33
1	HS	autre jeu	1	2	3	00:04:10	00:04:26	00:00:16
1	JEU	règles	1	2	3	00:04:26	00:04:43	00:00:17
1	HS	cours de spo	1	2	3	00:05:03	00:05:33	00:00:30
1	JEU	ils jouent			3	00:05:49	00:06:02	00:00:13
1	JEU	règles	1		3	00:06:09	00:06:15	00:00:06
1	JEU	ils jouent	1		3	00:06:19	00:06:21	00:00:02
1	JEU	règles	1			00:06:22	00:06:23	00:00:01
1	JEU	règles	1	2	3	00:06:38	00:06:58	00:00:20
1	JEU	ils jouent	1		3	00:07:02	00:07:12	00:00:10
1	JEU	règles			3	00:07:20	00:08:11	00:00:51
1	JEU	règles		2	3	00:08:12	00:08:28	00:00:16
1	GEO	nom de ville	1	2	3	00:08:29	00:08:39	00:00:10
1	JEU	plateau		2	3	00:08:40	00:08:47	00:00:07
1	JEU	ils jouent	1			00:08:51	00:08:54	00:00:03
1	JEU	règles	1	2	3	00:09:03	00:09:11	00:00:08
1	JEU	ils jouent	1	2	3	00:09:12	00:09:56	00:00:44
1	JEU	règles	1	2	3	00:09:56	00:10:20	00:00:24
1	JEU	ils jouent	1	2	3	00:10:20	00:10:28	00:00:08
1	JEU	règles	1	2		00:10:28	00:10:44	00:00:16
1	JEU	ils jouent	1	2	3	00:10:44	00:11:39	00:00:55
1	SITUATION	caméra	1	2	3	00:11:39	00:11:49	00:00:10
1	JEU	ils jouent	1	2	3	00:11:49	00:12:38	00:00:49
1	JEU	règles	1	2	3	00:12:38	00:13:18	00:00:40
1	SITUATION	attente		2	3	00:13:43	00:13:52	00:00:09
1	JEU	règles	1	2	3	00:14:28	00:14:56	00:00:28

Interactions verbales dans Défis Nature

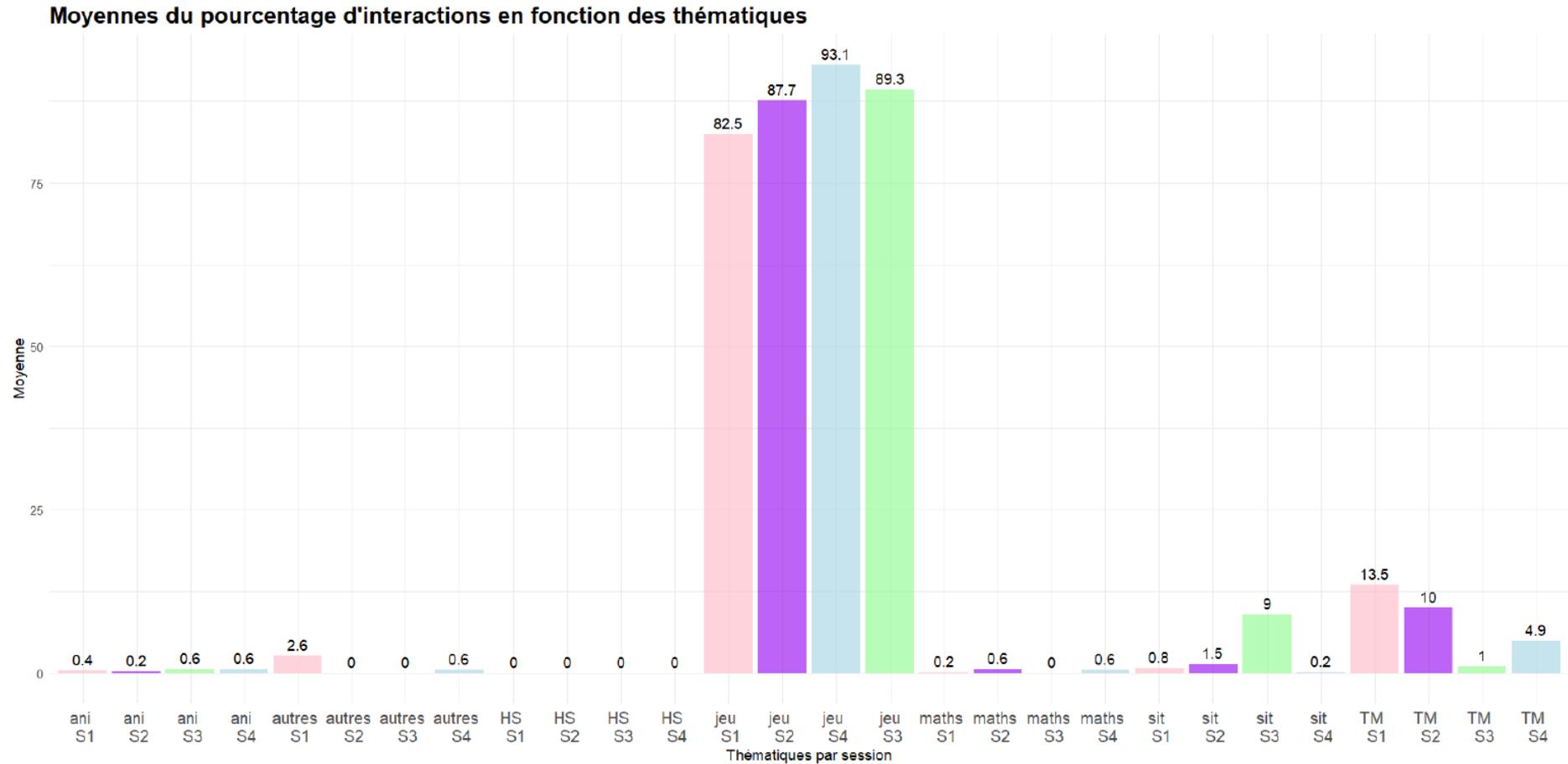


Fig.3 : S1 = session 1 ; S2 = session 2 ; S3 = session 3 ; S4 = session 4 ; Ani = animaux ; HS = hors sujet ; maths = compétences arithmétiques ; sit = situation ; TM = temps mort (pas d'interactions).

Source : Hocquaux 2023

Interactions verbales sur la catégorie « jeu » dans Défis Nature

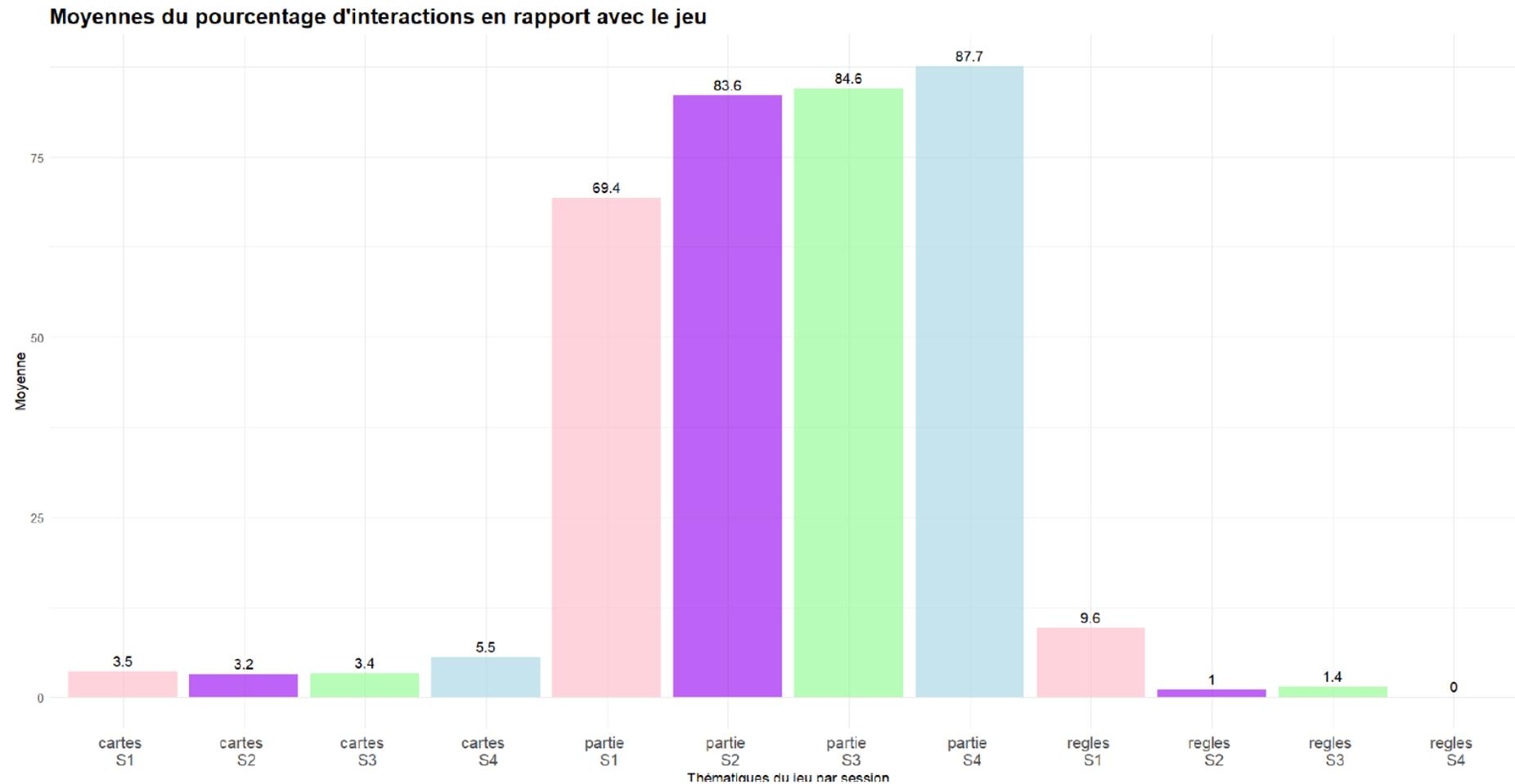


Fig. 5: S1 = Session 1 ; S2 = Session 2 ; S3 = Session 3 ; S4 = Session 4.

Source : Hocquaux 2023

Interactions verbales dans Climat Tic-Tac

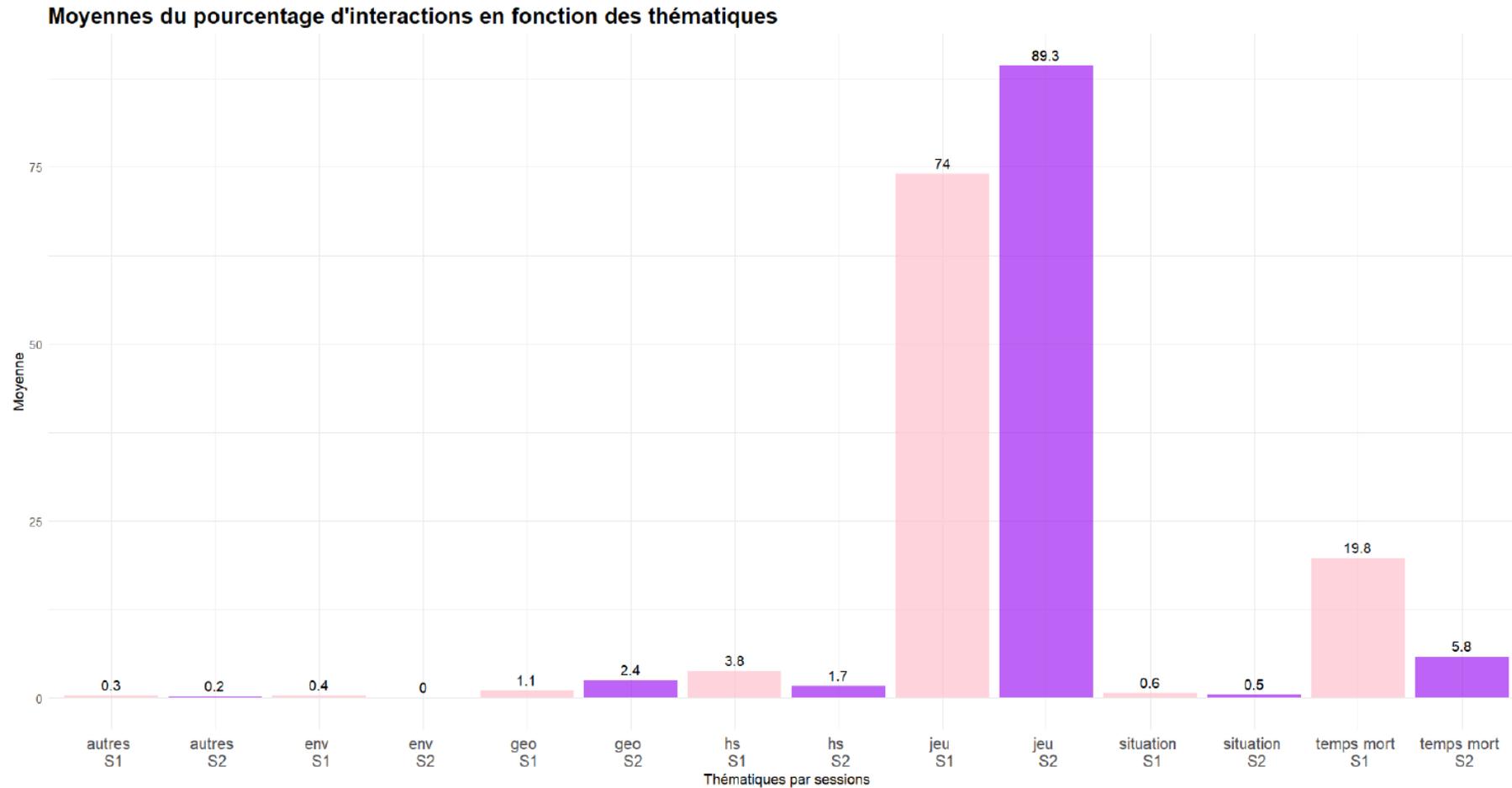


Fig. 7 : S1 = Session 1 ; S2 = Session 2.

env = environnement, geo = géographie, hs = hors sujet, temps mort = temps sans interaction.

Interactions verbales sur la catégorie « jeu » dans Climat Tic-Tac

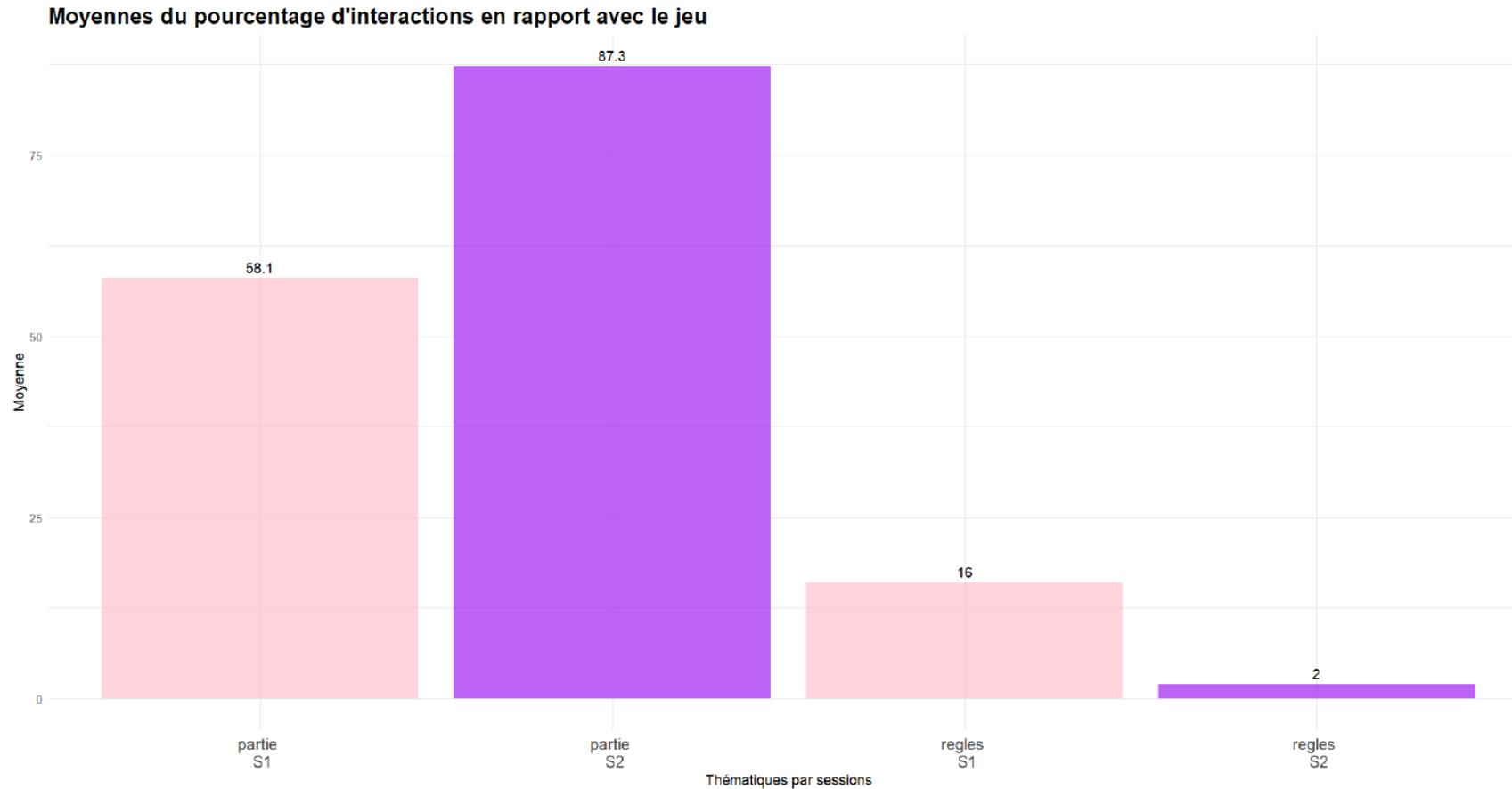


Fig.9 : S1 = Session 1 ; S2 = Session 2.

Interactions sociales : discussion et préconisations

Discussion :

Les gameplay fonctionnent bien.

Les échanges verbaux ne portent quasiment jamais sur la nature ou le changement climatique : les joueurs sont absorbés par les mécanismes de jeux et délaissent le fond.

Préconisations :

Insérer du contenu dans le gameplay.

Insérer un débriefing.

Représentations sociales

Forme de connaissance, socialement élaborée et partagée, ayant une visée pratique et concourante à la construction d'une réalité commune à un ensemble social (Jodelet, 1984)

- **Méthode** : évocations hiérarchisées (Abric, 1993)
- **Mesures** :
 - « *Écrivez 4/5 mots qui vous viennent à l'esprit si vous pensez à la nature/au changement climatique* »
 - ➔ Regroupement des mots que les élèves de chaque groupe (expérimental et contrôle) ont évoqué et nous regardons les mots qui ont été évoqués le plus fréquemment.
 - « *Parmi ces mots, quel est celui qui vous fait le plus penser à la nature/au changement climatique ?* »
 - ➔ Recensement des mots les plus fréquemment choisis comme les plus importants.
- Les mots qui ont été les plus écrits et qui ont été choisis comme les plus importants constituent la représentation sociale de la nature / du changement climatique de l'ensemble de chaque groupe d'élèves.
- **Hypothèse** : La représentation sociale de la nature / du changement climatique du groupe expérimental est impactée par les éléments thématiques du jeu.
- **Analyses** : changements de représentations (nouveau), tableaux de Vergès, analyse factorielle des correspondances

Représentations sociales : Défis Nature, tableaux de Vergès

	T1			T2			T3		
		Rang imp élevée	Rang imp faible		Rang imp élevée	Rang imp faible		Rang imp élevée	Rang imp faible
Exp	Fréquence élevée	Arbre Plante	Feuille Fleur Animaux Herbe	Fréquence élevée	Arbre Animaux Plante	Fleur Feuille Herbe	Fréquence élevée	Arbre Plante	Animaux Feuille Herbe
	Fréquence basse	Forêt Eau Biodiversité Végétation Oiseau Montagne Naturel	Terre Nature Buisson Insecte Branche	Fréquence basse	Nature Terre Forêt Végétation Biodiversité Vert Insecte Naturel Végétaux Ecologie	Buisson Eau Rivière Branche Ciel	Fréquence basse	Terre Forêt Végétation Végétaux Biodiversité	Herbe Nature Naturel Branche Eau Insecte Rivière
Cont	Fréquence élevée	Arbre Fleur	Feuille Herbe	Fréquence élevée	Arbre Animaux Herbe	Feuille Fleur	Fréquence élevée	Arbre Feuille Plante Animaux	Fleur Herbe
	Fréquence basse	Plante Forêt	Animaux Terre Eau Branche Buisson	Fréquence basse	Plante Forêt Terre Eau	Rivière Insecte Buisson Branche	Fréquence basse	Forêt Buisson Végétation Nature	Eau Rivière Insecte

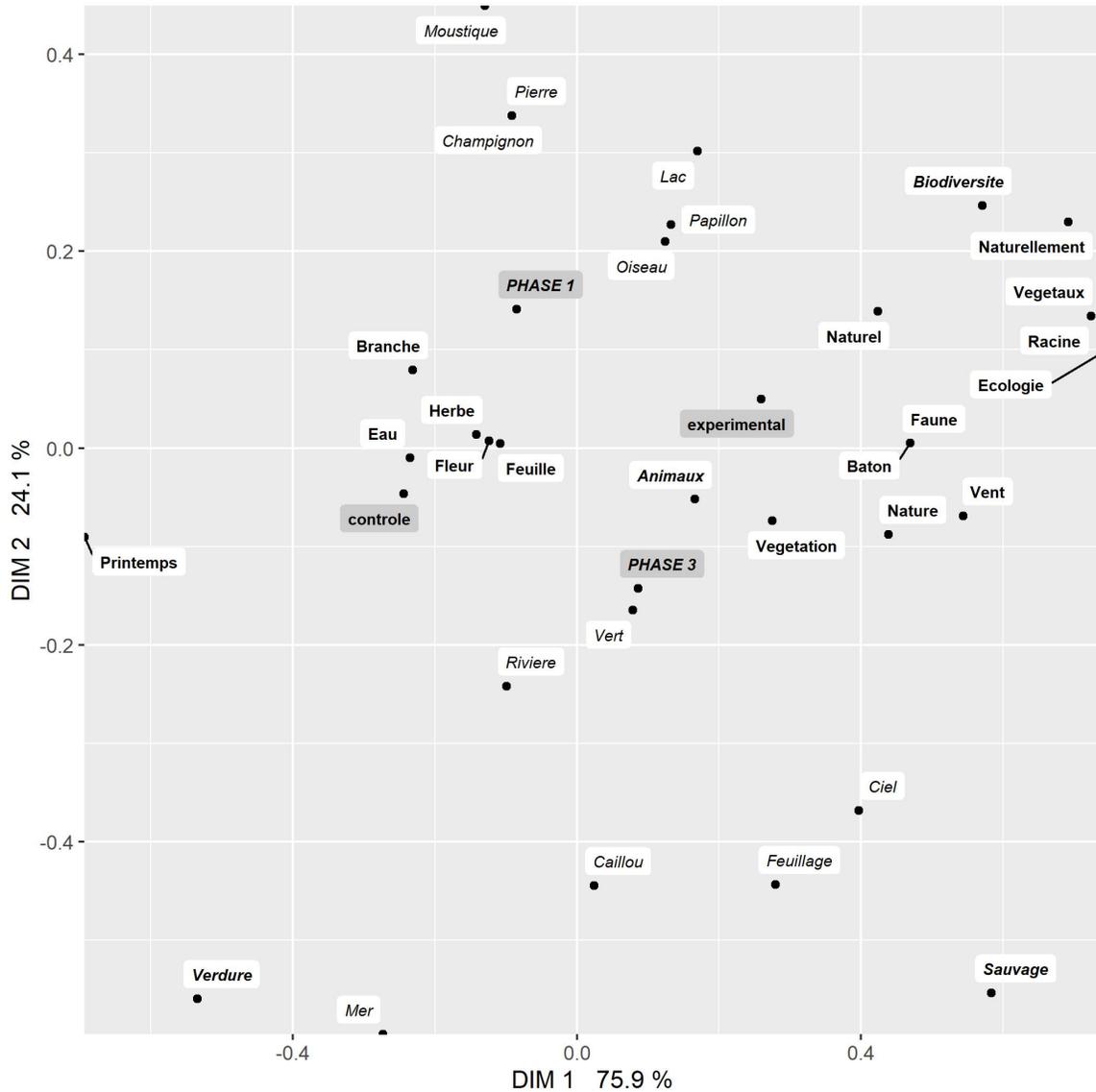
Représentations sociales : Climat Tic-Tac, tableaux de Vergès

		T1		T2		T3			
		Rang imp élevée	Rang imp faible	Rang imp élevée	Rang imp faible	Rang imp élevée	Rang imp faible		
Exp	Fréquence élevée	Chaleur Pollution Fonte_Glaces Réchauffement Sécheresse Température	Animaux Climat Glacier	Fréquence élevée	Chaleur Pollution C02 Fonte_Glaces Climat Réchauffement Température Sécheresse	Glacier Animaux	Fréquence élevée	Pollution Chaleur Fonte_Glaces Climat Réchauffement	Glacier C02
	Fréquence basse	Planète Catastrophe	Espece_Extinction Montée_Eaux Soleil Eau Danger C02 Déforestation	Fréquence basse	Effet_de_Serre Environnement Catastrophe	Eau Montée_Eaux Soleil Déforestation Arbre Inondation Changement	Fréquence basse	Température Soleil Planète Environnement	Sécheresse Animaux Eau Montée_Eaux Déforestation Effet_de_Serre Canicule Changement

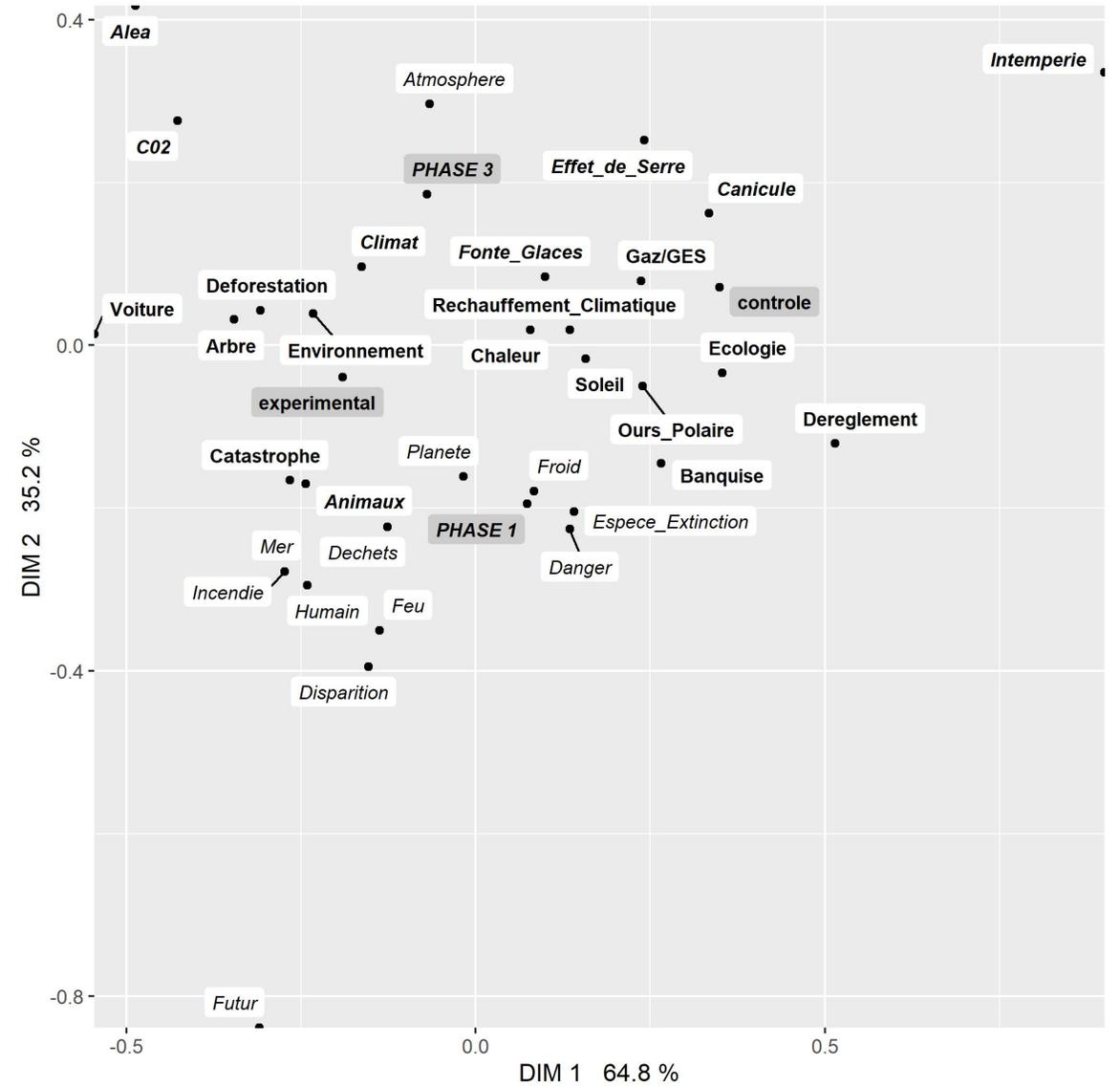
		T1		T2		T3			
		Rang imp élevée	Rang imp faible	Rang imp élevée	Rang imp faible	Rang imp élevée	Rang imp faible		
Cont	Fréquence élevée	Réchauffement Température	Chaleur Pollution Fonte_Glaces	Fréquence élevée	Pollution Fonte_Glaces	Chaleur	Fréquence élevée	Pollution Réchauffement Climat	Fonte_Glaces Chaleur Sécheresse
	Fréquence basse	Glacier Sécheresse Gaz/GES Effet_de_Serre Canicule Danger Ecologie	Soleil Espece_Extinction Climat Ours_Polaire Animaux Banquise	Fréquence basse	Réchauffement Sécheresse Climat Température Effet_de_Serre Canicule	Glacier Montée_Eaux Soleil Eau Espece_Extinction	Fréquence basse	C02 Température Ecologie Effet_de_Serre Environnement Gaz/GES	Montée_Eaux Soleil Glacier Couche_Ozone Ours_Polaire Déforestation Tsunami Banquise

Représentations sociales : analyse factorielle des correspondances (en cours de traitement)

Défis Nature



Climat Tic-Tac

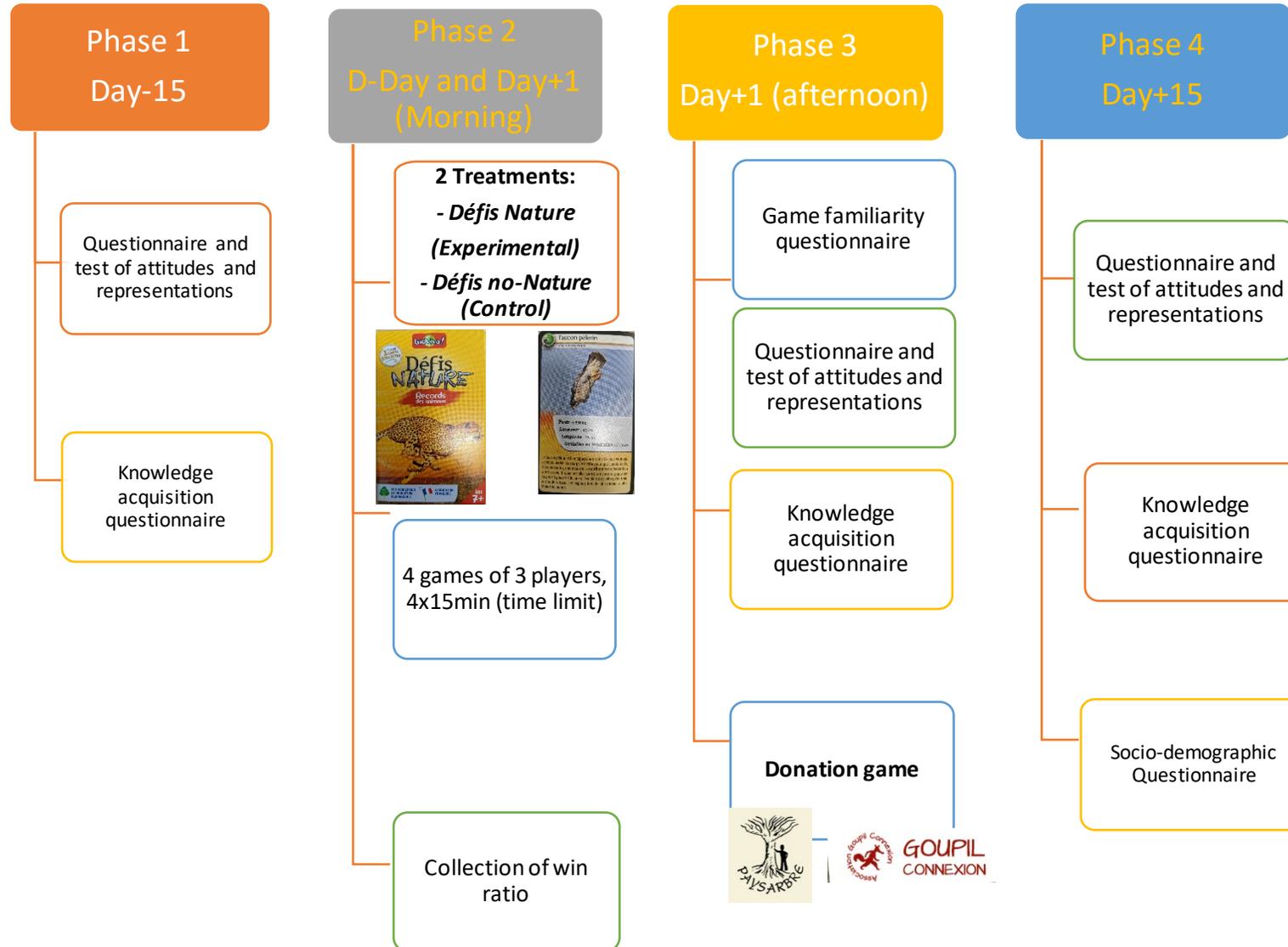


Pro-environmental Behaviors: Hypotheses

- **Hypothesis 1: Playing an environmental edutainment game positively impacts students' PEB**
- **Hypothesis 2: Playing an environmental edutainment game has differentiated effects with regards to social factors (school-based)**
- **Hypothesis 3: Playing an environmental edutainment game has a greater impact on PEBs so as children have a higher degree of environmental beliefs**

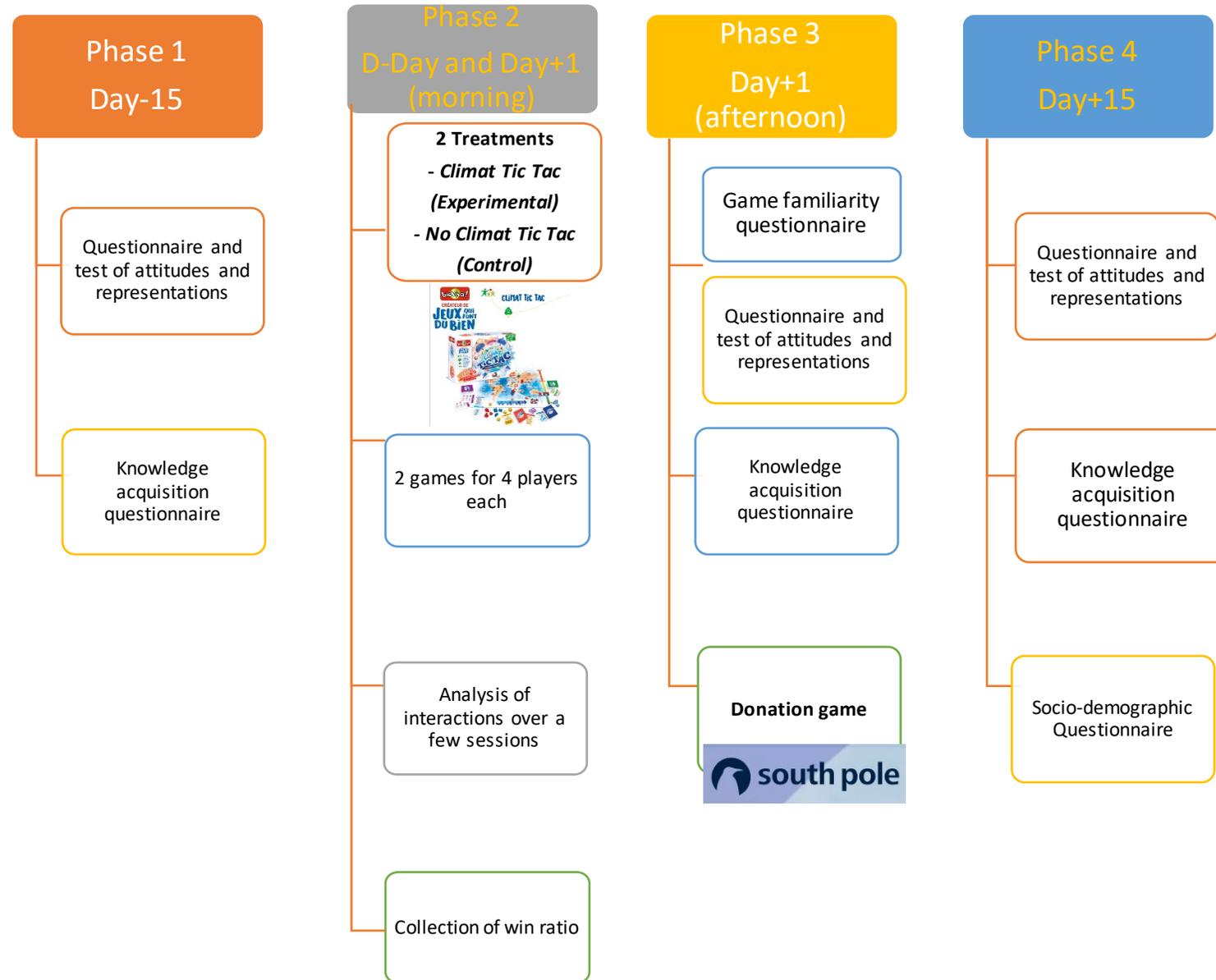
Materials and methods (1)

Défis Nature Protocol



Materials and methods (2)

Climat Tic-Tac Protocol



Materials and methods (3)

- **Initial endowment: 10 tokens (worth €5 each)**
- **Selection of 20% of the participants through a random process / Random draw of 5 players out of 25; tokens converted into € to get gifts**
- **Accounts:**
 - **Private account**
 - **Environmental NGO account**

Materials and methods (4)

Défis Nature donation information

Association	Nombre de jetons	Nombre d'arbres plantés
 PAYSARBRE	0	0
	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
	5	5
	6	6
	7	7
	8	8
	9	9
	10	10

Fig. 3 : Tableau représentant l'équivalent du don de chaque jeton à l'association « *PaysArbre* »

Association	Nombre de jetons	Nombre d'écureuils ou hérissons nourris
 GOUPIL	0	0
	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
	5	5
	6	6
	7	7
	8	8
	9	9
	10	10

Fig.4: Tableau représentant l'équivalent du don de chaque jeton à l'association « *Goupil Connexion* »

Materials and methods (5)

Climat Tic Tac donation information

NOMBRE DE JETONS	REDUCTION DES EMISSIONS DE CO2 (EN KG)	CORRESPONDANCE EN TRAJET VOITURE DIESEL (EN KM)
0	0	0
1	362,8	1700
2	725,6	3400
3	1088,5	5100
4	1451,3	6800
5	1814,1	8500
6	2176,9	10200
7	2539,7	11900
8	2902,6	13600
9	3265,4	15300
10	3628,2	17000

Fig. 5 : Tableau représentant l'équivalent du don de chaque jeton à l'organisme « *South Pole* »

Materials and methods (6)

Gift presentation



Fig. 6 : Liste de présentation des cadeaux pour les élèves de 8 à 10 ans



Fig.7: Liste de présentation des cadeaux pour les élèves de 15 à 17 ans

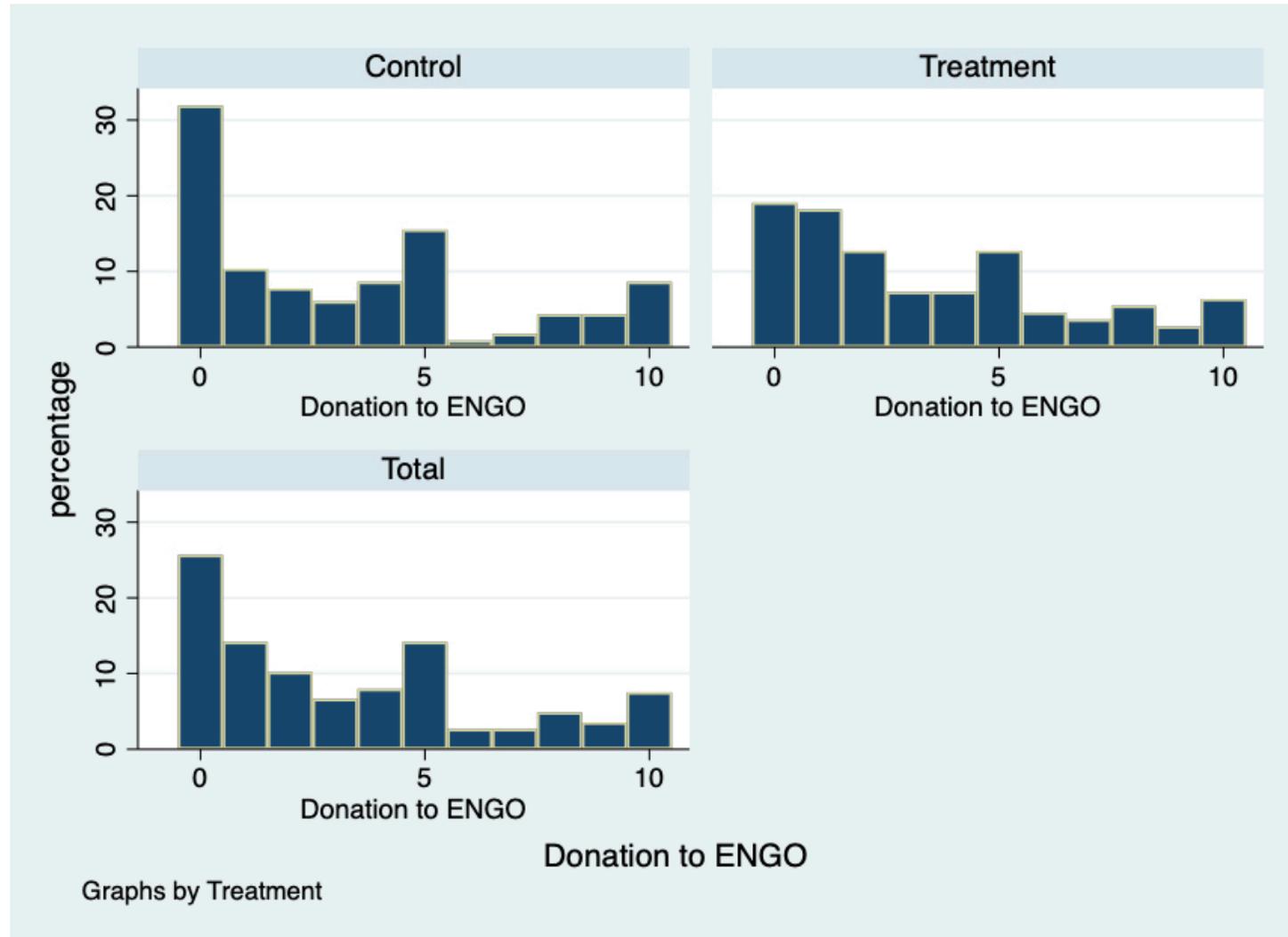
Materials and methods (7)

- **Explicit attitudes on environmental beliefs:**
 - ***Children Environmental Perception Scale (CEPS)*** (Larson et al., 2011) / ***Défis Nature***
 - ***Climate Change Attitude Survey (CCAS)*** (Christensen and Knezek, 2015) / ***Climat Tic Tac***

- **Social factors: Social Position Index (SPI)** (DEPP; Evaluation, Forecasting and Performance Department of the French Ministry of Education)

Results (1)

▪ *Défis Nature* / Children (8 – 10 years old)



Results (2)

- **Donation decision / No statistical significant difference**

	Amount given on average (Tokens)
Control (T0)	3.33 (3.38)
Experimental Treatment (T1)	3.43 (3.08)
Full sample	3.38 (3.22)

$N = 226$

Wilcoxon-Mann-Whitney rank-sum test

*Standard deviation in parentheses; Significant levels: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$*

Results (3)

- **Positive impact of the game on the probability of giving**

Binomial regression estimates

VARIABLES	Probit 0/1 <i>Likelihood</i>
Experimental treatment (T1)	0.404** (0.183)
Control (T0)	<i>Ref.</i>
Constant	0.471*** (0.121)

N = 226

*Standard errors in parentheses; Significant levels: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1*

Results (4)

- Treatment, gender, SPI and environmental beliefs effects

Hurdle model

Stage 1: Donation decision + Stage 2: Estimates on donations

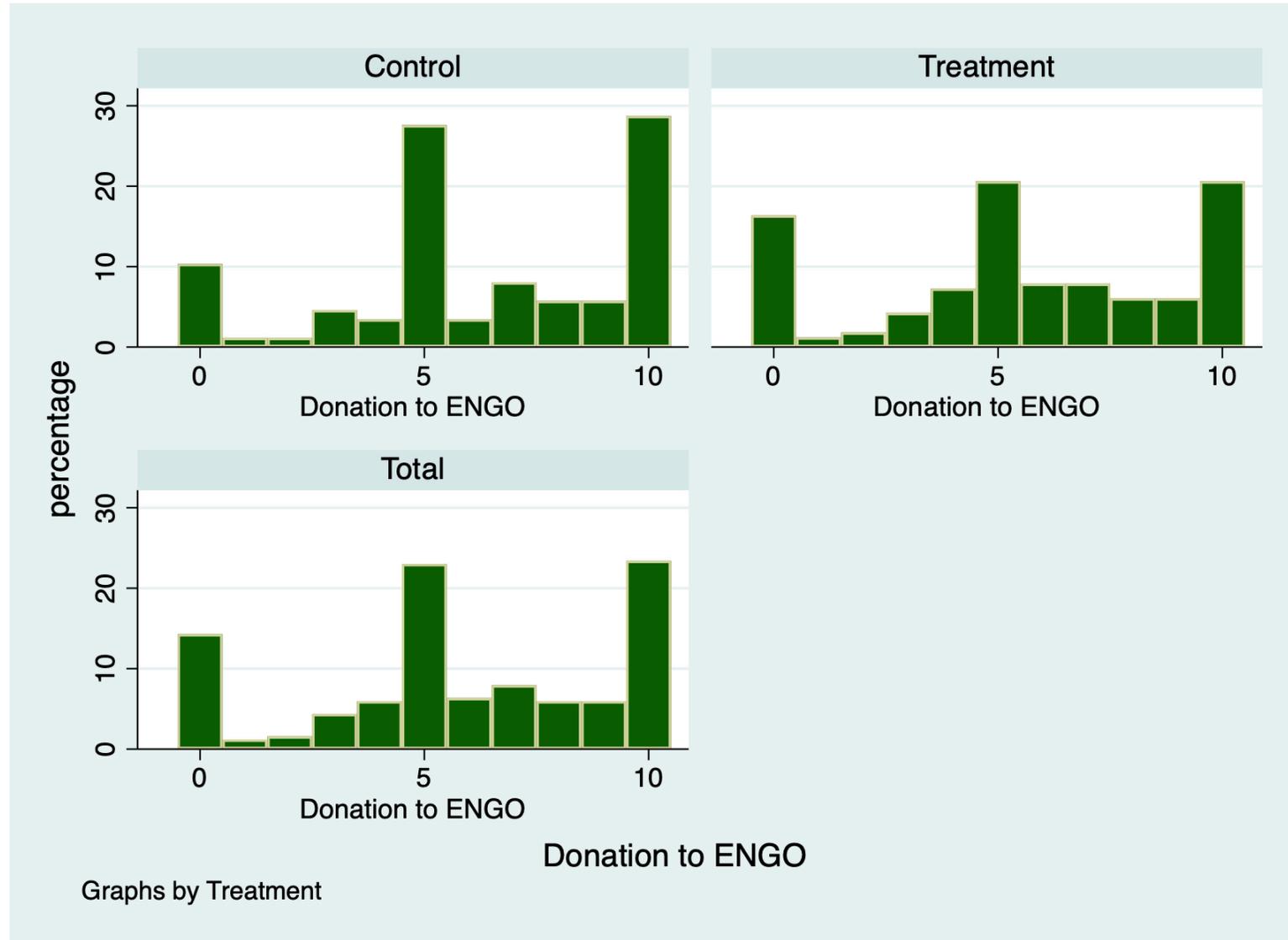
VARIABLES	Hurdle 0/1 <i>Likelihood</i>	Hurdle + <i>Regression</i>
Experimental Treatment (T1)	0.170 (0.213)	-1.562* (0.939)
Control (T0)	<i>Ref.</i>	<i>Ref.</i>
Gender (Female)	0.735*** (0.221)	-0.306 (0.905)
SPI High	0.493** (0.217)	-0.036 (0.993)
Ecological Attitude High	0.015 (0.213)	0.187 (0.927)
Constant	-0.743** (0.374)	4.034** (1.793)

N = 179

Standard errors in parentheses; Significant levels: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Results (6)

▪ Teenagers (15 – 18 years old)



Results (7)

- **Donation decision / No statistical significant difference**

	Amount given on average (Tokens)
Control (T0)	6.31 (3.27)
Experimental Treatment (T1)	5.61 (3.38)
Full sample	5.85 (3.34)

$N = 252$

Wilcoxon-Mann-Whitney rank-sum test

*Standard deviation in parentheses; Significant levels: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$*

Results (8)

- Negative impact of the game on donation levels

Censored regression estimates

VARIABLES	Tobit model
Experimental treatment (T1)	-1.179* (0.700)
Control (T0)	<i>Ref.</i>
Constant	6.963*** (0.569)

N = 252

*Standard errors in parentheses; Significant levels: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1*

Results (9)

■ Treatment, gender, SPI and environmental beliefs effects

Hurdle model

Stage 1: Donation decision + Stage 2: Estimates on donations

VARIABLES	Hurdle 0/1 <i>Likelihood</i>	Hurdle + <i>Regression</i>
Experimental treatment (T1)	-0.679** (0.300)	-0.235 (0.420)
Control (T0)	<i>Ref.</i>	<i>Ref.</i>
Gender (Female)	1.068*** (0.277)	1.156*** (0.411)
SPI High	0.254 (0.255)	0.584 (0.417)
Ecological Beliefs High	0.430* (0.248)	0.393 (0.400)
Constant	-0.293 (0.507)	4.461*** (0.833)

$N = 186$

Standard errors in parentheses; Significant levels: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Take-home messages / Hypotheses

- **Hypothesis 1: Playing an environmental edutainment game positively impacts Children's PEB**

→ **Partially accepted (*DN*); Rejected (*CTT*)**

- **Hypothesis 2: Playing an environmental edutainment game has differentiated effects with regards to social factors (school-based)**

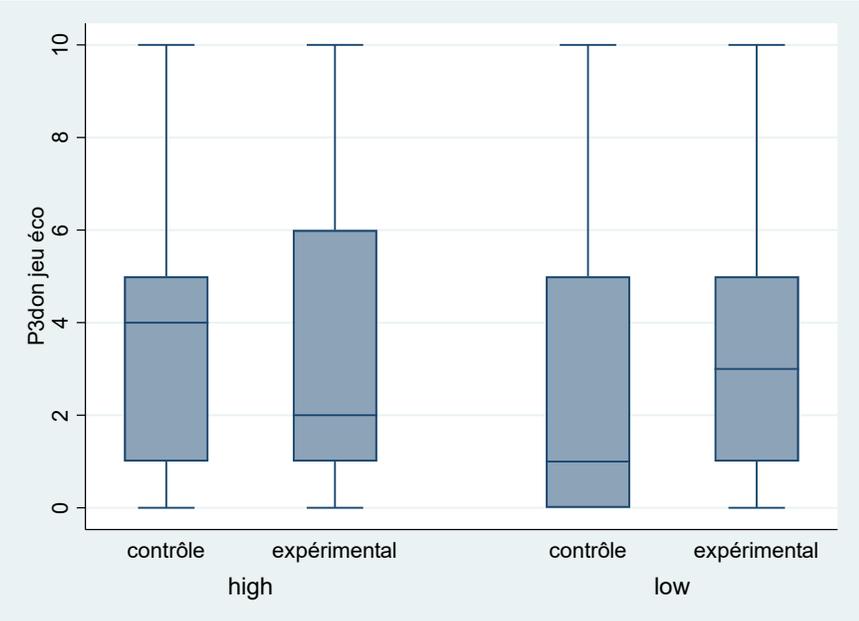
→ **Need to focus on Low IPS**

- **Hypothesis 3: Playing an environmental edutainment game has a greater impact on PEBs so as children have a higher degree of environmental beliefs**

→ **Accepted for CTT**

Supplementary materials (1)

■ DN / Donation with regards to SPI High and Low



Two-sample Wilcoxon rank-sum (Mann-Whitney) test

```
groupe |      obs      rank sum      expected
-----+-----
control |       51       2281       2601
experimental |      50       2870       2550
-----+-----
combined |      101       5151       5151
unadjusted variance      21675.00
adjustment for ties      -985.28
-----
adjusted variance      20689.72

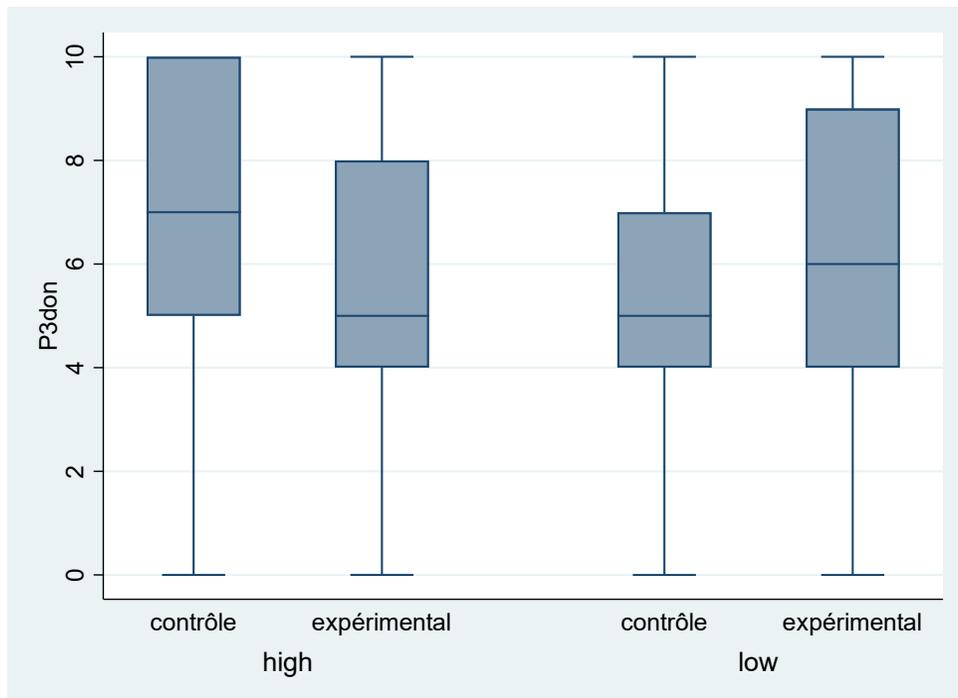
Ho: don(groupe==control) =
don(groupe==experimental)

z = -2.225

Prob > |z| = 0.0261
```

Supplementary materials (2)

■ CTT / Donation with regards to SPI High and Low



Two-sample Wilcoxon rank-sum (Mann-Whitney) test

groupe	obs	rank sum	expected
control	62	5663	4960
experimental	97	7057	7760
combined	159	12720	12720

unadjusted variance 80186.67

adjustment for ties -2715.30

adjusted variance 77471.37

Ho: Don(groupe==control) = Don(groupe==experimental)

z = 2.526

Prob > |z| = 0.0115