

CO₂-basierte Energienetze

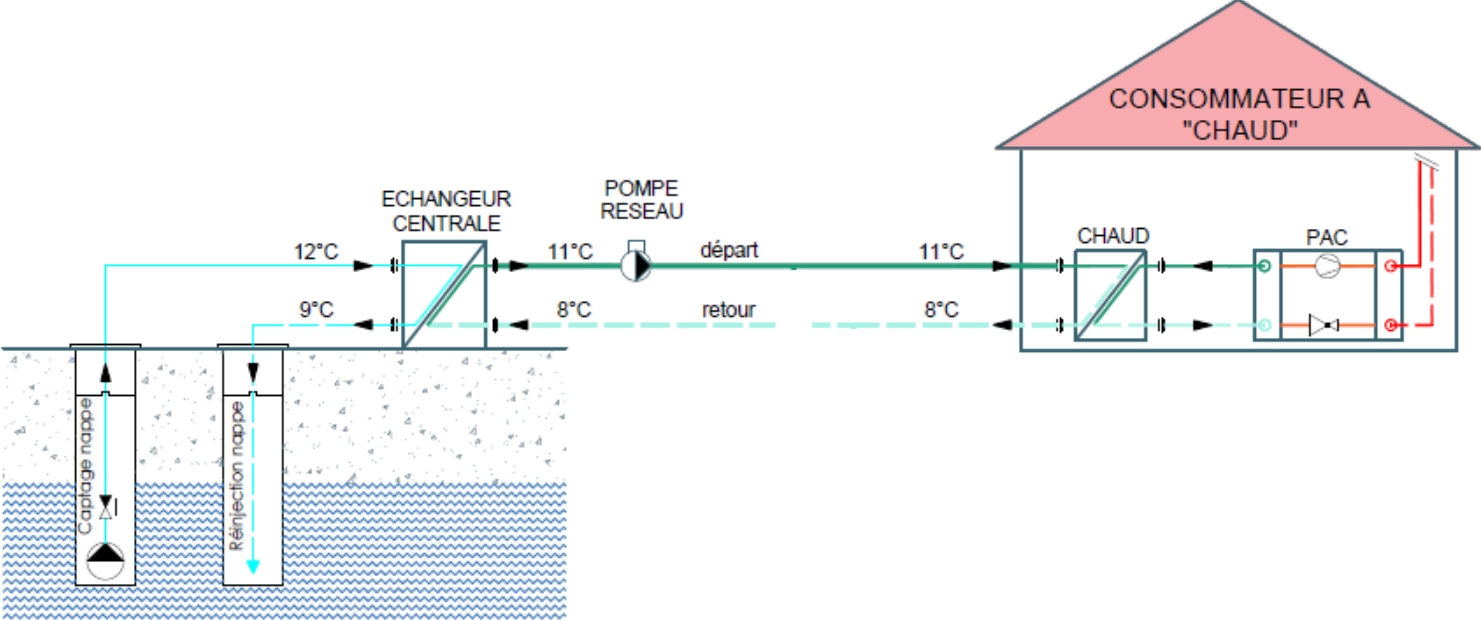
Jessen Page, HES-SO VS (jessen.page@hevs.ch)



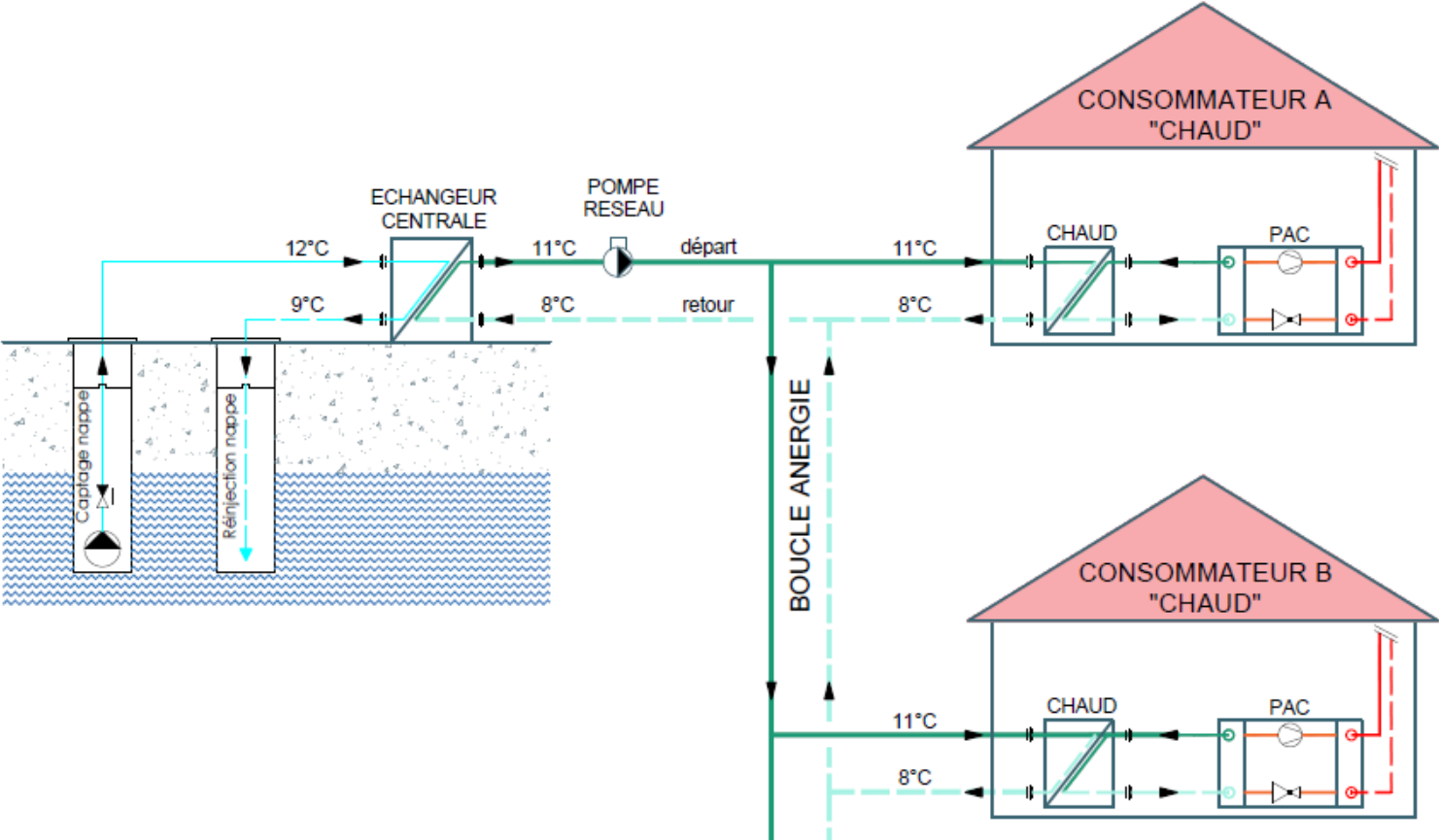
ANERGIENETZE



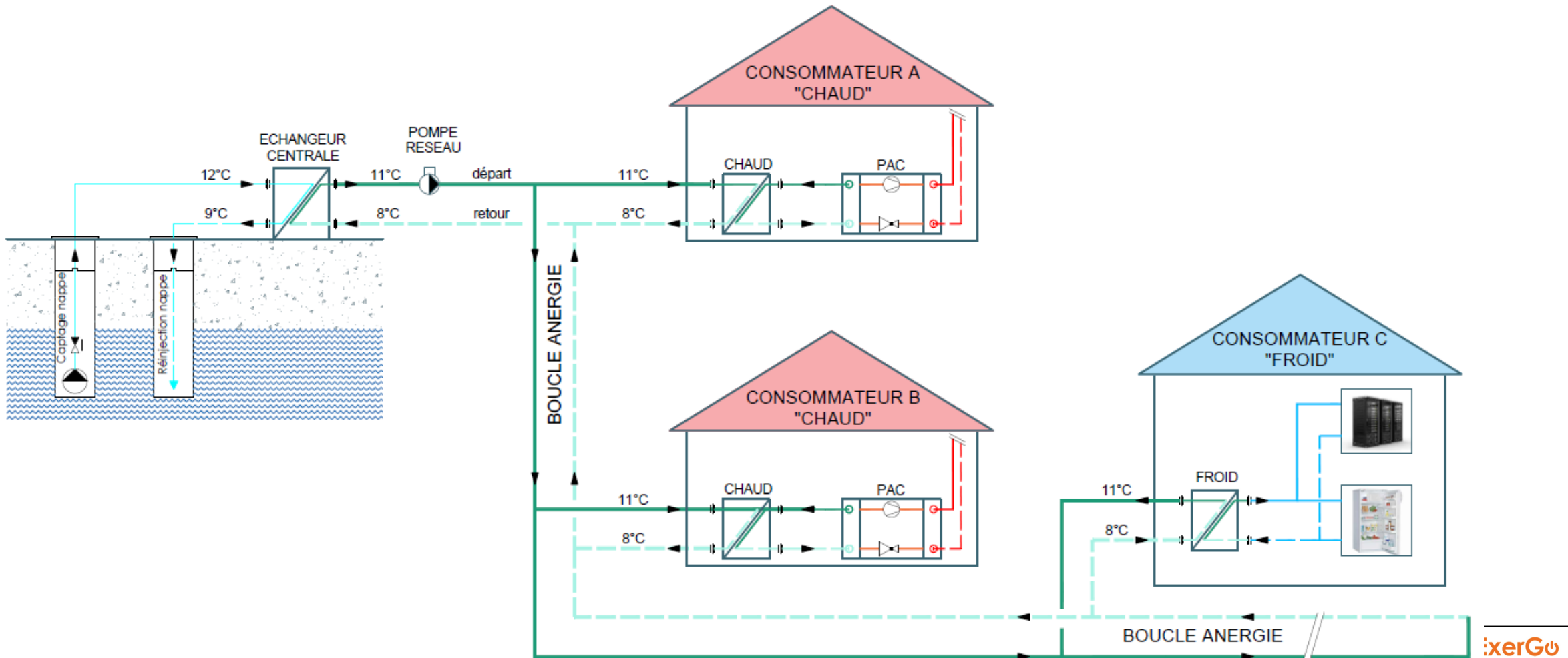
Erdwärmepumpen



Niedertemperatur-Wärmenetze



Anergienetze



Anergienetze: Wasser mit CO₂ ersetzen

- Spezifische Wärmekapazität vom Wasser:

$$\dot{Q} = \dot{m} c_p \Delta T \rightarrow \dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c_p \Delta T} = \frac{450 \text{ kW}}{4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 3 \text{ K}} = 36 \text{ kg/s}$$

- Latente Wärme vom CO₂:

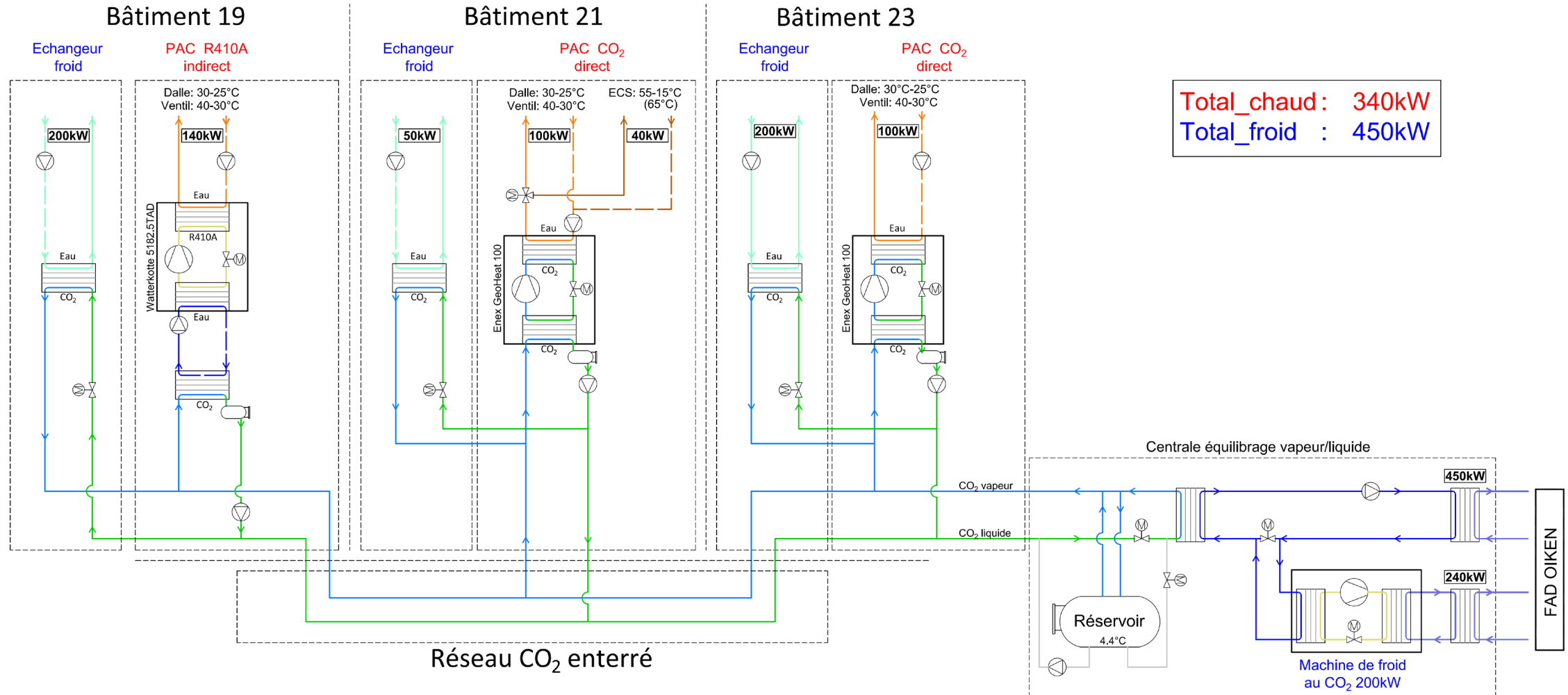
$$\dot{Q} = \dot{m} L_v (10^\circ\text{C}, 45 \text{ bar}) \rightarrow \dot{m} = \frac{\dot{Q}}{L_v} = \frac{450 \text{ kW}}{197 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 2,3 \text{ kg/s}$$

- Die « heisse » Linie vom CO₂-Netz enthält gasförmiges CO₂; die Bereitstellung von Wärme erfolgt über die Kondensation vom gasförmigen CO₂
- Die « kalte » Linie vom CO₂-Netz enthält flüssiges CO₂; die Bereitstellung von Kälte erfolgt über die Verdampfung vom flüssigen CO₂

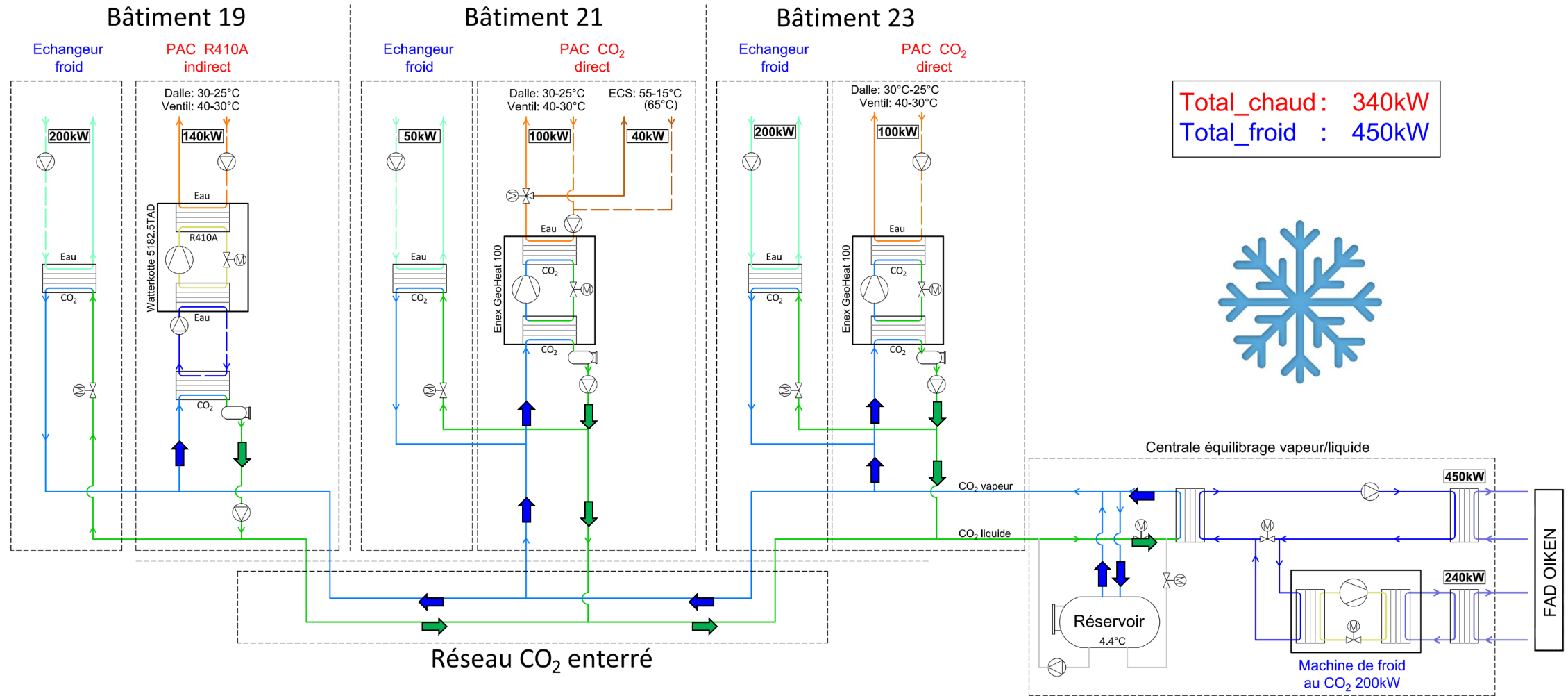
KONZEPTION und BAUARBEITEN



Konzept des Demonstrators



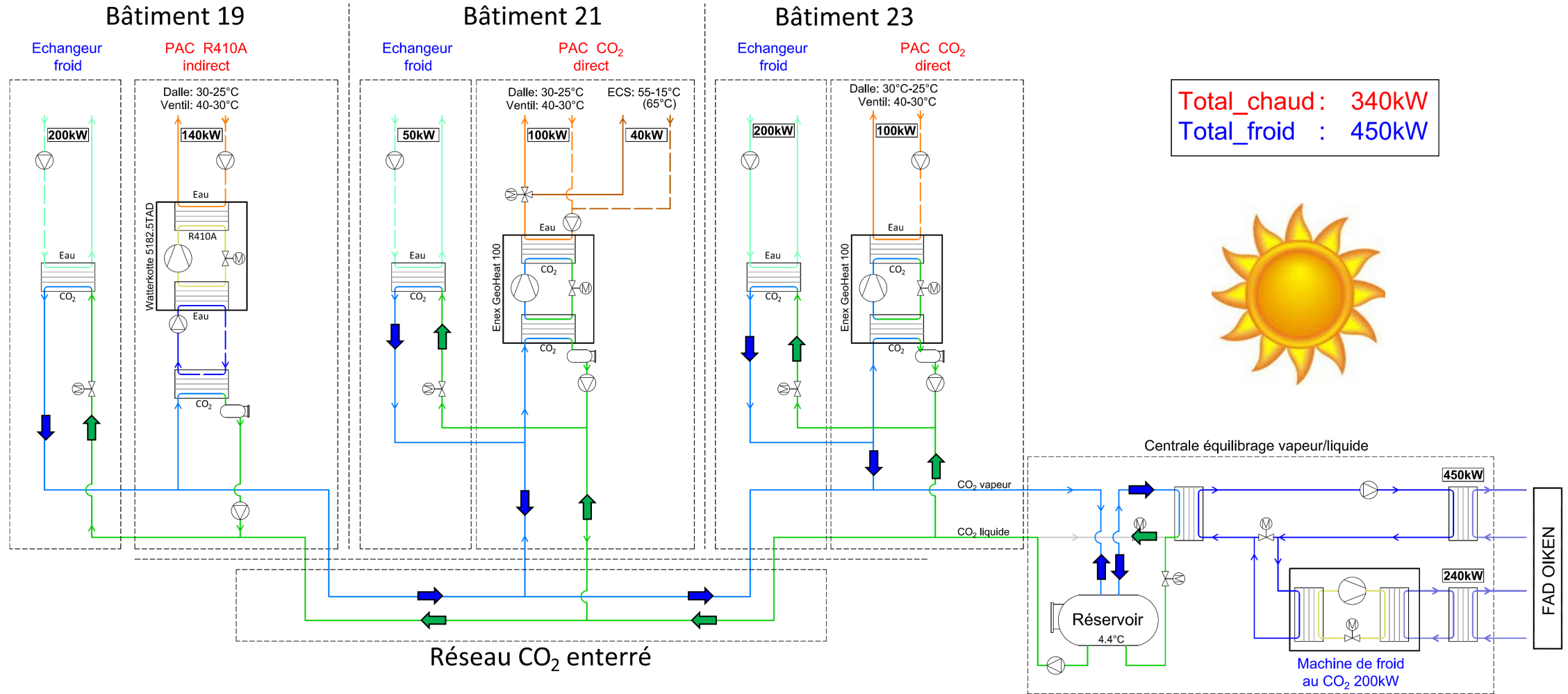
Winterbetrieb



Total_chaud : 340kW
Total_froid : 450kW



Sommerbetrieb

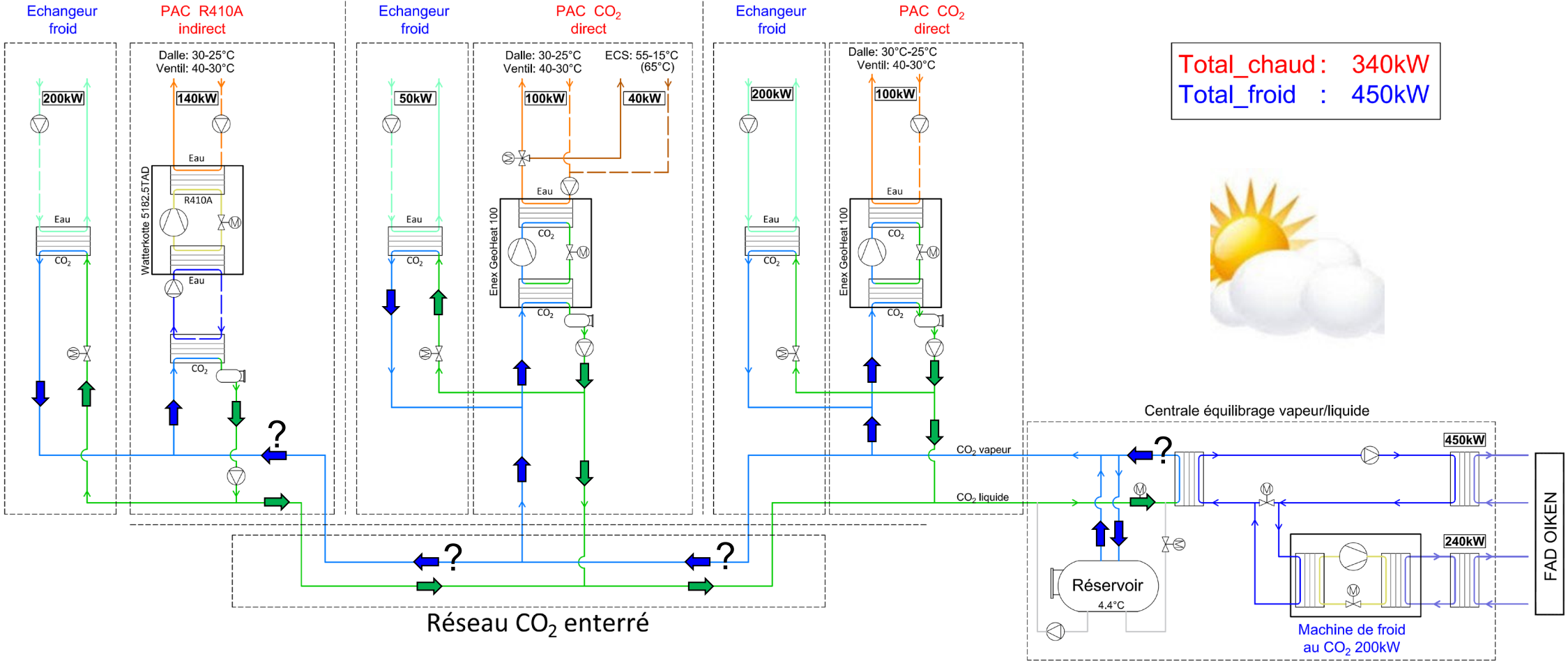


Anergieeffekt

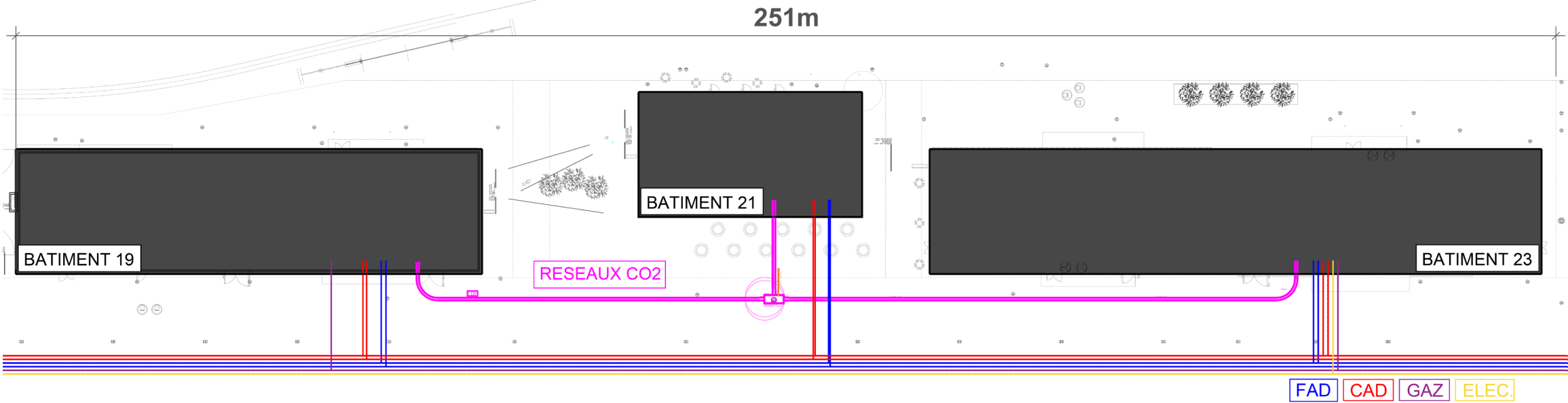
Bâtiment 19

Bâtiment 21

Bâtiment 23



Netzwerkverlauf



LOCAUX
TECHNIQUES CVS

LOCAUX TECHNIQUES
RESEAUX CO2



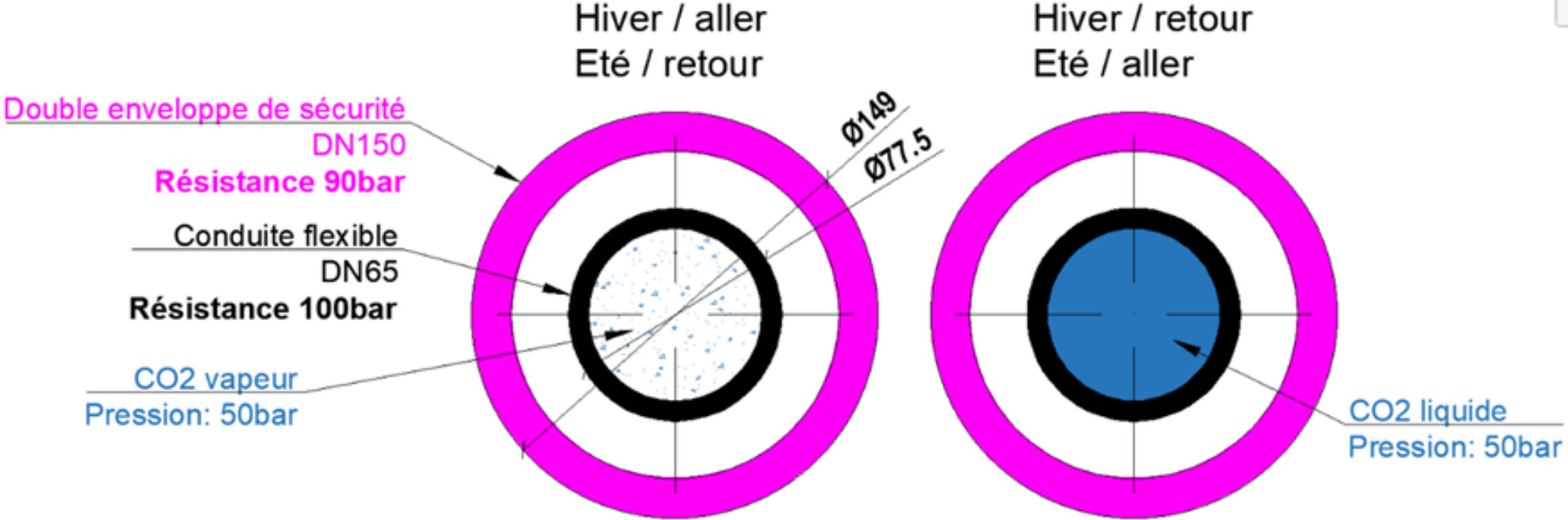
ExerGo

zeroC
MAITRE DE VOS PROJETS

EPFL
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

OIKEN

Netzwerkleitungen



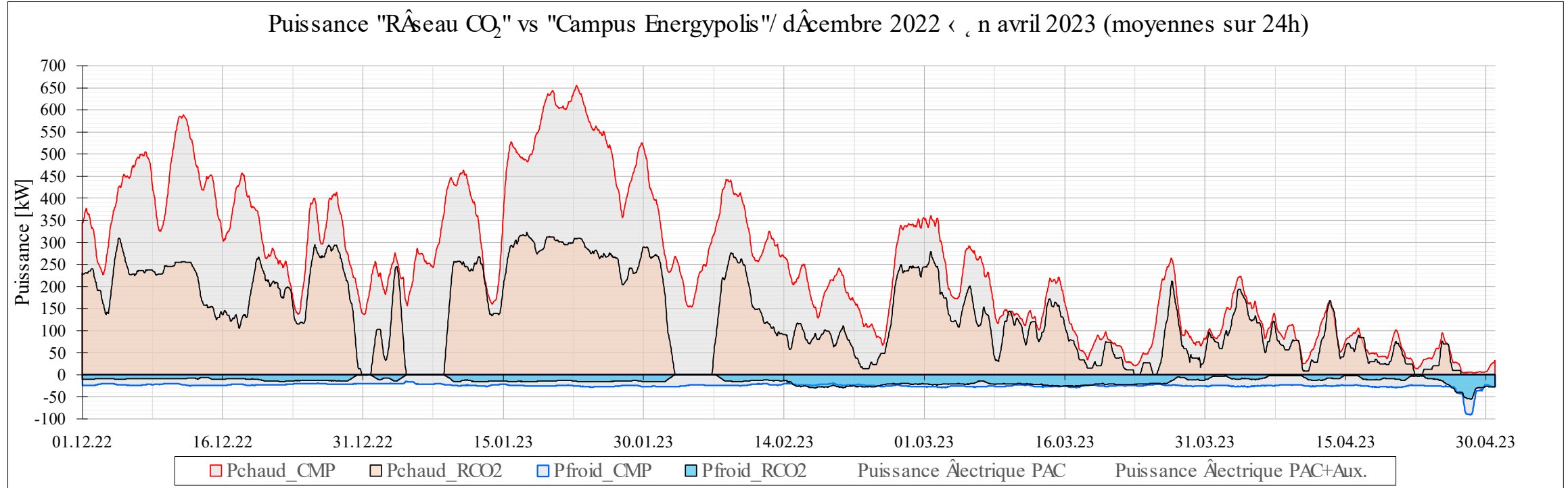
Netzwerkbauarbeiten



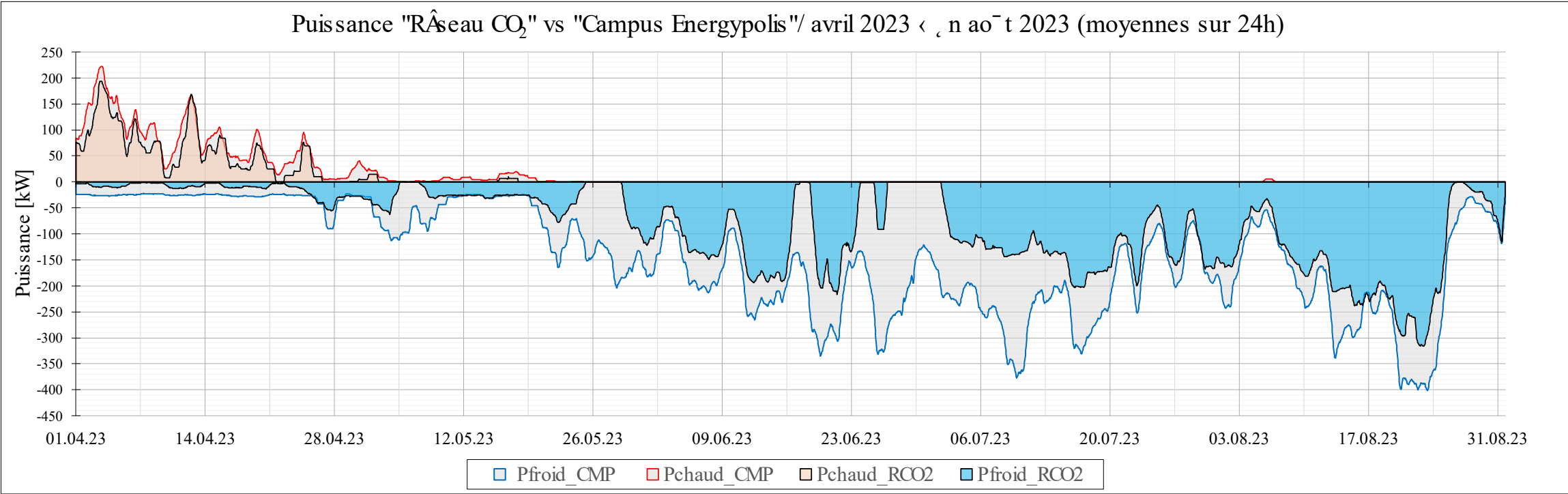
LEISTUNG des DEMONSTRATORS



Wärmeversorgung



Kälteversorgung



Leistungskoeffizient (COP-Wert)

Im Winter: COP-Wert \approx 4

	COP PAC				COP Ch_SS				COP Ch+A_SS				COP Ch+A_RCO2
	B19	B21	B23	Total	B19	B21	B23	Total	B19	B21	B23	Total	Total
2022 décembre	4,8	3,5	4,0	4,3	4,2	3,0	3,6	3,8	4,2	3,7	3,6	4,0	4,0
2023 janvier	4,9	3,4	4,2	4,3	4,4	3,0	3,7	3,8	4,4	3,9	3,7	4,0	3,9
2023 février	4,8	3,4	3,9	4,1	4,2	3,1	3,3	3,6	4,4	4,3	3,3	4,2	4,1
2023 mars	4,9	3,4	4,1	4,4	4,3	3,1	3,5	3,8	4,6	4,3	3,6	4,5	4,4
2023 avril	4,9	3,1	3,9	4,4	4,3	2,8	3,2	3,8	4,3	3,4	3,5	4,1	3,9
2023 mai	4,5			4,2	4,0			3,4	4,5			4,9	4,6
Total Hiver 22/23	4,86	3,41	4,05	4,29	4,30	3,04	3,56	3,76	4,38	3,94	3,59	4,12	4,04

Im Sommer: COP-Wert \approx 25

COP mensuel du Réseau CO2 en saison chaude					
	COP Fr_PpeCO2	COP Fr PpeCO2+MF	COP Fr PpeCO2+Boucle	COP Fr PpeCO2+boucle +MF+Autre	COP Fr RCO2
2023 mars	24,5	24,5	24,5	10,4	6,9
2023 avril	28,5	28,5	28,1	11,8	8,4
2023 mai	38,9	38,8	37,0	16,8	12,2
2023 juin	100,8	76,0	54,9	29,6	23,7
2023 juillet	67,3	59,6	43,5	27,8	23,1
2023 août	85,7	55,8	46,5	28,3	23,9
Total Été 23	80,23	60,53	46,89	27,61	22,72

jährlicher COP-Wert \approx 5.5



VERALLGEMEINERUNG der FORSCHUNGSERGEBNISSE (LESSONS LEARNED)



Zusammenfassung

Anergienetze	<p>Nur Anergienetze können mit der gleichen Infrastruktur Kälte- und Wärmedienstleistungen anbieten.</p> <p>Sobald ein Gebiet ein Bedarf an Wärme und Kälte hat, bieten Anergienetze die günstige Lösung.</p>
Wasser VS CO2 – Leistung	<p>Beide Möglichkeiten bieten ähnliche Leistungen (jährliche COP von ung. 5-6).</p>
Wasser VS CO2 – Netzkosten	<p>CO2-Netzkosten sind niedriger (~50%)</p>
Wasser VS CO2 – Unterstationskosten	<p>Die Kosten von CO2Netz-Unterstationen sind höher (~25%) Grosse Unterstationen werden bevorzugt (<100kW)</p>
Gespeichertes CO2	<p>Man kann mit 2 Tonnen gespeichertes CO2 für eine Leistung von 500kW rechnen (der Demonstrator enthält 1.6t für 400kW)</p>

Vergleich zwischen Wasserbasierte- und CO₂-basierte Energienetze

Thematik	CO ₂ -basiert	Wasserbasiert
Kälteversorgung	Das CO ₂ -Netz garantiert keine Ablauftemperatur unter 4°C mehr als die der Quelle. Dies stellt ein Problem dar, wenn die Temperatur der Quelle über 8 bis 9 °C liegt und/oder wenn die sekundäre Kälteverteilung unter 11 bis 12 °C liegt.	Das Wassernetz garantiert eine Ablauftemperatur von weniger als 2°C mehr als die der Quelle.
Thermische Trägheit	Geringere Lagerkapazität, dafür aber reaktiver .	Bietet eine grosse Wärmekapazität.
Frostgefahr	Es besteht ein geringes Risiko, wenn eine geeignete Wärmetauschertechnologie verwendet wird, die bei Temperaturen unter 0°C, insbesondere an Flüssen im Winter, funktionieren kann.	Forstgefahr limitiert die Quellentemperatur bei 3°C, um jegliches Frostrisiko in Netzwerken mit reinem Wasser zu vermeiden. Es ist möglich, Mischungen (z. B. Wasser-Ethanol) als flüssiges Medium zu verwenden.
Energiedichte	Da Leitungen und der Pumpenenergieverbrauch wesentlich billiger sind, kann sich das Netzwerk zu geringeren Kosten erweitern.	Da die Energiedichte klein ist kosten Leitungen mehr und der Energieverbrauch zum Pumpen grosser ist.
Anbindungen	Anbindungen nach dem Aufbau des Netzes sind zumeist nicht möglich und müssen alle schon beim Planen des Netzes betrachtet werden.	Anbindungen können problemlos im nachhinein gebaut werden.
Roll-out des Netzes	Der Aufbau des Netzes ist schnell. Aufgrund des geringeren Aushubvolumens sind die Tiefbauarbeiten etwa doppelt so gering.	Der Aufbau des Netzes ist langsamer, invasiver und teurer.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

